



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA MEDIANTE
LA CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA EN LA
PARROQUIA SAN JOSÉ DE POALÓ, PROVINCIA DE
TUNGURAHUA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: JENNY VALERIA GUTIÉRREZ GAVILÁNEZ

DIRECTOR: Ing. CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO

Riobamba - Ecuador

2023

© 2022, Jenny Valeria Gutiérrez Gavilánez

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

Yo, Jenny Valeria Gutiérrez Gavilánez, 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 autora 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, 13 de enero de 2023

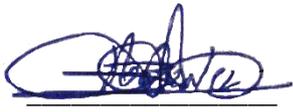


Jenny Valeria Gutiérrez Gavilánez

220061114-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Trabajo de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA EN LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE POALÓ, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**, realizado por la señorita: **JENNY VALERIA GUTIÉRREZ GAVILÁNEZ**, 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. Jorge Luis Fernández Peralta PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-01-13
Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-01-13
Ing. Juan Carlos González García ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-01-13

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado a mis padres, quienes han sido mi pilar fundamental en todo momento. Los que me han sabido apoyar, guiar y enfocar antes y durante el transcurso de toda la carrera, que con su paciencia y comprensión me supieron empujar hacia la meta que parecía difícil pero no imposible.

Valeria

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi vida, con el conocimiento y experiencia que he venido adquiriendo durante el transcurso de la carrera, ya que con alegrías y tristezas vividas ahora me siento preparada para continuar cumpliendo más retos académicos y personales que la vida me ponga por delante.

A mis padres Elvira y Francisco, por apoyarme en todo momento, y aun estando lejos con sus palabras y consejos fue como tenerlos cerca. Por confiar en mis talentos y capacidades que ni yo misma creía tener. Y si algo he aprendido de ustedes es que el rendirse no es una opción.

A mi hermana Lida y su esposo Jorge, por cuidarme, apoyarme y siempre estar pendientes de mí, por haberme ofrecido su apoyo ante cualquier necesidad que pude presentar y sobre todo por hacerme sentir parte de su hogar junto a mis sobrinos Bryan y David.

A mi hermana Mirian, por ser siempre mi confidente y la primera persona en la que pienso cuando tengo dudas o problemas y estar ahí para mí a pesar de tener sus propias responsabilidades. Por ser además mi amiga que no se separa por más distancia que haya y sobre todo por estar en los momentos más importantes de mi vida.

Al Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) por permitirme realizar mi proyecto de titulación denominado “EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA EN LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE POALÓ, PROVINCIA DE TUNGURAHUA” perteneciente al proyecto de investigación IDIPI-234 “Los sistemas lacustres del centro del Ecuador como fuente o sumideros de dióxido de carbono como determinante para su conservación”.

Valeria

ÍNDICE DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	2
1.3. Problema general de investigación.....	2
1.4. Problemas específicos.....	2
1.5. Objetivos	3
1.5.1. <i>General</i>	3
1.5.2. <i>Específicos</i>	3
1.6. Justificación	3
1.7. Hipótesis.....	4
1.7.1. <i>Hipótesis nula</i>	4
1.7.2. <i>Hipótesis alternativa</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Base teórica	7
2.2.1. <i>Cambio climático</i>	7
2.2.2. <i>Emisiones de CO₂</i>	7
2.2.3. <i>Suelo</i>	7

2.2.4. Servicios ecosistémicos del suelo	8
2.2.4.1. <i>Servicios ecosistémicos de soporte y apoyo (SES)</i>	8
2.2.4.2. <i>Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento (SEA)</i>	8
2.2.4.3. <i>Servicios ecosistémicos de regulación (SER)</i>	9
2.2.4.4. <i>Servicios ecosistémicos culturales (SEC)</i>	9
2.2.5. Propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo	9
2.2.5.1. <i>Propiedades físicas</i>	9
2.2.5.2. <i>Propiedades químicas</i>	14
2.2.5.3. <i>Propiedades biológicas</i>	15
2.2.5.4. <i>Humedad</i>	15
2.3. Base conceptual	16
2.3.1. <i>Respiración edáfica</i>	16
2.3.2. <i>Actividad microbiana</i>	16
2.3.3. <i>Relación C/N</i>	17
2.3.4. <i>Influencia de las características fisicoquímicas sobre la respiración del suelo</i>	17
2.3.5. <i>Suelos presentes en la parroquia San José de Poaló</i>	17
2.3.5.1. <i>Suelo agropecuario</i>	17
2.3.5.2. <i>Suelo de herbazal de páramo</i>	18
2.3.5.3. <i>Suelo de herbazal inundable de páramo</i>	18

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	19
3.1. Enfoque de investigación	19
3.2. Nivel de investigación	19
3.3. Diseño de investigación	19
3.3.1. <i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	19
3.3.2. <i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	20
3.4. Tipo de estudio	20
3.5. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la población	20

3.5.1. <i>Localización de estudio</i>	20
3.5.2. <i>Población de estudio</i>	22
3.5.3. <i>Tamaño de la muestra</i>	22
3.5.4. <i>Selección de la muestra</i>	22
3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	22
3.6.1. <i>Fase de campo</i>	22
3.6.1.1. <i>Índice de Vegetación Mejorado (EVI)</i>	22
3.6.1.2. <i>Determinación de Isotermas</i>	23
3.6.1.3. <i>Identificación de ecosistemas</i>	23
3.6.1.4. <i>Diseño de muestreo</i>	23
3.6.1.5. <i>Método para la toma de muestras</i>	24
3.6.2. <i>Fase de laboratorio</i>	24
3.6.2.1. <i>Preparación de reactivos</i>	24
3.6.2.2. <i>Cuantificación de la respiración edáfica por el método de Anderson (1982)</i>	26
3.6.2.3. <i>Cuantificación de la respiración edáfica por OxiTop</i>	27
3.6.2.4. <i>Reacciones generadas durante la respiración</i>	28
3.6.2.5. <i>Cálculo para la determinación de la respiración por el método de Anderson (1982)</i> ...	28
3.6.2.6. <i>Cálculo para la determinación de la respiración por OxiTop</i>	32
3.6.2.7. <i>Análisis de parámetros fisicoquímicos del suelo</i>	32
3.6.3. <i>Fase de análisis de datos</i>	38

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	39
4.1. Determinación de los usos de suelo y la zona de estudio	39
4.2. Determinación del índice mejorado de vegetación (EVI)	40
4.3. Determinación de Isotermas	41
4.4. Evaluación de la actividad microbiana mediante la respiración edáfica	42
4.4.1. <i>Resultados de respiración edáfica en suelos reales</i>	42
4.4.2. <i>Resultados de respiración edáfica en suelos secos</i>	44

4.5. Resultados de las propiedades fisicoquímicas del suelo	45
4.6. Resultados del contenido de humedad en el suelo de la parroquia San José de Poaló.....	47
4.7. Resultados de contenido de elementos en el suelo	47
4.8. Correlaciones entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas de los suelos de la parroquia San José de Poaló.....	48
<i>4.8.1. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en los suelos del herbazal inundable del páramo</i>	<i>49</i>
<i>4.8.1.1. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en suelo real</i>	<i>49</i>
<i>4.8.1.2. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en suelo seco</i>	<i>53</i>
<i>4.8.2. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en los suelos del herbazal del páramo.....</i>	<i>57</i>
<i>4.8.2.1. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en suelo real</i>	<i>57</i>
<i>4.8.2.2. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en suelo seco</i>	<i>61</i>
<i>4.8.3. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en los suelos agropecuarios</i>	<i>65</i>
<i>4.8.3.1. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en suelo real</i>	<i>65</i>
<i>4.8.3.2. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en suelo seco</i>	<i>69</i>
4.9. Correlación entre las propiedades fisicoquímicas con la densidad, humedad y altura.....	72
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	76
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Textura del suelo según USDA.....	10
Tabla 2-2:	Clasificación de la densidad real en suelos	13
Tabla 3-2:	Densidad real en componentes del suelo.....	13
Tabla 1-3:	Ubicación de la parroquia San José de Poaló.....	21
Tabla 1-4:	Ecosistemas en hectáreas de la parroquia San José de Poaló	39
Tabla 2-4:	Resultados de respiración edáfica en suelos reales de la parroquia San José de Poaló por el método de Anderson (1982).....	42
Tabla 3-4:	Resultados de respiración edáfica en suelos reales de la parroquia San José de Poaló por OxiTop.	43
Tabla 4-4:	Resultados de respiración edáfica en suelos secos de la parroquia San José de Poaló por el método de Anderson (1982).....	44
Tabla 5-4:	Resultados de respiración edáfica en suelos secos de la parroquia San José de Poaló por OxiTop.	44
Tabla 6-4:	Resultados de propiedades físicas.....	45
Tabla 7-4:	Resultados de propiedades químicas.....	46
Tabla 8-4:	Porcentaje de humedad de los suelos.	47
Tabla 9-4:	Contenido de elementos y materia orgánica en el suelo.....	47
Tabla 10-4:	Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.....	49
Tabla 11-4:	Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.....	51
Tabla 12-4:	Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.....	53
Tabla 13-4:	Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.....	55
Tabla 14-4:	Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.....	57
Tabla 15-4:	Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.....	59
Tabla 16-4:	Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.....	61
Tabla 17-4:	Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.....	63
Tabla 18-4:	Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.....	65
Tabla 19-4:	Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.....	67
Tabla 20-4:	Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.....	69
Tabla 21-4:	Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Triángulo textural.....	10
Figura 1-3:	Mapa de ubicación y ecosistemas.....	21
Figura 2-3:	Titulación con HCl.....	27
Figura 3-3:	Medición de pH.....	33
Figura 4-3:	Determinación del color por Munsell.....	34
Figura 5-3:	Determinación de textura.....	36
Figura 6-3:	Secado de muestras en la estufa.....	37
Figura 7-3:	Tamizado de muestras.....	37
Figura 1-4:	Distribución de puntos de muestreo.....	40
Figura 2-4:	Mapa de índice mejorado de vegetación (EVI).....	41
Figura 3-4:	Mapa de Isotermas.....	42
Figura 4-4:	Correlación de las propiedades fisicoquímicas, densidad, humedad y altura.....	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Guía para la determinación de textura por tacto.....	35
Gráfico 1-4:	Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.	50
Gráfico 2-4:	Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.	52
Gráfico 3-4:	Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.	54
Gráfico 4-4:	Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.	56
Gráfico 5-4:	Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.	58
Gráfico 6-4:	Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.	60
Gráfico 7-4:	Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.	62
Gráfico 8-4:	Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.	64
Gráfico 9-4:	Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.	66
Gráfico 10-4:	Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.	68
Gráfico 11-4:	Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.	70
Gráfico 12-4:	Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.	72
Gráfico 13-4:	Relación de la altitud con C/N y humedad.....	73

ÍNDICES DE ANEXOS

ANEXO A: MUESTREOS

ANEXO B: ANÁLISIS DE LABORATORIO

ANEXO C: REPORTE DE ANÁLISIS DE ELEMENTOS

ANEXO D: AVAL DE INVESTIGACIÓN

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo evaluar la actividad microbiana mediante la cuantificación de la respiración edáfica en la Parroquia San José de Poaló, provincia de Tungurahua. De forma inicial se identificó los suelos de estudio (herbazal inundable del páramo, herbazal del páramo y agropecuario) y los puntos de muestreo mediante ArcGIS. Para el análisis de respiración por triplicado por el método de Anderson (1982) y OxiTop se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0-30 cm al igual que para la determinación de pH, conductividad eléctrica, humedad, densidad, materia orgánica, carbono y nitrógeno. Dando como resultado la respiración edáfica promedio para el herbazal inundable del páramo (3911 msnm.) en suelo real por el método de Anderson (1982) 1.79 C-CO₂ mg/g, mientras que por el método de OxiTop 0.08 C-CO₂ mg/g; en suelo seco por el método de Anderson (1982) 2.36 C-CO₂ mg/g, mientras que por el método de OxiTop 0.12 C-CO₂ mg/g. En el suelo de herbazal del páramo (3753– 3698 msnm.) analizado en suelo real por el método de Anderson (1982) 0.66 C-CO₂ mg/, mientras que por el método de OxiTop 0.16 C-CO₂ mg/g; en suelo seco por el método de Anderson (1982) 1.63 C-CO₂ mg/g, mientras que por el método de OxiTop 0.13 C-CO₂ mg/g. Finalmente, el suelo agropecuario (3114 – 3008 msnm.) analizado en suelo real mediante el método de Anderson (1982) 0.96 C-CO₂ mg/, mientras que por el método de OxiTop 0.12 C-CO₂ mg/g; en suelo seco por el método de Anderson (1982) 0.71 C-CO₂ mg/g, mientras que por el método de OxiTop 0.95 C-CO₂ mg/g. Concluyendo así que la respiración edáfica está influenciada por las propiedades fisicoquímicas, C/N, humedad, densidad y altitud. Se recomienda realizar investigaciones acerca de la respiración edáfica en suelos del páramo quemado y en suelos saludables a diferentes altitudes.

Palabras claves: <RESPIRACIÓN EDÁFICA>, <ACTIVIDAD MICROBIANA>, <RELACIÓN C/N>, <ECOSISTEMAS>, <SUELO>.

0300-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the microbial activity by quantifying the edaphic respiration in the Initial study soils (flooded moorland grasslands, moorland grasslands and agricultural), and the sampling points were identified using ArcGIS. For the respiration analysis in triplicate by the Anderson (1982) and OxiTop method, soil samples were taken at a depth of 0-30 cm, as well as for the determination of pH, electrical conductivity, humidity, density, organic matter, carbon and nitrogen. Resulting in the average edaphic respiration for the floodplain grasslands of the moor (3911 masl.) In natural soil by the Anderson (1982) method, 1.79 C-CO₂ mg/g, while by the OxiTop method, 0.08 C-CO₂ mg/ g; in dry soil by the Anderson (1982) method, 2.36 C-CO₂ mg/g, while by the OxiTop method 0.12 C-CO₂ mg/g. In the grassland soil of the moor (3753-3698 masl.) Analysed in natural soil by the Anderson (1982) method 0.66 C-CO₂ mg/, while by the OxiTop method 0.16 C-CO₂ mg/g; in dry soil by the Anderson (1982) method 1.63 C-CO₂ mg/g, while by the OxiTop method 0.13 C-CO₂ mg/g. Finally, the agricultural soil (3114 - 3008 masl.) analysed in natural soil by the Anderson (1982) method 0.96 C-CO₂ mg/, while by the OxiTop method 0.12 C-CO₂ mg/g; in dry soil by the Anderson (1982) method 0.71 C-CO₂ mg/g, while by the OxiTop method 0.95 C-CO₂ mg/g. Thus, concluding that edaphic respiration is influenced by the physicochemical properties, C/N, humidity, density and altitude. It is recommended to conduct investigations about edaphic respiration in soils of the burned moor and healthy soils at different altitudes.

Key words: <SOIL RESPIRATION>, <MICROBIAL ACTIVITY> <C/N RATIO>, <ECOSYSTEMS>, <SOIL>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

C.I. 0601927122

INTRODUCCIÓN

La respiración del suelo es uno de los procesos biológicos más importantes que se desarrollan en los ecosistemas terrestres y que contribuyen al ciclo del C. El proceso consiste en que las raíces y microorganismos toman el aire de la atmósfera y mediante la descomposición de la materia orgánica y la oxidación química de los compuestos de carbono liberan una parte del C en forma de CO₂ y otra parte queda almacenado en las estructuras del suelo, (Pérez et al., 1998, pp. 83-93).

El suelo es el mayor promotor en el depósito de carbono ya que pueden llegar a almacenar hasta el 80% de carbono, sin embargo, ha sido afectado a nivel global por modificaciones o alteraciones en la respiración del suelo, puesto que la temperatura, humedad, pH, precipitación e incluso el tipo de vegetación alterada por las actividades antropogénicas que día a día se van incrementando son factores directamente influyentes en la dinámica del suelo, (Yáñez et al., 2017, pp. 125-126). Por ello, la determinación del mismo ayuda a comprender si el ecosistema se comporta como una fuente o un sumidero de CO₂, (Ramírez & Moreno, 2008, pp. 4381-4393).

La parroquia de San José de Poaló presenta alteraciones en sus suelos a causa de la actividad antropogénica como: el uso de plaguicidas y herbicidas en la agricultura, pesca, caza de animales, deforestación y degradación de los bosques, generando así impactos negativos en el suelo. Por ende, es necesario la cuantificación de la respiración del suelo ya que según el PDyOT de la parroquia la actividad microbiana es escasa y depende del tipo de uso que se le da al suelo. Y que el 60% de los cultivos presentes en esa zona son de papa, el 20% habas y el 10% otros productos agrícolas, siendo estos productos los promotores en la reducción del rendimiento del suelo por el mal manejo de la agricultura, además de las enfermedades como punta morada, gusano blanco y lanchas que presentan dichos cultivos, (PDyOT, 2020, pp. 125-126).

Y como bien se sabe el funcionamiento de un ecosistema terrestre depende en gran parte a la actividad microbiana del suelo, (Fernández, Farji & Satti, 2014, pp. 103-110); puesto que una de las principales funciones que realizan los microorganismos es la descomposición de la materia orgánica y este al ser afectado por los factores ya mencionados perturba directamente al ciclo del carbono perdiendo así las funciones ecológicas que ayudan en la sustentabilidad de los agroecosistemas.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

¿La cuantificación de la respiración edáfica de la zona de San José de Poaló es un indicador que determina la calidad del suelo?

1.2. Limitaciones y delimitaciones

La cuantificación de la respiración edáfica está dada en 3 ecosistemas de la parroquia San José de Poaló; ecosistema herbazal de páramo, herbazal inundable de páramo y agropecuario. Mediante muestreo de suelo siguiendo el método de transectos lineales considerando que los suelos presentan intervención humana.

1.3. Problema general de investigación

La escasez de investigaciones respecto a la respiración edáfica que existe en los suelos de la Parroquia San José de Poaló, provincia de Tungurahua y sobre todo por los diferentes cambios que han surgido a lo largo de los años.

1.4. Problemas específicos

La importancia de conocer la influencia que tiene la humedad y las diferentes características fisicoquímicas del suelo sobre la respiración edáfica. Debido a que la humedad relativa de la parroquia está en un rango de 65 y 90% según indica el PDyOT.

Diferenciar el índice carbono-nitrógeno para los diferentes ecosistemas como estimador de sustrato orgánico.

1.5. Objetivos

1.5.1. General

Evaluar la actividad microbiana mediante la cuantificación de la respiración edáfica en la Parroquia San José de Poaló, provincia de Tungurahua.

1.5.2. Específicos

- Analizar la influencia de la humedad y las características fisicoquímicas sobre la respiración de suelos procedentes de la zona de San José de Poaló.
- Determinar el índice carbono-nitrógeno en los agroecosistemas en la parroquia San José de Poaló.

1.6. Justificación

La presente investigación se realizó en la parroquia San José de Poaló, riberas del río Yanayacu procedente del PNL con el fin de conocer la actividad microbiana según los usos del suelo.

La importancia de este estudio es que los suelos contienen propiedades químicas, físicas y biológicas, así como diversas poblaciones microbianas que llevan a cabo importantes procesos biológicos. Los factores biológicos son el último factor considerado en la producción de cultivos, pero hoy en día la actividad microbiana no solo es el factor principal de la fertilidad del suelo, sino también de la estabilidad y funcionamiento de los agroecosistemas. Por lo tanto, la actividad microbiana se puede evaluar cuantificando la respiración del suelo, que está influenciada principalmente por la descomposición de la materia orgánica y la acumulación de nutrientes, que varía con los factores biofísicos y climáticos del suelo y el uso de la tierra. Siendo el CO₂ producido por la actividad microbiana en el suelo, lo que indica que a medida que el suelo se metaboliza, se consume oxígeno y se libera CO₂ y es sujeto de medición. Respiración que dependerá del porcentaje de humedad, temperatura (°C), densidad (g/ml), textura (mm), pH, conductividad eléctrica (mS/cm), etc.

Por ende, la siguiente investigación se enfocó en la evaluación de la actividad microbiana mediante la cuantificación de la respiración edáfica en la zona San José de Poaló, provincia de Tungurahua siguiendo dos diferentes metodologías para la respiración edáfica, cabezales de OxiTop y el método de Anderson, mientras que, para la determinación del índice carbono-

nitrógeno el método de Dumas en 3 ecosistemas pertenecientes a la parroquia de San José de Poaló.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis nula

La respiración edáfica no está influenciada significativamente por el porcentaje de humedad y las características fisicoquímicas del suelo en 3 ecosistemas en la parroquia San José de Poaló.

1.7.2. Hipótesis alternativa

La respiración edáfica está influenciada significativamente por el porcentaje de humedad y las características fisicoquímicas del suelo en 3 ecosistemas en la parroquia San José de Poaló.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El suelo es uno de los recursos más importantes para la vida en la Tierra, ya que es el entorno de soporte para las plantas y otros organismos, lo que lo convierte en uno de los factores más importantes en la agricultura y la silvicultura. También se denomina sistema estructurado, heterogéneo y discontinuo, básico e insustituible, constituido por sustancias orgánicas, minerales y nutrientes capaces de sustentar el crecimiento de organismos y microorganismos, (García, Ramírez & Sánchez, 2012, pp. 125-135).

La interacción entre las necesidades y realidades mundiales, la seguridad alimentaria y el impacto ambiental del cambio climático subraya la importancia de la calidad del suelo para que los indicadores de calidad del suelo se reflejen en los procesos del suelo y, por lo tanto, sean sensibles a los cambios ambientales, (Burbano, 2017, pp. 118-126).

El suelo posee propiedades químicas, físicas y biológicas. Las químicas formadas por partículas minerales separadas de rocas que son alteradas o destruidas y transformadas en sólidos estables principalmente por la acción del agua, el oxígeno, el dióxido de carbono y otras sustancias. Las propiedades físicas de los suelos incluyen un tamaño de partícula reducido sin cambios en su composición y causados generalmente por el hielo, la lluvia y otros ciclos de impacto ambiental. Mientras que, las propiedades biológicas mantienen una relación con las propiedades químicas y físicas, (García, Ramírez & Sánchez, 2012, pp. 125-135).

A diferencia de las características mencionadas los cambios biológicos son realizados por la comunidad que habita en el suelo como la flora, macrofauna, mesofauna, microfauna y microbiota (bacterias, actinomicetos, hongos y algas) en donde el 80-90% de las reacciones existentes en los suelos son realizadas por la microbiota, (García, Ramírez & Sánchez, 2012, pp. 125-135). En donde incluye cambios biológicos como la degradación y el aporte de materia orgánica, la respiración (CO₂) e incluso la intervención o cambios en los ciclos biogeoquímicos.

Por ello, la población microbiana del suelo interviene en el desarrollo de plantas y calidad del suelo, las mismas que participan en eventos básicos para garantizar la estabilidad y el rendimiento, como los ecosistemas agrícolas y las formas del ecosistema natural dando lugar a un ambiente dinámico. Así mismo contribuyendo a la fertilidad de los agroecosistemas como menciona (Pedraza

et al., 2010, pp. 155-164) en su investigación “Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos” en donde concluyó que es muy importante la presencia de microbiota en los suelos como fijadora de nitrógeno, solubilizadora de fosfatos o incluso como promotora del crecimiento vegetal con el fin de aumentar la biofertilización y bioestimulación de los suelos.

Por otro lado, (Paucar & Velastegui, 2019, pp. 31-37) en su trabajo de titulación “Cuantificación de la respiración edáfica como medida de la actividad microbiana en suelos de la microcuenca del río Chimborazo” cuantificaron la respiración edáfica en 4 tipos de uso de suelos (páramo, pastizales, plantaciones forestales y cultivos) dentro de la Microcuenca del Río Chimborazo haciendo uso del método Anderson (1982), el mismo que se basa en la absorción por difusión de un álcali (NaOH) del CO₂ liberado del suelo, pero sin ser alterado. Dando como resultado para el suelo de páramo un valor máximo de respiración edáfica de (1.0193 C-CO₂ mg/g suelo), mientras que para el suelo de pastizales (0.5925 C-CO₂ mg/g suelo), para el suelo de cultivo (0.2654 C-CO₂ mg/g suelo), finalmente, el suelo de plantaciones tuvo un valor menor respecto a los demás tipos de suelos con un valor (0.1142 C-CO₂ mg/g suelo). Sin embargo, los autores concluyeron que no existe gran diferencia respecto a la respiración edáfica con los usos de suelo, como también identificaron que los factores abióticos tienen mejor relación con la MO y nitrógeno en los suelos de páramo y cultivos, mientras una correlación moderada y débil con los parámetros de temperatura, pH, conductividad y porcentaje de humedad.

Sin embargo, otra investigación de titulación más reciente es la de (Morales, 2020, pp. 11-31), “Relación de la respiración edáfica con las propiedades fisicoquímicas de los suelos de la microcuenca del río Guano, provincia de Chimborazo” en donde se trabajó solo con 2 tipos de suelos, intervenido y no intervenido mediante el método de titulación y propiedades fisicoquímicas, dando como resultado un valor promedio en los suelos no intervenidos de 0.57 µg CO₂-C/g por hora y 0.80 µg CO₂-C/g por hora en suelos intervenidos. En el caso de los parámetros fisicoquímicos el autor concluyó que no existe una correlación de los suelos intervenidos con los parámetros estudiados, mientras que los suelos no intervenidos si presentaron una correlación significativa con la MO, humedad, carbono orgánico y conductividad.

Otra investigación de (Solano et al., 2018, p. 116), indica además que la altitud influye directamente en el porcentaje de C y N en el suelo, es decir, una buena relación C/N. Especificando que, a mayor altitud, mayor es el porcentaje de C/N, además, asocian que en las mayores concentraciones de C y N se encuentran a poca profundidad a causa de las precipitaciones y la humedad ambiental.

2.2. Base teórica

2.2.1. Cambio climático

Según la (ONU, 2021), el cambio climático se refiere a los cambios que surgen a largo plazo, cambios de origen natural o por las actividades antropogénicas que día a día crecen de manera exponencial. Dentro de las actividades más relevantes es la quema de combustibles que generan gases de efecto invernadero, gases como CO₂ (Dióxido de carbono) y CH₄ (Metano) que recubren la tierra y alteran las temperaturas de nuestro planeta. Como también las perturbaciones de los ecosistemas, las industrias, los diferentes usos del suelo en la agricultura, etc. que desestabilizan al ambiente provocando sequías, escasez del agua, inundaciones, deshielos de los glaciares y depreciación de la biodiversidad a nivel global.

Otro impacto negativo del cambio climático es la morbilidad y mortalidad en la población debido al incremento de las temperaturas, donde los principales afectados son las personas mayores de 65 años que presentan problemas respiratorios. Además de incrementar enfermedades parasitarias, virales e infecciosas. Mientras que en el ciclo de vida de algunos insectos incrementa la tasa de reproducción y por ende mayor es el índice de contraer enfermedades, (Heredia, Naranjo & Suárez, 2011, p. 59).

2.2.2. Emisiones de CO₂

En el sector económico es el concepto de huella de carbono es aquel que mide la totalidad de GEI emitidas por efecto directo o indirecto de un individuo, organización evento o producción, la emisión de carbono se encuentra en los sectores de transporte, energía, residuos, industria manufacturera y procesos industriales, esta es una fuerte problemática medioambiental, ya que genera el 7% del total de emisiones de CO₂ en todo el mundo, (Pardo, López & Rico, 2021, pp. 76-85).

Además, del crecimiento económico y social que juega un papel importante en las discusiones sobre el desarrollo sostenible y degradación ambiental. Puesto que, se estima que alrededor del 60% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero provienen de la quema de petróleo y sus derivados, (Cruz, 2016, pp. 120-121).

2.2.3. Suelo

Podemos decir que el suelo es la superficie rocosa de tierra, donde las actividades agrícolas son muy eficientes y productivas, se muestra más fértil y productivo cuando es protegido por las

plantas, sin embargo, el suelo puede erosionar a causa de la deforestación, el abuso de productos químicos, los surcos que se construyen sobre la línea de inclinación de las pendientes y la eliminación absoluta de vegetación de un terreno, (Casal, 2007, pp. 44-45). Asimismo, al ser un recurso natural y limitado es capaz de proporcionar los servicios ecosistémicos como los ciclos biogeoquímicos de carbono, fósforo y nitrógeno, (Burbano, 2016, p. 118).

2.2.4. Servicios ecosistémicos del suelo

La biodiversidad y los servicios de los ecosistemas son esenciales para la producción sostenible de alimentos, fibras, combustibles, energía y agua dulce de los que dependen los seres humanos., (FAO, 2014, p. 2). Sin embargo, entre 1961 y 2011 casi todos los ecosistemas de la Tierra han sufrido cambios significativos debido a la actividad humana, y actualmente los cambios más rápidos se están produciendo en las tierras agrícolas de Sudamérica, puesto que han pasado de 441 a 607 millones de hectáreas. Los cambios en el uso de la tierra y las formas en que el suelo se ve afectado es la degradación o la pérdida de los servicios que proporcionan los ecosistemas. Esto se debe principalmente a los procesos de urbanización, la minería, la contaminación agrícola e industrial, etc., (López, 2016, p. 10).

Según, (MEA, 2005, p. 40) los servicios ecosistémicos son los beneficios que las personas obtienen directamente de ellos. Estos incluyen servicios de suministro, regulatorios y culturales que afectan estrechamente a las personas, así como servicios de apoyo que son necesarios para sostener otros servicios.

2.2.4.1. Servicios ecosistémicos de soporte y apoyo (SES)

Los servicios de apoyo, también conocidos como servicios básicos, mantienen los procesos en el ecosistema y permiten el funcionamiento de otros procesos. Pueden tener o no un impacto directo en el bienestar humano, entre ellos se encuentran la conservación de la biodiversidad, el ciclo hidrológico, el ciclo de los nutrientes y la producción primaria, (Guerrero & Suarez, 2019, p. 72). Como también, mantienen y sostienen los ecosistemas adecuados facilitando el flujo de servicios de suministro, regulación y cultura, (Martínez et al., 2017, pp. 14-15).

2.2.4.2. Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento (SEA)

Los "servicios de aprovisionamiento o abastecimiento" de los ecosistemas son recursos naturales que permiten a las personas obtener alimentos de agroecosistemas como: maíz, arroz, carnes, etc. o de ecosistemas marinos como: mariscos; medicinas de origen natural como miel y jalea real;

agua potable y otras materias primas como: madera, biocombustibles, etc., (Martínez et al., 2017, pp. 10-11). Los mismos que son comercializados en los mercados, en los que muchos hogares urbanos y rurales dependen directamente de la provisión de servicios para su sustento. Como es el caso de muchos países, donde los bosques representan más del 10 % del PIB, independientemente del nivel de desarrollo, en que su valor real para la sociedad es mucho mayor, (FAO, 2018, pp. 9-10).

2.2.4.3. Servicios ecosistémicos de regulación (SER)

Los servicios de regulación enfatizan la regulación los procesos de los ecosistemas y proporcionar hábitats, la mejora de la calidad del aire, la captura y el almacenamiento de carbono, la regulación del clima, la gestión del ciclo del agua, el control de la erosión, el mantenimiento, la fertilidad del suelo, el tratamiento de residuos y aguas residuales, el control de plagas, la polinización de cultivos y la mitigación de desastres, (Uribe, 2015, p. 28; Milera, 2021, p. 2).

2.2.4.4. Servicios ecosistémicos culturales (SEC)

Los servicios culturales son los beneficios intangibles que las personas obtienen de los ecosistemas a través del enriquecimiento intelectual, el desarrollo cognitivo, la contemplación, la recreación, las experiencias estéticas, etc. Mientras que la demanda de servicios culturales aumenta continuamente, la capacidad de los ecosistemas para proporcionar bienes culturales se ha reducido significativamente en el último siglo debido al uso excesivo por el ser humano, (MEA, 2005, pp. 40-46).

2.2.5. Propiedades físicoquímicas y biológicas del suelo

2.2.5.1. Propiedades físicas

Establecen la disposición de preparación del suelo, la tasa de infiltración de agua y circulación de aire y afectan directamente el desarrollo de la planta. Las propiedades físicas se pueden ver, oler o identificar mediante el tacto, (FAO, 2013, p. 9).

Textura

La textura es una de las propiedades físicas más importante del suelo ya que está directamente relacionada con la capacidad de retención del agua y de nutrientes, capaz de influenciar la producción de cultivos puesto que la textura se considera una propiedad permanente del suelo,

(Brady, 1984, pp. 36-39). Para conocer la textura del suelo se hace uso del triángulo textural que tiene 12 clases que están relacionadas con arena, limo y arcilla, como se muestra en la figura 1-2.

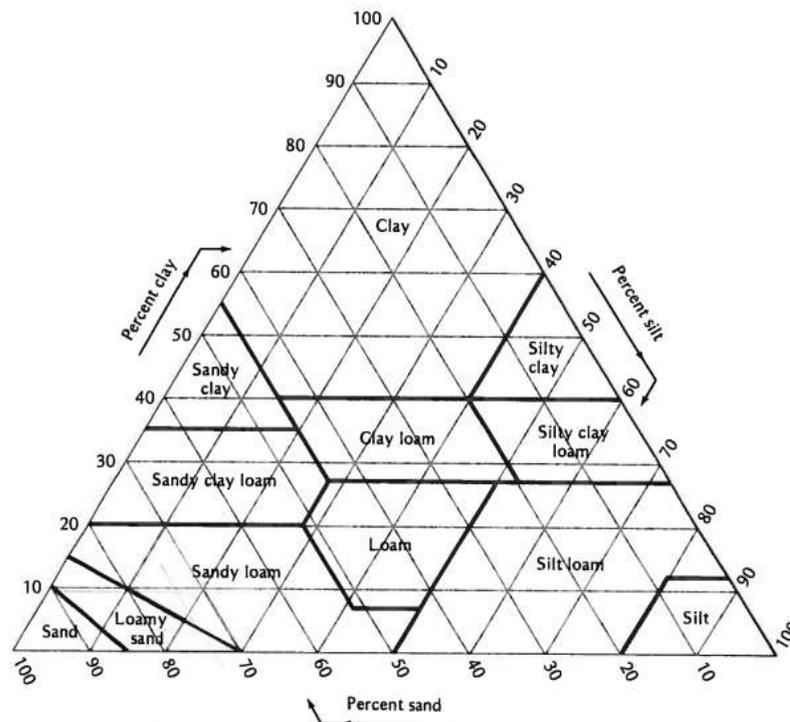


Figura 1-2: Triángulo textural

Fuente: (Brady, 1984, p. 44)

Según el triángulo textural existen tres tipos de texturas de suelo, los arenosos que son más manejables y con poca cantidad de nutrientes, los suelos limosos con mayor contenido de nutrientes y pueden formar turrones de fácil manipulación y finalmente, los suelos arcillosos con mayor disponibilidad de nutrientes y agua respectivamente, además de ser muy fértiles, (USDA, 1999). Para ello se muestra las clases de texturas formadas por la distribución de arena, limo y arcilla en la tabla 1-2.

Tabla 1-2: Textura del suelo según USDA

Textura	Símbolo	Rango (%) de contenido en		
		Arena	Limo	Arcilla
Arenoso	a	100-85	0-15	0-10
Arenoso franco	aF	70-90	0-30	0-15
Franco arenoso	Fa	43-85	0-50	0-20
Franco	F	23-52	32-50	7-27
Franco limoso	FL	0-50	50-87	0-27
Franco arcilloso arenoso	FAa	45-80	0-28	20-35
Franco arcilloso	FA	20-45	15-53	27-40

Franco arcillo limoso	FAL	0-20	40-73	27-40
Limoso	L	0-20	80-100	0-12
Arcillo arenoso	Aa	45-67	0-20	35-55
Arcillo limoso	AL	0-20	40-60	40-60
Arcilloso	A	0-45	0-40	40-100

Fuente: (Jaramillo Daniel, 2002, p. 171)

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Color

Es uno de los factores distintivos que hacen referencia a la diferenciación de los horizontes. El color se convierte en una propiedad distintiva que se relaciona con las propiedades químicas y mineralógicas, ya que de esta forma puede identificar los distintos minerales predominantes que existen en el suelo, el color del mismo se utiliza como distintivo en la nomenclatura maya, por tanto, en la actualidad se sigue manteniendo esta aseveración, (Bautista et al., 2003, p. 3).

Porosidad

Indica la acumulación de agua en el suelo. En los suelos superficiales la porosidad determina los procesos de infiltración y los escurrimientos de agua, que de alguna manera influyen en la erosión hidrológica y la conducción del agua, es una propiedad en la que el flujo de agua y aire se da, y están influenciados por el tamaño, abundancia y distribución de poros, (González, González & Chávez, 2012, pp. 21-22).

Clasificación

Según las características de conducción o almacenamiento se resume en tres categorías

- Sub-microscópica. Poros demasiado pequeños que dificultan la estructura de las moléculas de agua y por lo tanto tampoco permiten que el flujo sea continuo.
- Microscópica o capilar. Son las estructuras que existen entre los poros y agregados proporcionados por la matriz del suelo que depende del origen y uso de la tierra; el tamaño de poro está entre 15 y 30 μm
- Macro porosidad. Existen diferentes orígenes de macroporos no capilares, que a su vez pueden estar relacionados con la actividad microbiana, grietas, cambios de volumen, contracción y expansión del suelo, pero en los suelos agrícolas se inducen efectos llamados labranza, que se ven afectados por la cobertura vegetal, los efectos de las plantas y el clima, (González, González & Chávez, 2012, pp. 21-22).

$$P(\%) = 100 * \left[1 - \frac{\rho_a}{\rho_r} \right] \quad (1)$$

Donde

P (%)= Porosidad

ρ_a = Densidad aparente (g/ml)

ρ_r = Densidad real (g/ml)

Densidad aparente

Se define como la relación que existe entre la masa de suelo y el volumen total o lo que también se conoce como el volumen de partículas más el espacio que existen entre cada una, se emplea en el cálculo de la porosidad total del suelo, con relación suelo-agua, (Alvarado & Forsythe, 2005, pp. 85-86). Además de ser útil para conocer el grado de compactación del suelo, (Henríquez et al. 2011, pp. 175-176). E indica la calidad del suelo, y determina los cambios que se originan por las actividades antropogénicas como; el arado en el uso de suelos, maquinaria pesada, cultivos, y de esta forma indica el grado de compactación del suelo y las limitaciones para el crecimiento de las raíces, (Novillo et al., 2018, p. 178).

$$\rho_a = \frac{M_s}{V_t} \quad (2)$$

Donde

ρ_a = Densidad aparente (g/ml)

M_s = Masa de suelo seco (g)

V_t = Volumen total (ml)

Densidad real

La densidad real del suelo es la relación entre la masa seca y su volumen real, es decir, el volumen de los sólidos del suelo, (Ingaramo et al., 2007, p. 129).

$$\rho_r = \frac{M_s}{V_s} \quad (3)$$

Donde

ρ_r = Densidad real (g/ml)

M_s = Masa de suelo seco (g)

V_t = Volumen de sólidos del suelo (ml)

Sin embargo, en la mayoría de los casos el valor de la densidad real es constante ya que se determina por la mineralogía y composición química de la fase sólida del suelo, su valor es 2.65 g/ml, (Novillo et al., 2018, p. 178).

Tabla 2-2: Clasificación de la densidad real en suelos

Densidad real g/cm ³	Clasificación
< 2.4	Muy bajo
2.4 – 2.60	Bajo
2.60 – 2.80	Medio
> 2.80	Alto

Fuente: (Castillo Carmen, 2005, p. 15)

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Se estima que la densidad real óptima para algunos de los componentes del suelo va a variar como se muestra en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Densidad real en componentes del suelo

Densidad real g/cm ³	Componentes del suelo
1.3 – 1.5	Humus
1.2 – 2.6	Arcilla
2.5 – 2.8	Cuarzo
4.9 – 5.3	Hematinas

Fuente: (Castillo Carmen, 2005, p. 15)

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Capacidad de infiltración

La infiltración de agua en el suelo juega un papel importante en la relación entre la precipitación y la escorrentía, (Osuna & Padilla, 1998, p. 293); que se desarrolla principalmente en la capa superior del suelo, es decir, su resistencia a la infiltración del agua en caso de lluvia. Una gran cantidad de datos experimentales muestra que existen diferencias significativas en la capacidad de infiltración de la tierra vegetal en el mismo suelo, a la misma profundidad de infiltración, con diferentes tipos de cubierta y diferentes tratamientos, (Lozano et al., 2020, pp. 57-66).

2.2.5.2. *Propiedades químicas*

pH

El pH es una propiedad química muy importante que tiene una escala que va de 0 a 14, indicando así cuán ácida o alcalina es la solución del suelo que puede afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, es decir, este factor puede ser responsable de la ocurrencia de deficiencia, toxicidad o niveles insuficientes de elementos. Mientras que un pH elevado puede generar cambios en la estructura del suelo, (Ibarra et al., 2009, p. 268; Osorio, 2012, p. 4). Y se expresa como ion H^+ en solución de suelo, (Calva, 2016, p.7).

Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica es una medida de salinidad que se mide en $\mu S/cm$ y depende en gran parte de la temperatura, (Gallart, 2017, p.5); y por combinación que existe entre las propiedades fisicoquímicas del suelo, es decir, se alude a la textura del suelo, o la presencia de materia orgánica, también se incluye la humedad, capacidad de intercambio catiónico, salinidad, pH, Ca^{+2} y Mg^{+2} , o a su vez los tipos de suelo que existen, (Simón, Peralta & Costa, 2013, p. 46).

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio de cationes (CIC) estima la ubicación de la carga de arcilla, la carga permanente y la carga dependiente del pH. Estos sitios de intercambio inmovilizan los cationes por fuerzas electrostáticas. Por ello, la CIC es un indicador indirecto de la capacidad amortiguadora del suelo que se da en función de la cantidad y el tipo de arcilla. Dentro de las técnicas utilizadas para estimar la CIC se clasifican de la siguiente manera: CIC para cationes intercambiables totales, CIC para pH del suelo, CIC para pH amortiguador y CIC en el punto sin carga, todo depende de la saturación del suelo con índice de cationes, (Perez et al., 2017, p. 172).

Contenido de nutrientes

El contenido de nutrientes presentes en el suelo es muy importante ya que de estos depende la limitación de la producción vegetal de la mayoría de los ecosistemas. En la mayoría de los casos en suelos naturales, el contenido de nutrientes es limitado y por ende las plantas se ven en la necesidad de reciclar, minimizar las pérdidas y maximizar la eficacia en el uso de los nutrientes para la producción de biomasa. Un ejemplo es que, en suelos ricos cuando se produce mayor CO_2 , mayor es la producción de biomasa, mientras que en suelos pobres a mayor producción de CO_2 ,

menor es la producción de biomasa, es decir, los nutrientes están limitados y al estar en ese estado los bosques pierden relevancia, (Escudero & Mediavilla, 2003, pp. 1-8).

Dentro de los nutrientes más selectos, está el nitrógeno que es absorbido por las plantas como N orgánico, amonio o nitratos.

2.2.5.3. Propiedades biológicas

Contenido de materia orgánica

La materia orgánica del suelo (MOS) es el indicador que ejerce una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su productividad, ya que la MOS tiene un efecto beneficioso sobre las propiedades físicas y fisicoquímicas del suelo al mejorar la estructura, aumentar la capacidad de intercambio catiónico, la retención de agua, el poder tampón, así como, reducir la acción de sustancias tóxicas, y actuar como un fertilizante de acción lenta que favorece los ciclos biológicos de los nutrientes, (Moreno, González & Egido, 2015, p. 2). Es un elemento clave para mantener la productividad de los agroecosistemas. Sin embargo, en algunas circunstancias se ha producido una relación cuantitativa y directa entre la materia orgánica y la productividad. Siendo la MO descompuesta dependiente de la composición de la misma, la relación C/N y sobre todo de la fase de humificación en la que se encuentre.

La materia orgánica que se encuentra activa en el suelo puede llegar a representar valores entre 10-20% de la materia orgánica total del suelo, misma que está conformada por bacterias que generan la descomposición de los sustratos orgánicos, como la fracción lábil y de la emisión de CO₂ a como respiración. Por ello, se menciona que la presencia actividades microbianas en el suelo va a diferir dependiendo los factores como el tipo de uso que se le da al suelo, la cobertura vegetal que presenta e incluso la calidad de los residuos que están estrechamente ligados al sistema, (Vásquez, Macías & Menjivar, 2013, p. 176).

2.2.5.4. Humedad

La humedad presente en el suelo es importante para determinar el flujo del agua existente. Donde existe un descenso de la capacidad de infiltración a medida que aumenta la humedad, (Pérez, Gonzalo & García, 2015, pp. 326-327). En el caso de la agricultura, es importante conocer porcentaje de humedad del suelo para determinar la frecuencia del riego en los cultivos, mientras que a nivel de investigaciones la humedad está más relacionada con el intercambio de agua y energía, la

superficie del suelo y la atmósfera debido a la evaporación y transpiración, (Hernández & Medina 2012, pp. 30-31).

Para ello, se aplica la formula siguiente:

$$\%H = \frac{P_{húmedo} - P_{seco}}{P_{húmedo}} * 100 \quad (4)$$

Donde

$P_{húmedo}$ = Peso del suelo húmedo (g)

P_{seco} = Peso del suelo seco (g)

Fuente: López et al., 2013, p. 25

2.3. Base conceptual

2.3.1. *Respiración edáfica*

“La respiración del suelo (RS) es un flujo de CO₂ del suelo a la atmósfera definido como la suma de autotrófica (respiración por raíces y micorrizas), y heterotrófica (respiración de microorganismos que descomponen fracciones de materia orgánica y de fauna del suelo) respiración y a nivel mundial, la RS se considera el segundo mayor flujo de C emitido a la atmósfera. Además, depende de la temperatura del suelo, la humedad del suelo, la fotosíntesis, los aportes de materia orgánica y la composición de la biota del suelo”, (Cueva et al. 2016, pp. 253-254); mientras que, (Luters & Salazar, 2000, p. 4) hacen referencia a que el suelo respira y es un indicador biológico del suelo, en el que a mayor humedad exista mayor va a ser la respiración, además de considerar el color como un indicador de la calidad, donde un color claro puede indicar una elevada respiración y por ende existe una pérdida en la MO, mientras que, un suelo con color oscuro representa una respiración sana y con un buen grado de MO, (Luters & Salazar, 2000, p. 52).

2.3.2. *Actividad microbiana*

“Son los procesos biológicos que se desarrollan en el suelo, esta actividad es responsable de la producción de sustancias orgánicas que las plantas utilizan. Además de las bacterias y de otros organismos fijadores simbióticos o libres de bacterias y nitrógeno, cada vez se conoce más acerca del papel de los hongos asociados a las raíces de las plantas llamados Micorrizas, que aumentan el área de absorción de diversos minerales del suelo, tales como Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), etc” (Ochoa Morales & Urroz Gutiérrez, 2011, p. 3).

2.3.3. Relación C/N

“La Relación C/N es un índice de la calidad del sustrato orgánico del suelo. Indica la tasa de nitrógeno disponible para las plantas; valores altos implican que la materia orgánica se descompone lentamente, ya que los microorganismos inmovilizan el nitrógeno, por lo que no puede ser utilizado por los vegetales; en cambio, valores entre 10 y 14 corresponden a una mineralización y ruptura de tejidos rápida, ya que la actividad microbiana se estimula, hay nutrientes suficientes para los microorganismos y para los vegetales. Además, la Relación C/N de bacterias y hongos del suelo es menor a 15, lo que implica que con valores bajos de C/N los microorganismos serán más eficientes en la descomposición de la materia orgánica” (Gamarra Lezcano et al., 2017, p. 7).

2.3.4. Influencia de las características fisicoquímicas sobre la respiración del suelo

“Las características tanto físico y químicas del suelo son tan influenciadas, que la respiración decrece al aumentar la intensidad de uso, la cantidad y la calidad de la materia orgánica edáfica juegan un rol fundamental en el funcionamiento y la sustentabilidad de los suelos debido a que impacta significativamente sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo” (Di Ciocco et al., 2014, p. 82). La correlación de la respiración edáfica con las propiedades fisicoquímicas es distinta en todos los suelos, la cual puede deberse a las condiciones edafoclimáticas de cada lugar.

2.3.5. Suelos presentes en la parroquia San José de Poaló

El suelo es un componente esencial del sistema de producción, que influye en la calidad y la productividad de la agricultura y en su relación con el cambio climático, (Muhammad, 2015, p. 9).

2.3.5.1. Suelo agropecuario

Los suelos presentes en la parroquia San José de Poaló usados en el sector agropecuario tienen una superficie de 2247.39 ha, es decir, el 13.76% de la superficie total de la parroquia. Y un 34.26% de total de la zona agropecuaria corresponde a una superficie agrícola compuesta por papas, habas, mellocos y otros cultivos, (PDyOT, 2020, p. 125). También se espera que en 2030 se forme una región agrícola basada en el uso equilibrado y racional de los recursos naturales. Además de promover el desarrollo socioeconómico y mejorar la educación y la salud, (PDyOT, 2020, p. 245)

2.3.5.2. Suelo de herbazal de páramo

Este tipo de suelo se encuentra en lo más alto de la región, a una altitud de 3300 a 4100 msnm, y está constituido por una vegetación denominada Tribu *Bambusoideae* que alcanza hasta los 3 metros de altura. Este cultivo es autóctono de esta región porque logra desarrollarse en laderas de la Cordillera Real Oriental con elevada humedad. Además de ser el ecosistema con mayor extensión de la parroquia, representando el 59.18% de la superficie total, (PDyOT, 2020, p. 70); y el ecosistema más extenso a nivel nacional, (Terán-Valdez et al., 2019, p.5).

2.3.5.3. Suelo de herbazal inundable de páramo

Estos suelos se encuentran en una altitud que varía entre 3300 hasta los 4500 msnm. Son ecosistemas de llanura aluvial en el que existen cuerpos de agua con zonas susceptibles de inundación de tierra, como también suelos inundables (turberas y pantanos), este tipo de suelo tiene en común la humedad y la *Sphagnum Magellanicum*, (MAE, 2013, p. 144; Zurita, Velasco & Lisintuña, 2020, p. 87) . Además de existir cojines flotantes, (Lozano et al., 2021, p. 326).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo mixto, es decir, cualitativo y cuantitativo ya que se hace uso de información de la zona de estudio y de las áreas circundantes en donde se tomó muestras de campo para los análisis in situ y laboratorio, según el objetivo es aplicable puesto que se enfoca en la cuantificación de la respiración edáfica, el nivel de profundización del objetivo es descriptivo ya que analiza la influencia de la humedad y las características fisicoquímicas sobre la respiración de suelos y se determinó el índice carbono-nitrógeno en los agroecosistemas, según la manipulación de variables es no experimental, sin embargo, se relaciona las actividades antropogénicas con la calidad del suelo de hoy en día en la zona de estudio, según el tipo de inferencia es deductiva y según el periodo temporal es transversal.

3.2. Nivel de investigación

La evaluación de la actividad microbiana mediante la cuantificación de la respiración edáfica en la parroquia san José de Poaló, provincia de Tungurahua es una investigación de nivel correlacional, puesto que se analizó la influencia de la humedad y las características fisicoquímicas sobre la respiración de suelos de la parroquia.

3.3. Diseño de investigación

El trabajo de investigación es no experimental, puesto que no se manipularon las variables independientes para medir causas-efectos de la variable dependiente, sino más bien se realizaron análisis del entorno.

3.3.1. *Según la manipulación o no de la variable independiente*

- Actividad microbiana
- Humedad
- Temperatura
- Densidad
- Textura

- pH
- Conductividad eléctrica
- Índice mejorado de vegetación (EVI)

3.3.2. Según las intervenciones en el trabajo de campo

- Respiración del suelo
- Relación carbono-nitrógeno

3.4. Tipo de estudio

El estudio fue retrospectivo al momento de identificar las variables

3.5. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la población

3.5.1. Localización de estudio

La parroquia San José de Poaló se encuentra ubicada al norte del cantón Santiago de Píllaro, perteneciente a la provincia de Tungurahua a una altura de 3100 msnm. (PDyOT, 2020, p. 30). Parroquia que la define por un clima frío, con una temperatura promedio de 9° a 18° C, sin embargo, en algunos meses las temperaturas bajan excesivamente respecto a la temperatura promedio, (GADPR-SJP, 2019).

La parroquia es reconocida por su gran biodiversidad y debido a su ubicación en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Llanganates. El mismo que tiene 6 ecosistemas, Arbustal siempreverde y Herbazal del páramo, Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, Bosque y arbustal semideciduo del norte de los Valles, Herbazal del páramo, Herbazal inundable del páramo, incluyendo la tierra agropecuaria, (PDyOT, 2020, p.70). Como también dentro de la parroquia predomina el tipo de suelo franco arenoso, (GADPR-SJP, 2019).

Sin embargo, el (PDyOT, 2020, p.30) hace mención que el 65.78% de la población de la parroquia está dedicada a la agricultura y a la crianza de animales. Como también hace referencia que existen 2126 habitantes, de los cuales el 48,68% corresponde a la población masculina y el 51,32% a la población femenina, los mismo que contribuyen al desarrollo socioeconómico.

Tabla 1-3: Ubicación de la parroquia San José de Poaló

Ubicación de la parroquia San José de Poaló	
Provincia	Tungurahua
Parroquia	San José de Poaló
Población	2126 habitantes
Extensión	163,283 km ²
Límites	<p>Norte: Limita con la parroquia San Miguel, cantón Salcedo y con las provincias de Cotopaxi y Napo.</p> <p>Sur: Parroquia Marcos Espinel y con la cabecera cantonal del cantón Santiago de Píllaro.</p> <p>Este: Parroquia Talag, cantón Tena y la provincia de Napo.</p> <p>Oeste: Limita con la parroquia San Miguel, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, parroquia San Andrés y el cantón Píllaro.</p>
Altitud	2900 – 4300 msnm
Clima	Clima ecuatorial mesotérmico y de alta montaña (frio)
Temperatura	Temperatura promedio de 5° a 12° C.
Ubicación geográfica	Coordenadas UTM: X:781368 Y:9878550

Fuente: (PDyOT, 2020, p.30)

Realizado por: Gutiérrez Gaviláñez, Jenny, 2022.

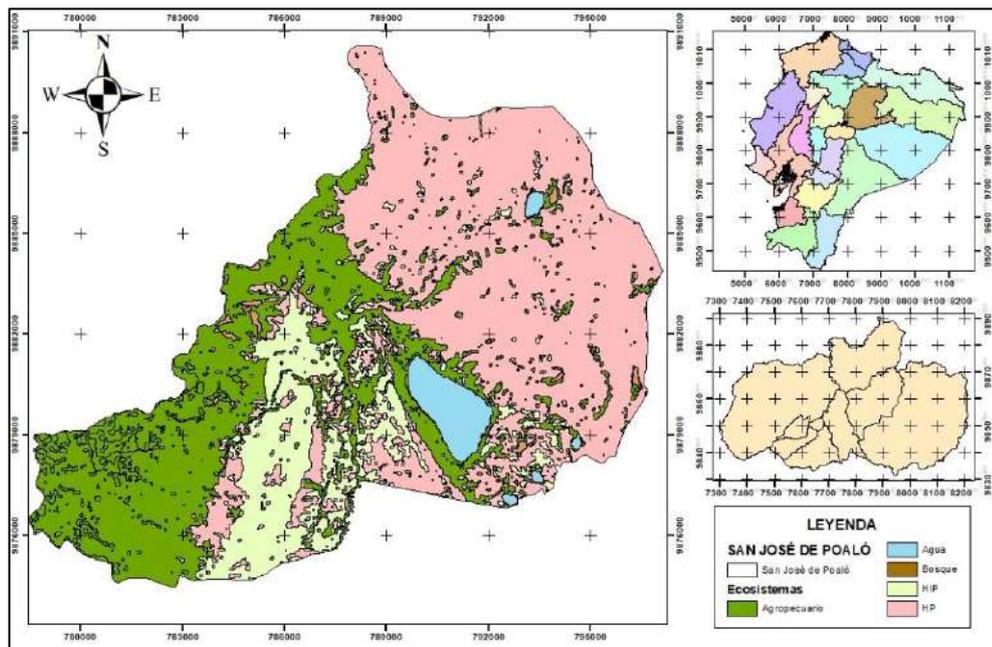


Figura 1-3: Mapa de ubicación y ecosistemas

Fuente: Bravo Cinthya, 2021

Realizado por: Gutiérrez Gaviláñez, Jenny, 2022.

3.5.2. Población de estudio

La población de estudio se consideró la parroquia San José de Poaló, donde existen aproximadamente 2126 habitantes, según el pronóstico (INEC, 2020). Y una extensión de 163,283 km².

3.5.3. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se consideró 3 ecosistemas dentro de la parroquia San José de Poaló, los cuales tienen diferentes usos de suelo, mismos que son: Herbazal del páramo, Herbazal inundable del páramo y tierra agropecuaria.

3.5.4. Selección de la muestra

La selección de la muestra se dio según los diferentes usos de suelo, 2 transectos con 3 puntos de muestreos en los suelos agropecuarios, 2 transectos en los suelos de herbazal de páramo y 1 transecto en los suelos del herbazal inundable de páramo. Transectos lineales determinados mediante ArcGIS.

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.6.1. Fase de campo

3.6.1.1. Índice de Vegetación Mejorado (EVI)

Para la obtención de las imágenes satelitales se hizo uso de EarthExplorer de la página USGS, donde el primer paso fue la creación de la cuenta con los datos personales. Una vez creada la cuenta, se seleccionó el área de interés mediante un polígono, además de seleccionar; conjunto de datos, Landsat, colección Landsat 1, Colección Landsat 1 Nivel-1, Landsat 8 OLI/TIRS C1 Nivel-1, resultados. De las imágenes mostradas se escogió la imagen con menor densidad de nubes y del año 2021 y se procedió a descargar en formato zip.

- En ArcGIS, se agregó el mapa del área del estudio
- Se añadió las bandas 2, 4 y 5 que son esenciales para aplicar la fórmula del EVI
- Se cortó la banda 2, 4 y 5 en base al área de interés con la herramienta ArcToolBox, seguido de Spatial Analyst Tools, Extraction, Extraction by Mask.

- Se aplicó la fórmula del EVI usando las herramientas Spatial Analyst Tools, Map Algebra, Raster Calculator.

$$EVI = 2.5 * \frac{NIR - RED}{NIR + 6 * RED - 7.5 * BLUE + 1} \quad (5)$$

Donde

BLUE= Banda 2

RED= Banda 4

NIR= Banda 5

Fuente: (Huete & Liu, 1995, pp. 457-465)

El EVI generado se lo reclasificó usando la herramienta ArcToolBox y posterior a ello, Spatial Analyst Tools, Reclass, Reclassify. Que en este caso es “Suelo con cobertura vegetal” y “Suelo sin cobertura vegetal”

3.6.1.2. Determinación de Isotermas

Para la determinación de isotermas se agregó el sitio de interés y las estaciones meteorológicas para utilizar las temperaturas promedio. Además, se utilizó la herramienta ArcToolBox, posterior Spatial Analyst Tools, Interpolation, spline donde se ingresó las estaciones de temperatura promedio de la parroquia. Finalmente se ingresó a la opción de Environment Settings, Processing Extent y Same as layer.

3.6.1.3. Identificación de ecosistemas

Se identificó los diferentes ecosistemas existentes en la parroquia San José de Poaló, con la ayuda del software ArcGIS. De igual manera se conoció la extensión de cada uno de ellos y sobre todo el suelo agropecuario que es de mayor interés debido a su grado de intervención por diversos cultivos.

3.6.1.4. Diseño de muestreo

Para la estimación de los puntos de muestreo se determinó las coordenadas mediante el software ArcGIS, donde se dispuso de 5 transectos lineales, con 3 puntos de muestreo respectivamente. Una vez determinados los puntos de muestreo se hizo uso de GPS para la localización de cada coordenada para la toma de la muestra in situ. Donde las muestras fueron identificadas con TR,

el número de transecto y las iniciales del ecosistema, TR1-HIP (Transecto 1 de Herbazal Inundable del Páramo), TR1-HP (Transecto 1 del Herbazal de Páramo), TR2-HP (Transecto 2 del Herbazal de Páramo), TR1-AGRO (Transecto 1 Agropecuario) y TR2-AGRO (Transecto 2 Agropecuario).

3.6.1.5. Método para la toma de muestras

Para la determinación de la respiración edáfica, pH, conductividad, carbono y nitrógeno la muestra fue tomada a una profundidad de 0-30 cm con ayuda de herramientas como pala de mano o barreno. Para ello, se retiró inicialmente la cobertura vegetal, posteriormente se realizó un hueco de aproximadamente 30 cm para ahí recién tomar la muestra correspondiente y colocarla en las fundas ziploc previamente etiquetadas, una vez finalizado la recolección de muestras de cada transecto, una proporción de las mismas fueron mezclas hasta formar una muestra compuesta para la determinación de la respiración. Mientras que para la determinación de la humedad y densidad se tomó la muestra en un cilindro con sus respectivas dimensiones para su posterior cálculo. La metodología para la toma de muestra en los cilindros consistió en colocar el cilindro de forma horizontal sobre el suelo y girar haciendo presión hasta que el cilindro quedara completamente lleno de tierra, se lo retiraba y era sellado con plástico film con el fin de conservar la humedad del suelo.

Finalmente, las muestras fueron llevadas al laboratorio del GIDAC para la determinación concerniente.

3.6.2. Fase de laboratorio

3.6.2.1. Preparación de reactivos

Solución 1 M de NaOH

La solución de hidróxido de sodio se preparó haciendo uso de ampollas de hidróxido al 0.5 M para un litro.

- Al ser las ampollas de 0.5 M para un litro, se diluyó el hidróxido en 500 ml para generar una solución a una concentración de 1 M.
- Finalmente, se conservó en una botella plástica previamente rotulada.

Solución 0.2174 M de HCl

Se necesitó preparar una solución al 0.2 M, de un ácido concentrado. Para ello, se inició con el cálculo del volumen del ácido para generar una dilución en 500 ml.

- Se agregó un aproximado de 100 ml de agua destilada en el balón de aforo con el fin de generar una cama de agua para evitar cualquier reacción al momento de añadir el ácido.
- Se colocó un volumen aproximado al calculado del ácido concentrado en un vaso de precipitación.
- Una vez el ácido se encontraba en el vaso de precipitación, se pipeteó un volumen de 8,06 ml de HCl con una pipeta graduada.
- Se vertió el ácido en el balón de aforo previamente preparado con la cama de agua.
- Se agitó y se añadió agua destilada suficiente hasta un aproximado de 450 ml.
- Se aforó a los 500 ml con una pipeta y se la conservó en una botella ámbar.

Una vez preparada la solución se realizó un nuevo cálculo para conocer la concentración real de la solución titulando con carbonato de sodio (Na_2CO_3), como se muestra en los siguientes pasos.

- Se pesó 1.1704 g de Na_2CO_3 con una concentración inicial de 0.05 M
- Se mezcló el carbonato de sodio en 10 ml de agua destilada
- Se agitó hasta que estaba completamente homogenizado y no se observara ninguna partícula de carbonato.
- Se tituló el HCl gastando un volumen de 2.3 ml de los 10 ml preparados inicialmente de Na_2CO_3 .
- Determinando así que la concentración real del HCl fue de 0.2174 aplicando la siguiente fórmula.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \quad (6)$$

Donde

C_1 = Concentración inicial (M)

V_1 = Volumen inicial (ml)

C_2 = Concentración final (M)

V_2 = Volumen final (ml)

Solución 1.25 M de BaCl_2

La solución de cloruro de bario no se preparó ya que había disponibilidad del reactivo de trabajos de titulación previamente realizados.

3.6.2.2. *Cuantificación de la respiración edáfica por el método de Anderson (1982).*

Para la cuantificación de la respiración edáfica (CO₂) se siguió la metodología de Anderson (1982). Sin embargo, la metodología varió en los diferentes suelos, real y seco como se detalla a continuación:

Cuantificación de la respiración edáfica en suelo real

- Para la determinación de la respiración edáfica en el suelo real se mezcló una proporción del suelo por cada transecto hasta formar una muestra compuesta sin presencia de restos vegetales o basuras.
- Posteriormente se pesó 10 g de suelo de la muestra compuesta previamente homogenizada, generando 3 muestras y un blanco por transecto (método por triplicado).
- Una vez pesado los 10 g, se colocó en los frascos de vidrio, además de un vial con 2 ml de NaOH 1 M para medir la respiración. Mientras que en el blanco solo se colocó el vial con 2 ml de NaOH 1 M.
- Se sellaron los frascos con plástico film, la tapa de rosca y se mantuvo por un tiempo de 5 días.
- Finalmente, pasado los 5 días se procedió a titular los viales, para ello se fue retirando los viales con NaOH uno a uno y añadiendo 800 µl de BaCl₂ 1.25 M para precipitar el CO₂ en forma de BaCO₃ como se muestra en la ecuación (7) y (8).
- Además, se añadió 2 gotas de fenolftaleína y el magneto para homogenizar.
- Se tituló con HCl 0.2174 M hasta que la coloración pasó de fucsia a un color blanquizo o en algunos casos a transparente.
- Se anotó los volúmenes gastados de HCl de los que contenían las muestras de suelos como de los blancos para tener datos de referencia.

Cuantificación de la respiración edáfica en suelo seco

- Para la determinación de la respiración edáfica en el suelo seco se mezcló una proporción del suelo por cada transecto hasta formar una muestra compuesta sin presencia de restos vegetales o basuras.
- El suelo se extendió sobre papel de empaque para secar durante dos días (48 hrs) a temperatura ambiente en el laboratorio.
- Pasado los dos días se pesó 10 g de suelo de la muestra compuesta (seca), generando 3 muestras y un blanco por transecto (método por triplicado).
- A las tres muestras generadas se les agregó 2 ml de agua destilada para hidratar el suelo.

- Las muestras fueron colocadas en los respectivos frascos de vidrio previamente etiquetados.
- Se colocaron los viales con 2 ml de NaOH 1 M en los frascos con suelo y en el blanco para tener de referencia.
- Se sellaron los frascos con plástico film, la tapa de rosca y se mantuvo por un tiempo de 5 días.
- Pasado los 5 días se procedió a titular los viales, para ello se fue retirando los viales con NaOH uno a uno y añadiendo 800 μ l de BaCl₂ 1.25 M para precipitar el CO₂ en forma de BaCO₃ como se muestra en la ecuación (7) y (8).
- Además, se añadió 2 gotas de fenolftaleína y también el magneto para homogenizar.
- Se tituló con HCl 0.2174 M hasta que la coloración pasó de fucsia a un color blanquizo o casi transparente.
- Se anotó los volúmenes gastados de HCl de los que contenían las muestras de suelos como de los blancos para tener datos de referencia.



Figura 2-3: Titulación con HCl

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

3.6.2.3. Cuantificación de la respiración edáfica por OxiTop

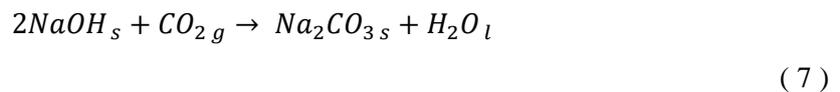
Para la cuantificación de la respiración del suelo real se usó el mismo tipo de suelo previamente homogenizado, pero en mayor proporción y por duplicado.

- Se inició configurando los OxiTop para que midan la respiración en un tiempo de 5 días.
- Se pesó 300 gramos por muestras compuestas y se colocó dentro de los frascos de vidrio.
- Debajo del cabezal del OxiTop se colocó los viales con 30 ml de NaOH y se procedió a sellar con las pinzas para evitar que ingrese oxígeno e interfiera en los resultados.
- Por último, se dio marcha a los equipos y se esperó los 5 días correspondientes, obteniendo como resultado un valor promedio por día.

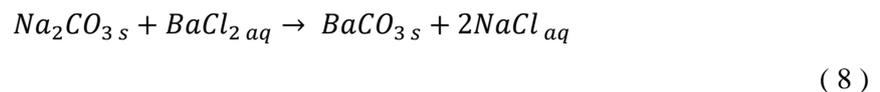
Mientras que para la determinación de la respiración del suelo seco se usó el suelo anteriormente seco y al momento de colocarlo dentro de los frascos se le añadió 30 ml de agua destilada para hidratar el suelo.

3.6.2.4. Reacciones generadas durante la respiración

Según el principio de (Pell, Stenstrom & Granhall 1959, p. 120); durante el encapsulamiento del suelo se produce CO₂ como resultado de la respiración, CO₂ que reacciona con el NaOH del vial produciendo así el carbonato de sodio más agua como se muestra en la ecuación, disminuyendo la presión existente en el envase. Y al finalizar la reacción el OH⁻ que no fue consumido durante la reacción se titula con el HCl.



Mientras que, al añadir el cloruro de bario en el vial precipita el CO₂ consumido en la primera etapa para formar el carbonato de bario y el CO₂ es sujeto a medición.



3.6.2.5. Cálculo para la determinación de la respiración por el método de Anderson (1982)

En el método de Anderson (1982) interviene el peso del suelo real y seco, la molaridad en que se trabaja con el NaOH y el HCl, el factor de humedad, factor de molaridad del NaOH y del HCl, etc. Mismos que se detallan a continuación:

Peso del suelo (g)

Se registró los pesos exactos medidos en la balanza analítica para colocarlos en los frascos de vidrio.

Factor de humedad

La muestra de suelo fue secado a 105 °C durante 24 horas para la determinación del factor de humedad, para ser expresado de la siguiente manera:

$$fh = \frac{P_{ss\ 105\ ^\circ C}}{P_{ss\ aire}} \quad (9)$$

Donde

fh= Factor de humedad

P_{ss 105 °C}= Peso del suelo secado a 105 °C

P_{ss aire}= Peso del suelo al aire

Molaridad del NaOH

La molaridad del NaOH (hidróxido de sodio) fue de 1 M como lo indica la guía.

Factor de molaridad para el NaOH

Para la determinación del factor de molaridad del NaOH se multiplica el volumen promedio de HCl consumido en la muestra del blanco para cada suelo, con su molaridad, el factor de molaridad de HCl y se divide por el volumen del NaOH colocado en el vial, multiplicado por la molaridad de la concentración de NaOH; como se muestra en la ecuación:

$$f_{NaOH} = \frac{Prom.v\ blanco\ HCl * M_{HCl} * f_{HCl}}{V_{NaOH\ vial} * M_{NaOH}} \quad (10)$$

Donde

f_{NaOH}= Factor de molaridad

Prom.v_{blanco HCl}= Volumen promedio de HCl consumido en las muestras del blanco (ml)

M_{HCl}= Molaridad del ácido clorhídrico ($\frac{mol}{l}$)

f_{HCl}= Factor de molaridad del ácido clorhídrico

V_{NaOH vial}= Volumen del NaOH colocado en el vial (ml)

M_{NaOH}= Molaridad del NaOH ($\frac{mol}{l}$)

Molaridad del HCl

La preparación de la molaridad inicial para el ácido clorhídrico fue de 0.2 M, misma que se la comprobó con Na₂CO₃ para determinar la concentración real, siendo 0.2174 M el valor con el que se trabajó en toda la investigación.

Factor de molaridad del HCl

Para obtener el factor de molaridad, se debe tener en cuenta que al no ser el HCl un estándar primario, no se puede conocer con precisión su concentración durante la preparación de la solución, por lo que es necesario normalizarla frente al estándar primario. Entonces, en nuestro ejemplo, la relación es 1.017.

Una vez registrados todos los valores necesarios se realizó los siguientes cálculos:

- Peso del suelo seco, haciendo uso del factor de humedad antes calculado. Mientras que, para el suelo real no se realizó ningún cálculo ya que no se sometió a ningún pre-secado.

$$P_{ss} = \text{Peso suelo (g)} * fh \quad (11)$$

Donde

P_{ss} = Peso del suelo seco (g)

f_h = Factor de humedad

- Se calculó los mmoles de NaOH iniciales, junto el factor de molaridad usando la siguiente ecuación:

$$mmol NaOH_{iniciales} = M_{NaOH} * 2 ml * f_{NaOH} \quad (12)$$

Donde

$mmol NaOH_{iniciales}$ = Milimoles iniciales de NaOH

M_{NaOH} = Molaridad del NaOH ($\frac{mol}{l}$)

f_{NaOH} = Factor de molaridad del NaOH

- El volumen registrado de HCl durante la titulación inversa se usó para el cálculo de los mmoles de HCl consumidos, haciendo la siguiente ecuación:

$$mmol_{HCl} = M_{HCl} * f_{HCl} * V_{Titulación} \quad (13)$$

Donde

$mmol_{HCl}$ = mmoles consumidos de HCl

M_{HCl} = Molaridad del HCl ($\frac{mol}{l}$)

f_{HCl} = Factor de molaridad del HCl

$V_{Titulación}$ = Volumen de HCl gastado en la titulación (ml)

- Se calculó los mmoles de NaOH que reaccionaron con el CO₂, durante la incubación:

$$mmol NaOH - CO_2_{reacción} = mmol NaOH_{iniciales} - mmol HCl_{consumidos} \quad (14)$$

- El CO₂ producido se calculó mediante la diferencia entre los mmoles de NaOH y el CO₂ que reaccionó, dividido para el número total de mmoles de NaOH iniciales como se muestra en la siguiente ecuación:

$$mmol CO_2_{producido} = \frac{mmol NaOH * CO_2_{reacción}}{mmol NaOH_{iniciales}} \quad (15)$$

Finalmente, se obtuvo la masa de C-CO₂ como se muestra en la ecuación:

$$\frac{masa C - CO_2}{g \text{ de suelo}} = \frac{mmol CO_2_{producido} * 12}{Pss} \quad (16)$$

Donde

$mmol CO_2_{producido}$ = Milimoles de CO₂ producido después de la reacción

Pss = Peso del suelo seco

12= Representa 1 mmol de CO₂ que contiene 12 mg de carbono

Finalmente, los valores fueron reemplazados en la formula siguiente:

$$RE = \frac{Mc * (V_b - V_t) * C_t}{Ms * t * 2} 10^3 \quad (17)$$

Donde

RE = Respiración edáfica (g de C-CO₂ por gramo de suelo hora)

Mc = Peso molecular del carbono (g/mol)

V_b = Volumen de HCl consumido durante la titulación del blanco (ml)

V_t= Volumen de HCl consumido durante la titulación de las muestras (ml)

C_t= Concentración de HCl

M_s= Peso de la muestra de suelo (g)

t= Tiempo de incubación (h)

2= factor estequiométrico

3.6.2.6. Cálculo para la determinación de la respiración por OxiTop

A diferencia de los cálculos anteriores, los cabezales de OxiTop recopilan los datos arrojados durante los días de incubación y los procesa directamente, para después ser usados en la determinación de la respiración del suelo en gramos de CO₂ por gramos de suelo analizado, (Huanca, 2015, p.52).

- Se realizó el cálculo de la respiración haciendo uso la siguiente ecuación:

$$RE = \frac{M(CO_2)}{R * T} * \frac{V_{fr}}{m} * \Delta p \quad (18)$$

Donde

RE= Respiración del suelo (g de CO₂/g suelo)

M (CO₂)= Masa molecular (g/mol)

R= Constante de los gases ideales ($0.08206 \frac{atm * L}{mol * ^\circ K}$)

T= Temperatura (°k)

V_{fr}= Volumen libre (0.72L)

m= Masa del suelo (g)

Δp= Diferencia de presión producida durante la medición del cabezal (atm)

Fuente: (Harald, 1999, pp. 13-14)

Cabe mencionar que el valor del volumen libre es proporcionado por Harald (1999), puesto que se siguió la metodología de usar 300 g de suelo y 30 ml de NaOH en un frasco de 960 ml y por tanto se estima que el espacio libre entre el suelo y el cabezal es de 0.72 L.

3.6.2.7. Análisis de parámetros fisicoquímicos del suelo

Determinación del potencial de hidrógeno (pH):

El pH del suelo se midió en laboratorio y consistió en:

- Pesar 20 g de suelo en la balanza analítica previamente calibrada.
- Se colocó el suelo en un vaso desechable previamente rotulado.
- Con la ayuda de un vaso de precipitación se añadió un volumen de 30 ml de agua destilada.
- Se agitó con una varilla durante 5 minutos y se dejó reposar por unos 3 minutos.
- Se procedió a medir el pH con un pHmetro del modelo Accumet Fisher Scientific – AB150, en el que consistió en enjuagar el electrodo con agua destilada para limpiar impurezas y finalmente se introdujo el electrodo en el vaso para conocer el valor de pH en la solución, como se muestra en la figura 3-3.



Figura 3-3: Medición de pH

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Conductividad eléctrica (CE):

La conductividad eléctrica se midió de la solución preparada para la medición del pH, que consistió en:

- Pesar 20 g de suelo en la balanza analítica previamente calibrada.
- Se colocó el suelo en un vaso desechable previamente rotulado.
- Con la ayuda de un vaso de precipitación se añadió un volumen de 30 ml de agua destilada.
- Se agitó con una varilla durante 5 minutos y se dejó reposar 24 horas.
- Pasado las 24 horas se calibró el conductímetro Hach 51800 – 10sensION 5.
- Se agitó las soluciones y se introdujo el electrodo para tomar la medición y anotar el valor.

Color

La determinación del color al ser importante para conocer los componentes sólidos del mismo se la realizó por el sistema de Munsell que consiste en una tabla compuesta por hojas, donde cada una de ellas representa una placa o “chips” que tiene un matiz “hue” en la parte superior derecha.

Hoja que contiene un sinnúmero de colores con divisiones de claridad “values” de forma vertical y pureza “chroma” de forma horizontal, (Domínguez et al. 2012, pp. 141-145).

La metodología aplicada fue la siguiente:

- El suelo se dejó secar sobre papel de empaque hasta que pierda la humedad, alrededor de 2 a 3 días.
- Una vez el suelo estuvo seco, se cortó un pedazo de hoja de papel.
- Se tomó aproximadamente 30 g de suelo y se lo colocó sobre la hoja de papel, esparciéndolo para una mejor determinación.
- Las hojas del sistema de Munsell fueron retiradas de la libreta para una mejor manipulación.
- Las hojas se colocaron sobre el suelo una a una hasta encontrar el color preciso del suelo.
- Se anotó el color y el número de hoja al que pertenecía.

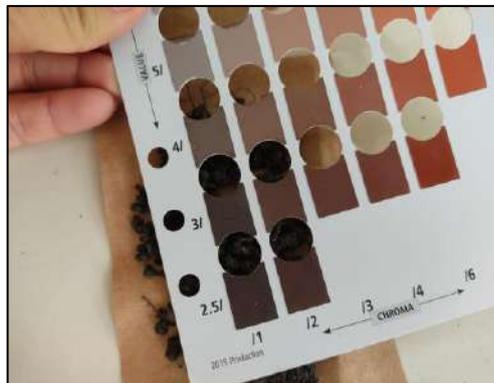


Figura 4-3: Determinación del color por Munsell

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Textura

Para la determinación de la textura por tacto se siguió la metodología de (Nadal, 1978; Escuredo ET AL., 1983; Del Carmen, 1984; Hereter ET AL., 1988), que se describe en el gráfico 1-3.

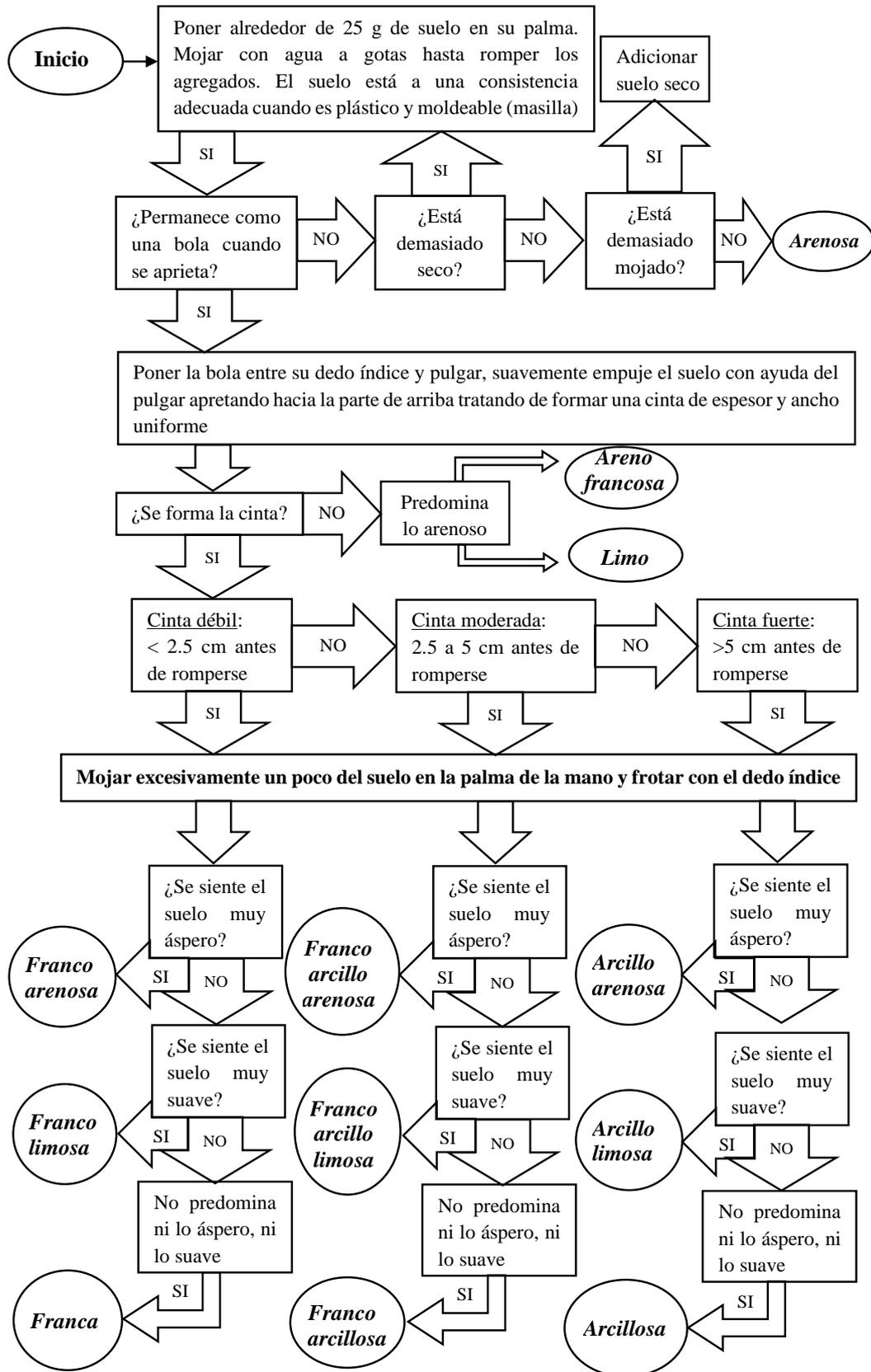


Gráfico 1-3: Guía para la determinación de textura por tacto

Fuente: (Thien, 1979, pp. 54-55)

Realizado por: Gutiérrez Gaviláñez, Jenny, 2022.



Figura 5-3: Determinación de textura

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Determinación la humedad y densidad

La determinación de la humedad y densidad se realizó de las mismas muestras de suelo y en el laboratorio de investigación.

- Se inició pesando los recipientes de aluminio vacíos.
- Se retiró la muestra del cilindro con ayuda de una varilla.
- Se las colocó en recipientes de aluminio y se pesó.
- Las muestras fueron ingresadas a la estufa y se programó a 105 °C durante 48 horas.
- Pasado las 48 horas, las muestras se sacaron de la estufa y se las colocó en un desecador por unos minutos.
- Finalmente se pesó las muestras secas y se restó el peso de los recipientes para la aplicación de la fórmula.

Para el cálculo de la densidad se tomó las dimensiones del cilindro, diámetro y largo para determinar el volumen de cada uno de los cilindros y determinar el cálculo de la densidad (masa/volumen).



Figura 6-3: Secado de muestras en la estufa

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Determinación C/N

El carbono y nitrógeno totales se lo determinó por el método de Dumas en un equipo de Analizador Elemental. El método consistió tamizar las muestras de suelo en un tamizador de 120 μm , posterior al tamizado se pesó un aproximado de 10 a 20 μg en una microbalanza. Finalmente, se ingresaron las muestras al Dumas que combustiona las muestras a elevadas temperaturas y suministrándole oxígeno controlado como agente oxidante. Este método se desarrolla en 4 etapas, la primera se produce la incineración de la muestra a una temperatura de 900 $^{\circ}\text{C}$ con la presencia de oxígeno controlado. La segunda etapa de reducción, el óxido nítrico producido durante la primera etapa es reducido por el nitrógeno molecular. La tercera etapa de purificación, dentro de esta etapa se remueven las interferencias como haluros de hidrógeno y óxidos de azufre mediante absorbentes como tungsteno, (Gregorio et al. 2016, p. 3). Como consecuencia, se determinó el carbono y nitrógeno totales.



Figura 7-3: Tamizado de muestras

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

3.6.3. Fase de análisis de datos

Para los puntos de muestreo se hizo uso de Excel para una mejor organización de los datos, mientras que para la determinación de la correlación de la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas se usó del análisis de correlación de Pearson mediante el programa IBM SPSS Statistics versión 25 para determinar el nivel de significancia para cada correlación. Mientras que, para correlacionar las propiedades fisicoquímicas con la densidad, humedad y altura se usó el software ArcGIS.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Determinación de los usos de suelo y la zona de estudio

Con la ayuda del software ArcGIS versión 10.8 se identificó los diferentes tipos de ecosistemas presentes en la parroquia San José de Poaló, de igual manera el área en hectáreas y en porcentaje (%).

Para la toma de muestras se consideró el área de los ecosistemas, al ser el ecosistema herbazal del páramo más extenso representando el 48% del área total se realizó dos transectos llamados TR1-HP de color amarillo y TR2-HP de color verde; así mismo en el sector agropecuario ya que representa el 33% del área total de la parroquia, transectos llamados TR1-AGRO de color azul y TR2-AGRO de color naranja. Mientras que, en el ecosistema herbazal inundable del páramo solo se realizó un transecto llamado TR1-HIP con puntos de color rojo debido a su extensión, y en este caso el bosque y el agua no fueron considerados en la investigación.

Tabla 1-4: Ecosistemas en hectáreas de la parroquia San José de Poaló

Ecosistemas	Área (ha)	%
Herbazal inundable del páramo	2334	15
Herbazal del páramo	7555	48
Agropecuario	5273	33
Bosque	130.716	1
Agua	468.300	3
Total	15761.016	100

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

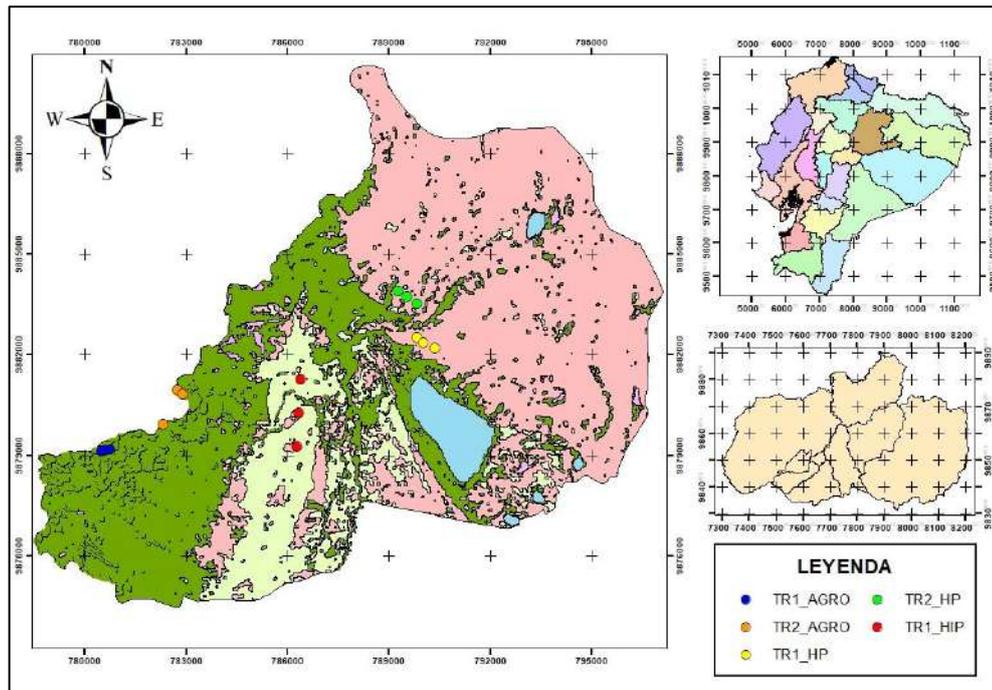


Figura 1-4: Distribución de puntos de muestreo

Fuente: Bravo Cinthya, 2021

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

4.2. Determinación del índice mejorado de vegetación (EVI)

Mediante el uso de imágenes satelitales obtenidas de EarthExplorer Landsat 8 OLI/TIRS C1 Nivel-1 y procesadas mediante ArcGIS versión 10.8 se realizó el índice mejorado de vegetación con dos tipos de variables, suelo con cobertura vegetal y suelo sin cobertura vegetal, en la cual se puede denotar que existe mayor extensión de suelo con cobertura vegetal, sin embargo, no difiere significativamente como se muestra en el mapa siguiente:

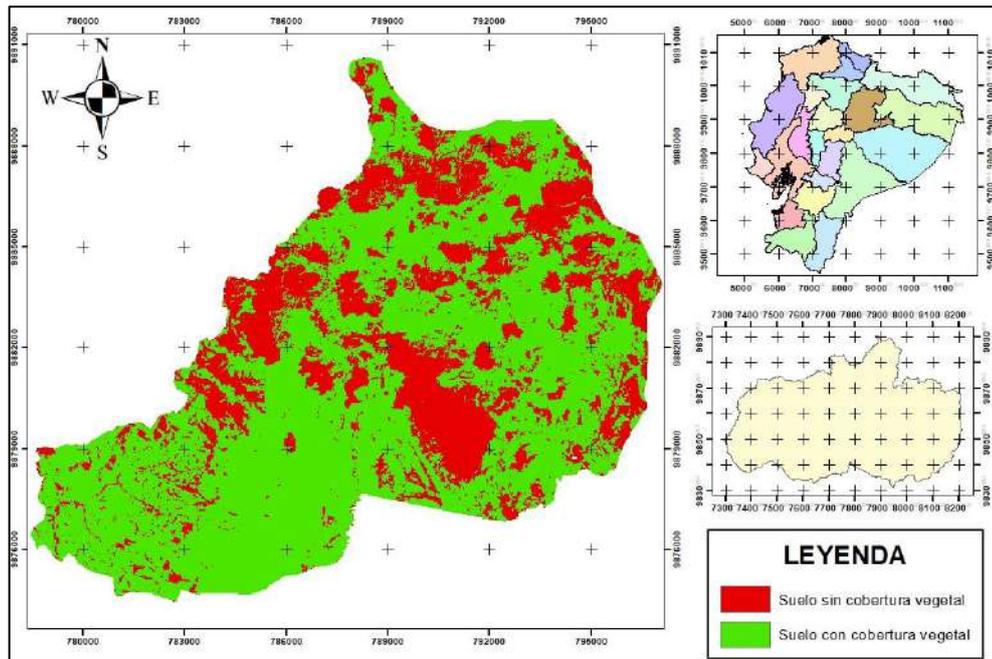


Figura 2-4: Mapa de índice mejorado de vegetación (EVI)

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

4.3. Determinación de Isotermas

De igual manera para la realización del mapa de Isotermas se usó el software ArcGIS versión 10.8, en el que se agregó las estaciones meteorológicas más cercanas para utilizar las temperaturas promedio.

Finalmente se determinó que existe una temperatura promedio máxima de 11.68 °C hacia la parte suroeste y una temperatura promedio mínima de 6.96 °C hacia la parte noroeste como se muestra en la figura 3-4.

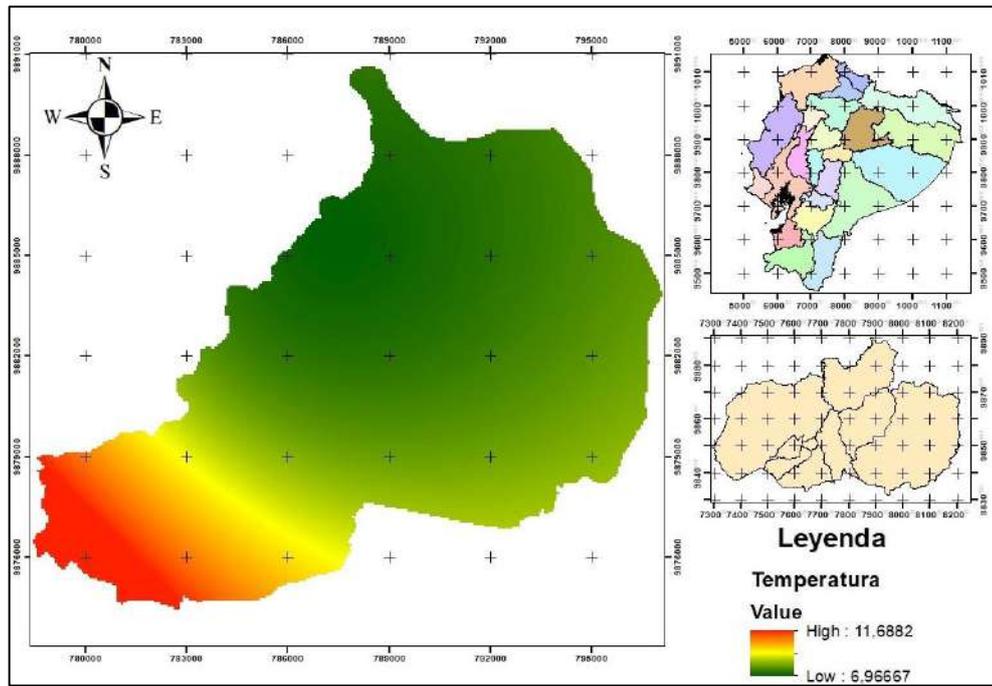


Figura 3-4: Mapa de Isothermas

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

4.4. Evaluación de la actividad microbiana mediante la respiración edáfica

La evaluación de la actividad microbiana se la estimó mediante el método de Anderson (1982) y por los cabezales de OxiTop en los diferentes usos del suelo de la parroquia San José de Poaló. Sin embargo, las tablas fueron realizadas acorde al suelo real o seco y al método utilizado.

4.4.1. Resultados de respiración edáfica en suelos reales

Tabla 2-4: Resultados de respiración edáfica en suelos reales de la parroquia San José de Poaló por el método de Anderson (1982).

Transectos	Peso del suelo seco (g)	mmol de NaOH iniciales	HCl gastado (ml)	mmol de HCl consumido	mmol de NaOH reaccionado con CO ₂	mmol de CO ₂ producido	HCl gastado blanco (ml)	C-CO ₂ (mg/g)	\bar{X} C-CO ₂ (mg/g)
TR1- HIP	10.029	2	7.4	1.606	0.191	0.096	8.28	0.953	1.791
	10.087	2	6.14	1.332	0.464	0.232	8.28	2.304	
	10.105	2	6.31	1.369	0.428	0.214	8.28	2.117	
TR1-HP	10.044	2	7.55	1.638	0.122	0.061	8.11	0.605	0.805
	10.088	2	7.01	1.521	0.239	0.119	8.11	1.184	
	10.053	2	7.53	1.634	0.126	0.063	8.11	0.626	
TR2-HP	10.012	2	7.48	1.623	0.119	0.060	8.03	0.597	0.517
	10.035	2	7.58	1.645	0.098	0.049	8.03	0.487	

	10.004	2	7.6	1.649	0.093	0.047	8.03	0.467	
TR1- AGRO	10.001	2	9.33	2.025	0.093	0.047	9.76	0.467	
	10.010	2	9.15	1.986	0.132	0.066	9.76	0.662	0.510
	10.009	2	9.39	2.038	0.080	0.040	9.76	0.401	
TR2- AGRO	10.006	2	8.57	1.860	0.258	0.129	9.76	1.291	
	10.036	2	8.45	1.834	0.284	0.142	9.76	1.417	1.417
	10.004	2	8.34	1810	0.308	0.154	9.76	1.541	

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

A partir del método de Anderson se estimó el promedio de C-CO₂ (mg/g) para cada ecosistema en suelo real, dando como resultado una mayor respiración en los suelos del transecto 1 del herbazal inundable del páramo con un valor de 1.791 C-CO₂ mg/g, seguido por el transecto 2 del suelo agropecuario con un valor de 1.417 C-CO₂ mg/g mientras que, en el transecto 1 del suelo agropecuario un valor menor promedio de 0.510 C-CO₂ mg/g.

Tabla 3-4: Resultados de respiración edáfica en suelos reales de la parroquia San José de Poaló por OxiTop.

Puntos	Peso suelo real (g)	Presión (hPa) por días					\bar{X} atm	Masa de C- CO ₂ (mg/g)	\bar{X} C-CO ₂ (mg/g)
		1	2	3	4	5			
TR1-HIP	300.194	14	18	20	23	23	0.019	0.085	0.077
	300.416	11	14	17	19	19	0.016	0.069	
TR1-HP	300.169	20	29	35	40	42	0.033	0.144	0.177
	300.016	23	37	50	61	71	0.048	0.210	
TR2-HP	300.023	18	25	30	33	33	0.027	0.120	0.143
	300.087	21	31	40	47	51	0.038	0.165	
TR1- AGRO	300.053	22	24	22	18	20	0.021	0.092	0.179
	300.037	37	56	67	71	76	0.061	0.266	
TR2- AGRO	300.027	13	13	11	8	10	0.011	0.048	0.054
	300.018	15	16	14	11	14	0.014	0.061	

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

A diferencia del método de Anderson, en el método por OxiTop el valor mayor promedio de respiración fue en el transecto 1 del suelo agropecuario con un valor de 0.179 C-CO₂ mg/g, sin embargo, el transecto 2 del suelo agropecuario presentó una respiración menor respectivamente con un valor de 0.054 C-CO₂ mg/g. Diferencias que pudieron haberse dado por los diferentes cultivos presentes en la zona o de igual manera por las propiedades fisicoquímicas del suelo.

4.4.2. Resultados de respiración edáfica en suelos secos

Tabla 4-4: Resultados de respiración edáfica en suelos secos de la parroquia San José de Poaló por el método de Anderson (1982).

Transectos	Peso del suelo seco (g)	mmol de NaOH iniciales	HCl gastado (ml)	mmol de HCl consumido	mmol de NaOH reaccionado con CO ₂	mmol de CO ₂ producido	HCl gastado blanco (ml)	C-CO ₂ (mg/g)	\bar{X} C-CO ₂ (mg/g)
TR1-HIP	10.007	2	7.89	1.712	0.306	0.153	9.30	1.530	
	10.185	2	6.61	1.434	0.584	0.292	9.30	2.868	2.363
	10.051	2	6.81	1.478	0.540	0.270	9.30	2.690	
TR1-HP	10.028	2	7.53	1.634	0.438	0.219	9.55	2.187	
	10.013	2	7.82	1.697	0.375	0.188	9.55	1.876	2.006
	10.056	2	7.74	1.680	0.393	0.196	9.55	1.954	
TR2-HP	10.035	2	8.18	1.775	0.286	0.143	9.50	1.428	
	10.009	2	8.13	1.764	0.297	0.149	9.50	1.486	1.253
	10.046	2	8.72	1.892	0.169	0.085	9.50	0.843	
TR1-AGRO	10.003	2	9.56	2.075	0.000	0.000	9.56	0.000	
	10.002	2	9.37	2.033	0.041	0.021	9.56	0.206	0.127
	10.008	2	9.40	2.040	0.035	0.017	9.56	0.174	
TR2-AGRO	10.010	2	7.94	1.723	0.352	0.176	9.56	1.757	
	10.005	2	8.64	1.875	0.200	0.100	9.56	0.999	1.295
	10.007	2	8.52	1.849	0.226	0.113	9.56	1.129	

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

En la cuantificación de la respiración en suelos secos por el método de Anderson mantuvo relación con los resultados obtenidos en suelos reales, donde el transecto 1 del herbazal inundable del páramo tuvo un promedio mayor con un valor 2.363 C-CO₂ mg/g, junto con el promedio del transecto 1 del herbazal del páramo con un valor de 2.006 C-CO₂ mg/g, mientras que el transecto 1 del suelo agropecuario tuvo un valor menor de 0.127 C-CO₂ mg/g.

Tabla 5-4: Resultados de respiración edáfica en suelos secos de la parroquia San José de Poaló por OxiTop.

Puntos	Peso suelo seco (g)	Presión (hPa) por días					\bar{X} atm	Masa de C-CO ₂ (mg/g)	\bar{X} C-CO ₂ (mg/g)
		1	2	3	4	5			
TR1-HIP	300.156	19	21	18	14	7	0.016	0.068	
	300.392	73	55	36	21	15	0.040	0.173	0.121
TR1-HP	300.029	19	29	37	37	40	0.032	0.140	
	300.571	22	33	44	46	51	0.039	0.170	0.155
TR2-HP	299.927	2	4	5	3	5	0.004	0.016	0.103

	300.640	26	37	48	51	56	0.043	0.189	
TR1- AGRO	300.203	12	12	9	11	12	0.011	0.049	
	300.442	10	9	6	7	7	0.008	0.034	0.052
	300.115	15	18	15	18	18	0.017	0.073	
TR2- AGRO	300.283	23	26	22	25	25	0.024	0.105	
	300.307	19	18	14	15	15	0.016	0.070	0.139
	300.110	33	50	55	67	73	0.055	0.241	

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Para el método de OxiTop, resultó un valor mayor en el transecto 1 del herbazal del páramo de 0.155 C-CO₂ mg/g, mientras que un valor menor en el transecto 1 del suelo agropecuario de 0.052 C-CO₂ mg/g.

4.5. Resultados de las propiedades fisicoquímicas del suelo

Los resultados de las propiedades fisicoquímicas se las distribuyó en dos tablas como se muestra a continuación:

Tabla 6-4: Resultados de propiedades físicas.

Muestras transectos	Coordenadas		Altitud msnm	Parámetro		
	X	Y		Textura	Color	Densidad (g/ml)
TR1-HIP	786408	9881265	3912	Areno francosa		
	786334	9880253	3923	Areno francosa	7.5YR	0.44
	786288	9879260	3899	Areno francosa		
TR1-HP	789840	9882504	3755	Franco limosa		
	790035	9882354	3743	Franco limosa	10R	0.61
	790369	9882182	3762	Franco limosa		
TR2-HP	789277	9883883	3730	Franco limosa		
	789541	9883734	3714	Franco limosa	5YR	0.59
	789828	9883515	3649	Franco limosa		
TR1-AGRO	780489	9879133	3009	Areno francosa	5YR	
	780613	9879141	3008	Areno francosa	7.5YR	1.12
	780770	9879166	3006	Areno francosa		
TR2-AGRO	782750	9880945	3133	Franco arenosa		
	782892	9880815	3125	Franco arenosa	5YR	0.66
	782313	9879913	3083	Franco arenosa		

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

La textura en el transecto 1 y transecto 2 de los suelos agropecuarios fueron distintas a pesar de ser dos tipos de suelos similares ya que ambos son usados para la agricultura. De igual manera se pudo determinar que el color entre los diferentes puntos del transecto 1 de los suelos agropecuarios fueron diferentes ya que a una altura de 3009 msnm. el color estuvo en la hoja 5YR, mientras que a la altura de 3008 msnm. y 3006 msnm. el color del suelo estuvo en la hoja 7.5YR. Así mismo, la densidad mayor fue en el transecto 1 del suelo agropecuario con un valor de 1.12 g/ml, mientras que la densidad menor fue en el transecto 1 del herbazal inundable del páramo con un valor de 0.44 g/ml.

Tabla 7-4: Resultados de propiedades químicas

Muestras transectos	Coordenadas		Altitud msnm	Parámetro			
	X	Y		pH	Conductividad (mS/cm)	\bar{X} pH	\bar{X} Conductividad
TR1-HP	786408	9881265	3912	7.22	62.6		
	786334	9880253	3923	7.19	53.7	7.20	59.17
	786288	9879260	3899	7.18	61.2		
TR1-HP	789840	9882504	3755	7.11	55.1		
	790035	9882354	3743	6.86	68.6	6.84	65.26
	790369	9882182	3762	6.55	72.1		
TR2-HP	789277	9883883	3730	6.34	63.3		
	789541	9883734	3714	6.28	93.5	6.29	79.7
	789828	9883515	3649	6.25	82.3		
TR1- AGRO	780489	9879133	3009	6.11	98.2		
	780613	9879141	3008	6.60	89.1	6.29	82.8
	780770	9879166	3006	6.16	61.1		
TR2- AGRO	782750	9880945	3133	6.58	54.9		
	782892	9880815	3125	5.86	91.7	6.27	73.73
	782313	9879913	3083	6.36	74.6		

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

En el caso de las propiedades químicas de los suelos de la parroquia San José de Poaló existió un pH mayor de 7.20 en el transecto 1 del herbazal inundable del páramo y un pH menor en el transecto 2 del herbazal del páramo y en el transecto 1 de los suelos agropecuarios con un valor de 6.29. Sin embargo, el transecto que tuvo un pH más cercano a neutro es del transecto 1 del herbazal del páramo con un valor de 6.84.

En el caso de la conductividad promedio mayor calculada, fue la del transecto 1 de los suelos agropecuarios con un valor de 82.8 mS/cm, mientras que la menor fue la del transecto 1 del herbazal inundable del páramo con un valor de 59.17 mS/cm.

Por ello, se analizó la relación existente entre el pH y la conductividad, determinando así que a menor pH mayor es la conductividad eléctrica, y a mayor pH menor es la conductividad eléctrica.

4.6. Resultados del contenido de humedad en el suelo de la parroquia San José de Poaló

El contenido de humedad del suelo se calculó por transecto, dando como resultado que el transecto 1 del herbazal inundable del páramo contenía mayor porcentaje de humedad con un valor de 70.29 %, mientras que el transecto 1 y 2 de los suelos agropecuarios presentaron menor contenido de humedad con valores inferiores a 33.83% como se muestra en la tabla 8-4.

Tabla 8-4: Porcentaje de humedad de los suelos

Muestras transectos	Humedad (%)
TR1-HIP	70.29
TR1-HP	63.40
TR2-HP	58.70
TR1-AGRO	29.86
TR2- AGRO	33.83

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Cabe mencionar que los ecosistemas de herbazal inundable de páramo son muy característicos por presentar gran contenido de humedad e inundaciones de tierra. De igual manera el ecosistema herbazal del páramo, pero en menor porcentaje.

4.7. Resultados de contenido de elementos en el suelo

El contenido de cada elemento en el suelo se comprobó por el método de Dumas, mismo que fue utilizado para determinar la relación C/N como se muestra en la tabla 9-4.

Tabla 9-4: Contenido de elementos y materia orgánica en el suelo

Muestras	Elemento				
	N	C	H	C/N	MO

Promedio estándar	7.02	74.13	6.99	10.56	
TR1-HIP	1.08	17.14	2.46	15.87	29.48
TR1-HP	0.84	11.55	1.76	13.75	19.87
TR2-HP	0.88	12.59	1.89	14.31	21.65
TR1-AGRO	0.44	4.77	0.99	10.84	8.20
TR2-AGRO	0.27	2.38	0.70	8.81	4.09

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Al realizar el respectivo análisis se determinó que el transecto 1 del herbazal inundable del páramo presento mayor contenido de nitrógeno, carbono e hidrógeno respecto a los demás suelos estudiados, y como consecuencia una buena relación de 15.87 C/N. Mientras que, los suelos que presentaron menor contenido de elementos fueron el transecto 1 y 2 de los suelos agropecuarios ya que su relación fue de 8.81 C/N, siendo una relación baja posiblemente a causa de los diferentes cultivos producidos en la zona y a la aplicabilidad de pesticidas y herbicidas.

De igual manera se estimó el porcentaje de materia orgánica, en la que se observó que, a mayor contenido de C/N mayor es la cantidad de materia orgánica, sobresaliendo una vez más el herbazal inundable del páramo con 29.48% MO.

4.8. Correlaciones entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas de los suelos de la parroquia San José de Poaló.

Se determinó las correlaciones entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas de los diferentes tipos de suelos de la parroquia San José de Poaló, pero por separado, es decir, correlaciones en suelos reales y secos por el método de Anderson (1982) y por el método de OxiTop; para lograr identificar las principales diferencias entre los suelos reales y secos, y así mismo diferencias los dos métodos.

4.8.1. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en los suelos del herbazal inundable del páramo

4.8.1.1. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en suelo real

Método de Anderson (1982)

Tabla 10-4: Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.

		pH	CE	C/N	MO	Densidad	Humedad	Altitud
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	-0.932	-0.716	0.795**	0.795**	0.795	0.795**	0.080*
	Sig. (bilateral)	0.236	0.492	0.005	0.010	0.415	0.010	0.023

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

En la tabla 10-4, se muestra que la respiración edáfica tiene correlación con la relación C/N, MO, humedad y la altura, donde C/N tiene una relación muy significativa de 0.795 (media-alta) y una significancia de 0.005, mientras que la MO y la humedad tienen una relación directa muy significativa de 0.795 (media-alta) con una significancia de 0.010. Considerándose una correlación muy significativa ya que el valor de significancia es igual o menor a 0.01, es decir, el nivel de confianza es del 99%. Mientras que la altura tiene una relación significativa de 0.080 pero con una significancia de 0.023, es decir, un nivel de confianza del 95%. Para el caso de C/N, (Gamarrá Lezcano et al., 2017, p. 7) menciona que los hongos y bacterias se les facilita la descomposición de la materia orgánica a valores inferiores a C/N 15, y para este caso el valor para el ecosistema herbazal inundable del páramo en C/N es 15.87, concluyendo que el herbazal inundable del páramo tiene una buena descomposición de la materia orgánica y, por ende, influye directamente con la respiración edáfica, al igual que la MO, humedad y altura, que a medida que estas aumenten, va a aumentar la respiración del suelo, es decir, es directamente proporcional. Para los demás de las variables analizadas no existió correlación alguna puesto que el valor de significancia es > 0.05 .

Así mismo, se representa la relación del flujo de C-CO₂ mg/g respecto a las variables fisicoquímicas del suelo en gráficas de dispersión con regresión lineal como se muestra a continuación:

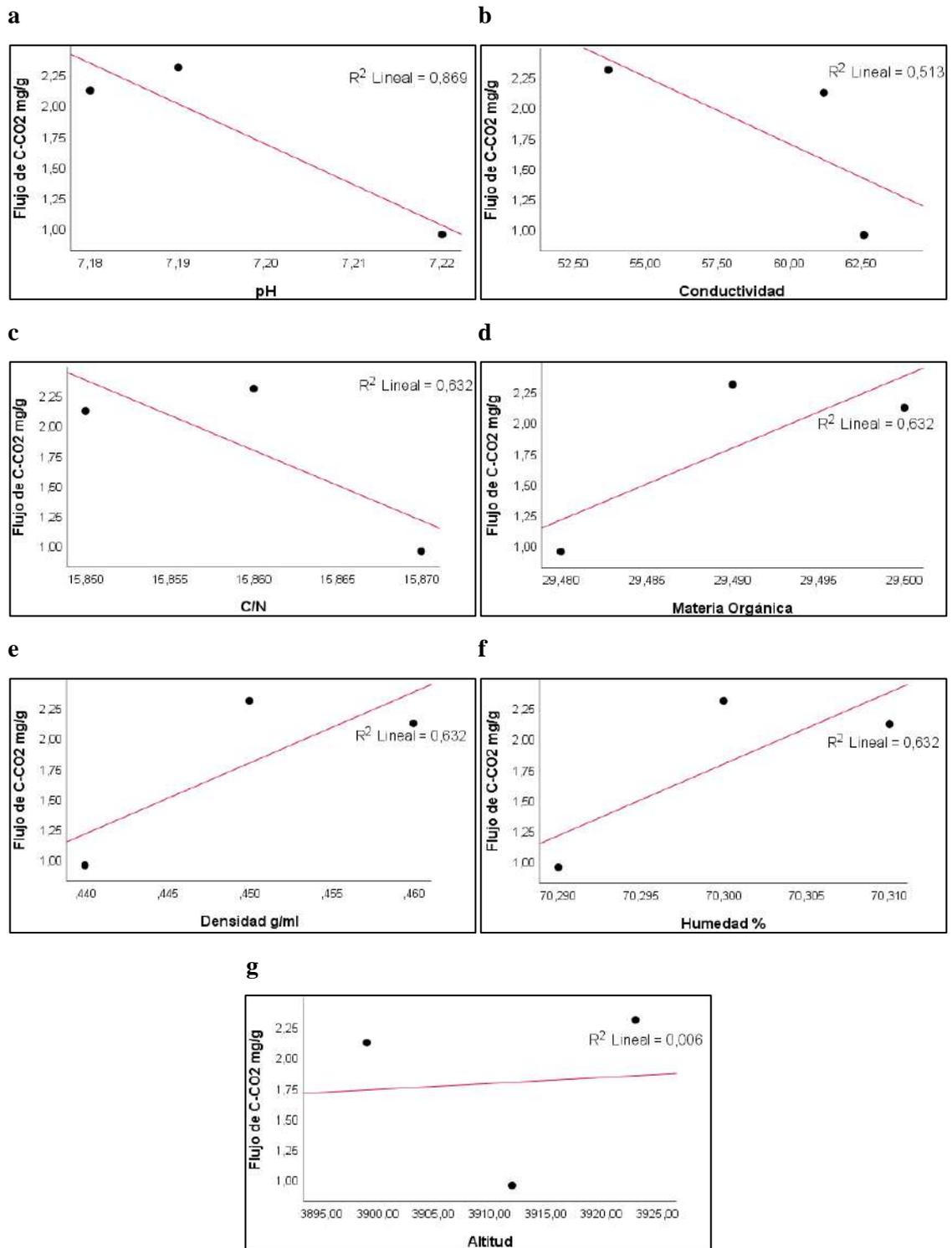


Gráfico 1-4: Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

a) Relación entre la respiración edáfica y el pH, b) Relación entre la respiración edáfica y la conductividad eléctrica, c) Relación entre la respiración edáfica y C/N, d) Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica, e) Relación entre la respiración edáfica y la densidad, f) Relación entre la respiración edáfica y la humedad, g) Relación entre la respiración edáfica y la altitud.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Método de OxiTop

Tabla 11-4: Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.

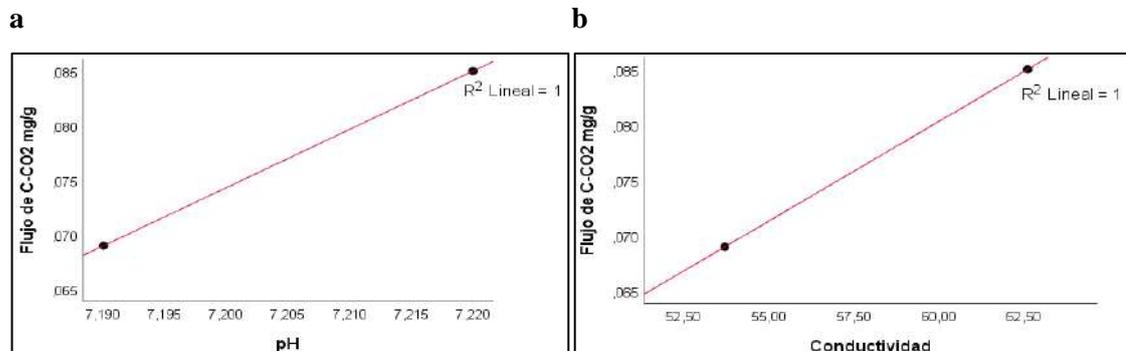
		pH	CE	C/N	MO	Densidad	Humedad	Altitud
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**
	Sig. (bilateral)	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

A diferencia de los resultados estimados en suelo real por el método de Anderson (1982), en la presente tabla se determinó que existe correlación entre la respiración edáfica y todas las propiedades fisicoquímicas, asimismo, se especifica que existió una relación perfecta positiva para el pH, CE, C/N, MO, humedad y altura, y una correlación perfecta negativa para la densidad en los suelos del herbazal inundable del páramo debido a que solo se relacionó dos muestras compuestas, mismas que presentaron la misma C/N, MO, densidad, humedad. Sin embargo, cabe mencionar que una relación negativa no significa que no influye en la respiración, sino que influye indirectamente, es decir, a menor densidad mayor es la respiración. Además de señalar que para el cálculo de estas correlaciones se tuvo una significancia del 0.01, es decir, un nivel de confianza del 99%.

Así mismo, se representa la relación del flujo de C-CO₂ mg/g respecto a las variables fisicoquímicas del suelo en gráficas de dispersión con regresión lineal como se muestra a continuación:



c

d

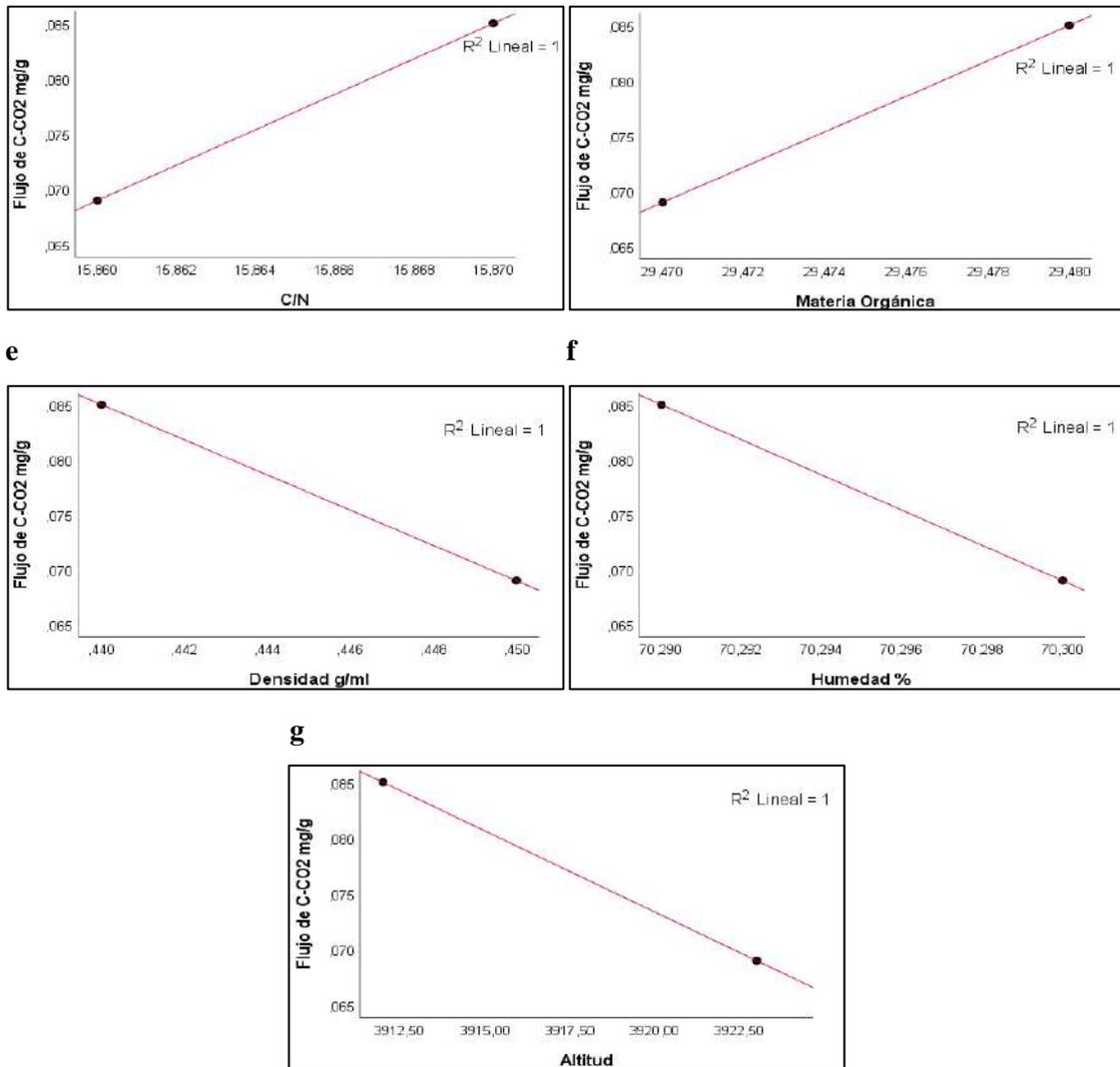


Gráfico 2-4: Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

a) Relación entre la respiración edáfica y el pH, b) Relación entre la respiración edáfica y la conductividad eléctrica, c) Relación entre la respiración edáfica y C/N, d) Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica, e) Relación entre la respiración edáfica y la densidad, f) Relación entre la respiración edáfica y la humedad, g) Relación entre la respiración edáfica y la altitud.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

4.8.1.2. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en suelo seco

Método de Anderson (1982)

Tabla 12-4: Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.

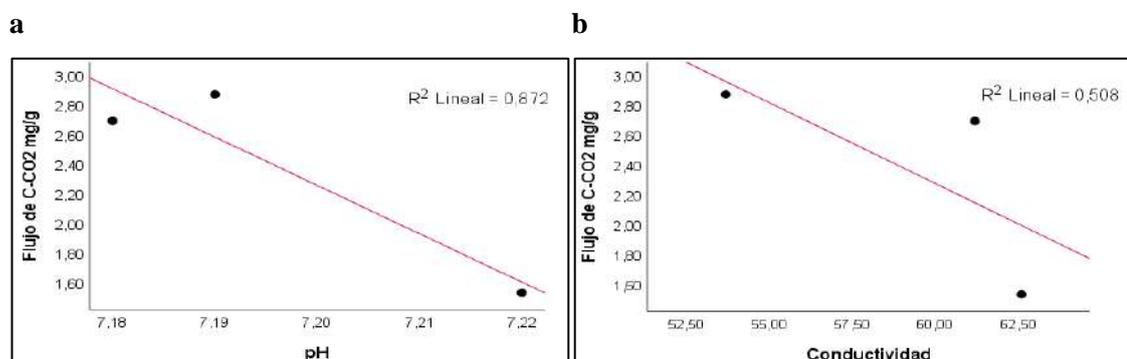
		pH	CE	C/N	MO	Densidad	Humedad	Altitud
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	-0.934	-0.713	0.798*	-0.798	0.798	0.798	0.075*
	Sig. (bilateral)	0.233	0.495	0.040	0.412	0.412	0.412	0.012

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

A diferencia de la tabla 10-4 y 11-4, en la tabla 12-4 solo existió relación entre la respiración edáfica, C/N y la altitud, correlación positiva de 0.798 (media-alta) y 0.075 considerándola muy baja con una significancia de 0.040 y 0.012 respectivamente. Mientras que el pH, CE, MO, densidad y la humedad no tienen correlación alguna ya que el valor de la significancia es > 0.05 , estimando así que la humedad no relación con la respiración edáfica cuando el suelo está completamente seco.

Así mismo, se representa la relación del flujo de C-CO₂ mg/g respecto a las variables fisicoquímicas del suelo en gráficas de dispersión con regresión lineal como se muestra a continuación:



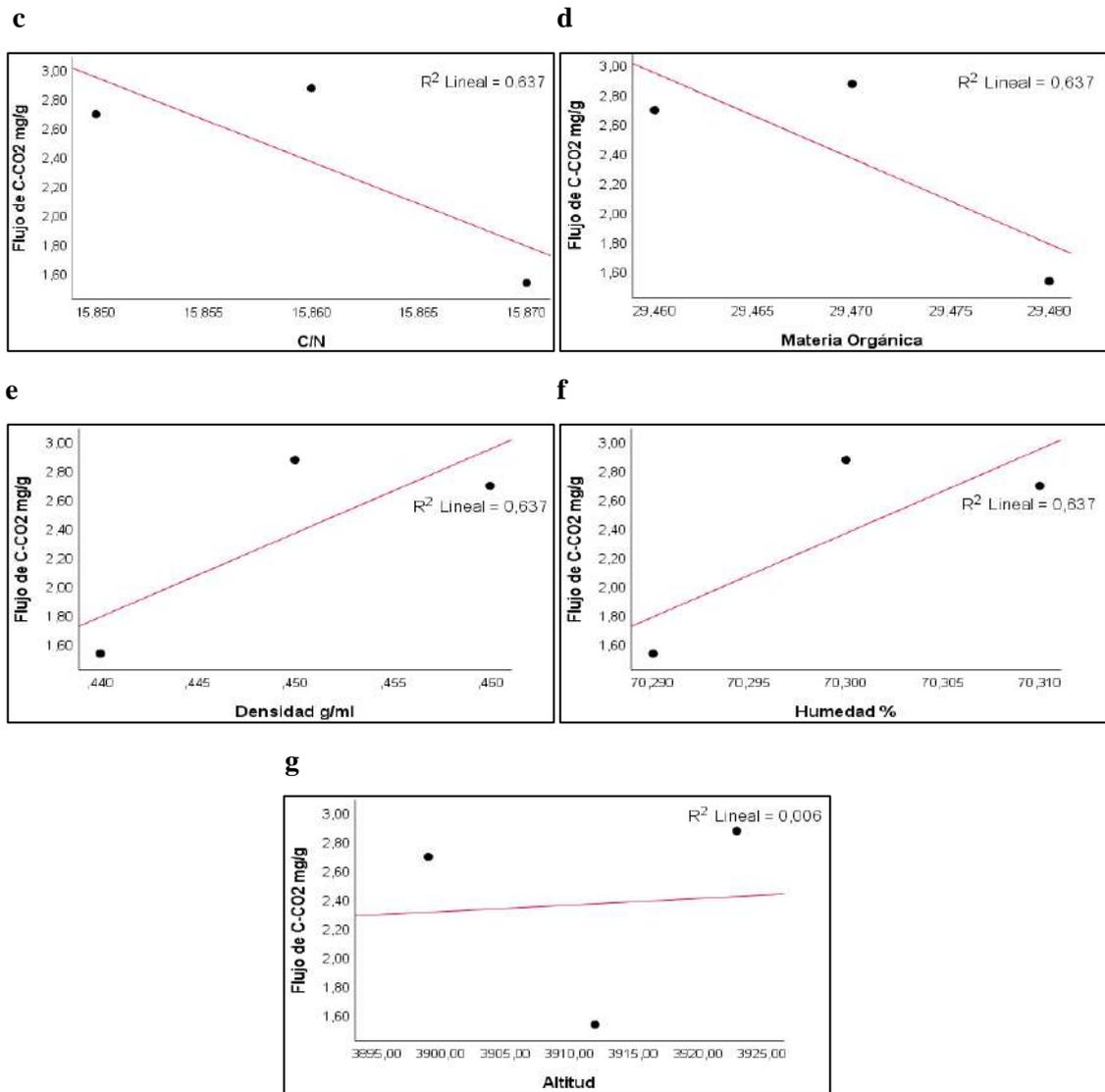


Gráfico 3-4: Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

a) Relación entre la respiración edáfica y el pH, b) Relación entre la respiración edáfica y la conductividad eléctrica, c) Relación entre la respiración edáfica y C/N, d) Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica, e) Relación entre la respiración edáfica y la densidad, f) Relación entre la respiración edáfica y la humedad, g) Relación entre la respiración edáfica y la altitud.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Método de OxiTop

Tabla 13-4: Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.

		pH	CE	C/N	MO	Densidad	Humedad	Altitud
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	-1.000**	-1.000**	-1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000**
	Sig. (bilateral)	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010

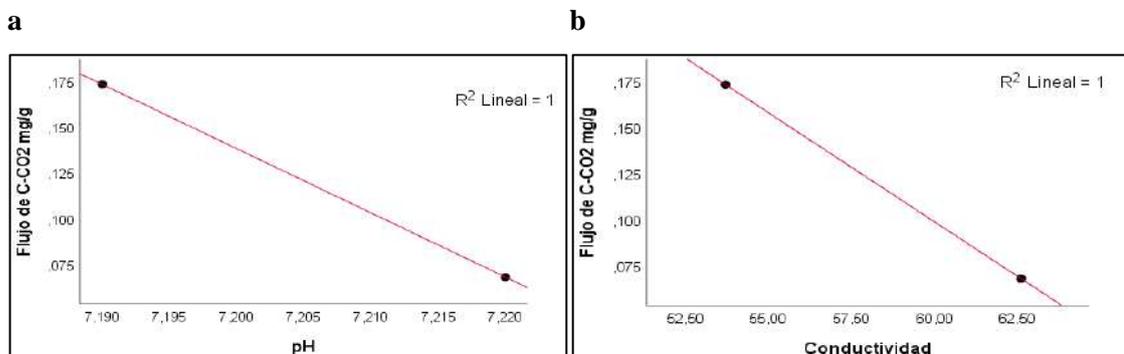
** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Por el contrario de la tabla 10-4, la tabla 13-4 presentó 4 correlaciones perfectas negativas (pH, CE, C/N y MO) y 3 correlaciones perfectas positivas (densidad, humedad y altitud), todas con una correlación significativa de 0.010, es decir, un nivel de confianza del 99%. Cabe mencionar que los suelos analizados presentaron la misma relación C/N, MO, densidad, humedad ya que se analizó como muestras compuestas.

Cabe indicar que la respiración está directamente relacionada con la altura en los 4 casos analizados, además que, el herbazal inundable del páramo presentó mayor contenido de C/N que los demás suelos estudiados puesto que su altura promedio fue de 3911 msnm.

Así mismo, se representa la relación del flujo de C-CO₂ mg/g respecto a las variables fisicoquímicas del suelo en gráficas de dispersión con regresión lineal como se muestra a continuación:



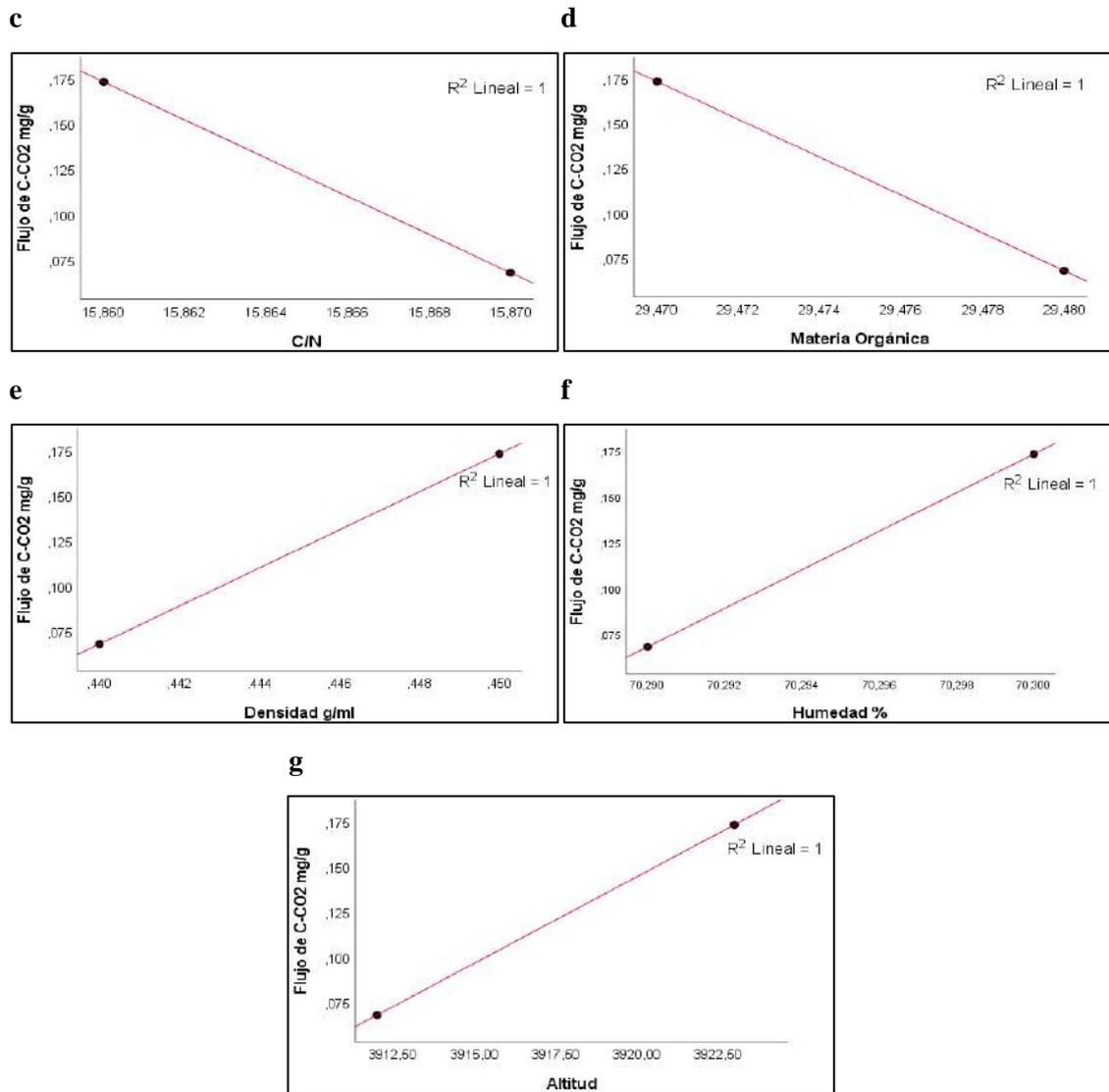


Gráfico 4-4: Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

a) Relación entre la respiración edáfica y el pH, b) Relación entre la respiración edáfica y la conductividad eléctrica, c) Relación entre la respiración edáfica y C/N, d) Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica, e) Relación entre la respiración edáfica y la densidad, f) Relación entre la respiración edáfica y la humedad, g) Relación entre la respiración edáfica y la altitud.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

4.8.2. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en los suelos del herbazal del páramo

4.8.2.1. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en suelo real

Método de Anderson (1982)

Tabla 14-4: Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.

		pH	CE	C/N	MO	Densidad	Humedad	Altitud
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	0.537*	-0.332	-0.593**	-0.595	0.600**	0.597**	0.417
	Sig. (bilateral)	0.005	0.520	0.003	0.212	0.008	0.010	0.410

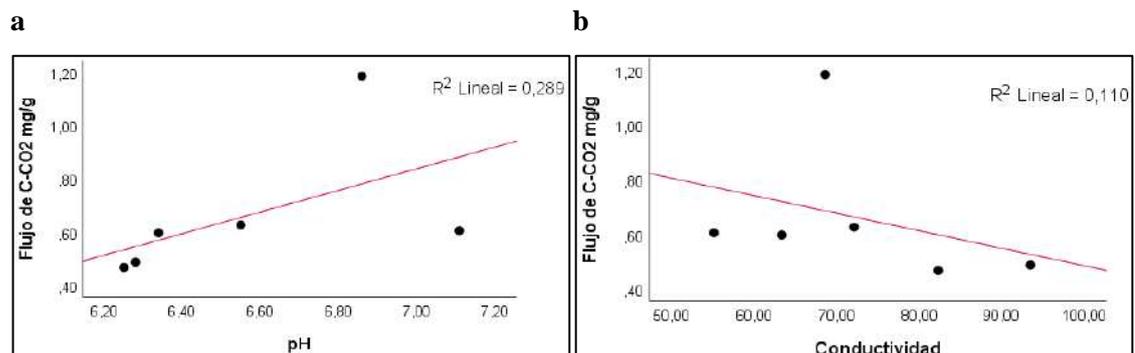
** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

El suelo del ecosistema herbazal del páramo presentó mayor correlación de la respiración con las siguientes propiedades, el pH una correlación positiva de 0.537 (media) y con una significancia de 0.005; relación C/N con una correlación negativa de -0.593 (media) y con una significancia de 0.003; densidad con una correlación positiva de 0.600 (media-alta) y con una significancia de 0.008 y finalmente la humedad con una correlación positiva de 0.597 (media) y una significancia de 0.010. Mientras que la CE, MO y la altitud no tuvieron relación con la respiración ya que su nivel de confianza fue inferior al 95%. Sin embargo, se consideró que la altura si influye la relación C/N ya que su valor fue elevado y, por ende, influye la respiración edáfica.

Así mismo, se representa la relación del flujo de C-CO₂ mg/g respecto a las variables fisicoquímicas del suelo en gráficas de dispersión con regresión lineal como se muestra a continuación:



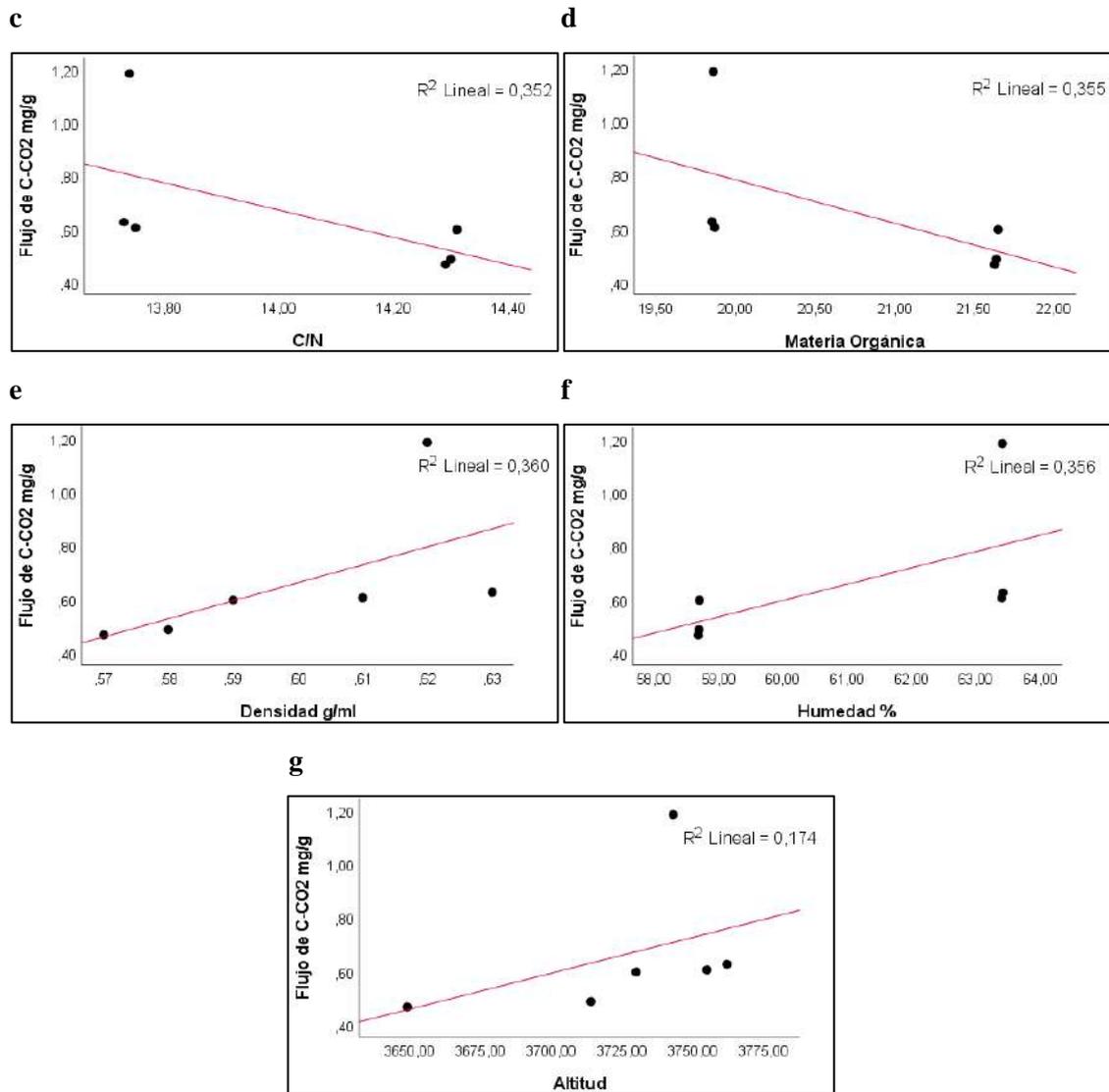


Gráfico 5-4: Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

a) Relación entre la respiración edáfica y el pH, b) Relación entre la respiración edáfica y la conductividad eléctrica, c) Relación entre la respiración edáfica y C/N, d) Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica, e) Relación entre la respiración edáfica y la densidad, f) Relación entre la respiración edáfica y la humedad, g) Relación entre la respiración edáfica y la altitud.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Método de OxiTop

Tabla 15-4: Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.

		pH	CE	C/N	MO	Densidad	Humedad	Altitud
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	0.296**	0.292*	-0.536**	-0.526	0.562	0.522*	0.087
	Sig. (bilateral)	0.004	0.050	0.010	0.474	0.438	0.050	0.913

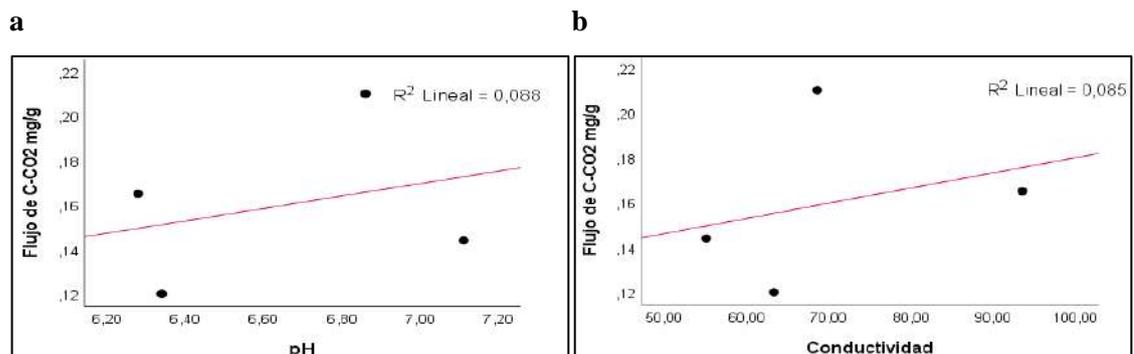
** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Para el suelo del ecosistema herbazal del páramo determinado por el método de OxiTop hubo correlación directamente proporcional entre la respiración y el pH con un valor de 0.296 (bajo positivo) y con un nivel de significancia de 0.004, CE con un valor de 0.292 (bajo positivo) y con un nivel de significancia de 0.050, la humedad con una correlación de 0.522 (media) y un nivel de significancia de 0.050 y una correlación inversamente proporcional en la relación C/N de -0.536 (media negativo). Mientras que la MO, densidad y altitud no presentaron correlación con la respiración, ya que el nivel de confianza fue inferior al 95%. Además, cabe indicar que los valores de respiración y de las propiedades fisicoquímicas del herbazal de páramo son menor a las del herbazal inundable del páramo, pero no significativamente, es decir, las propiedades que no muestran relación con la respiración pueden estar relacionadas con las demás propiedades e influenciar a la respiración indirectamente.

Así mismo, se representa la relación del flujo de C-CO₂ mg/g respecto a las variables fisicoquímicas del suelo en gráficas de dispersión con regresión lineal como se muestra a continuación:



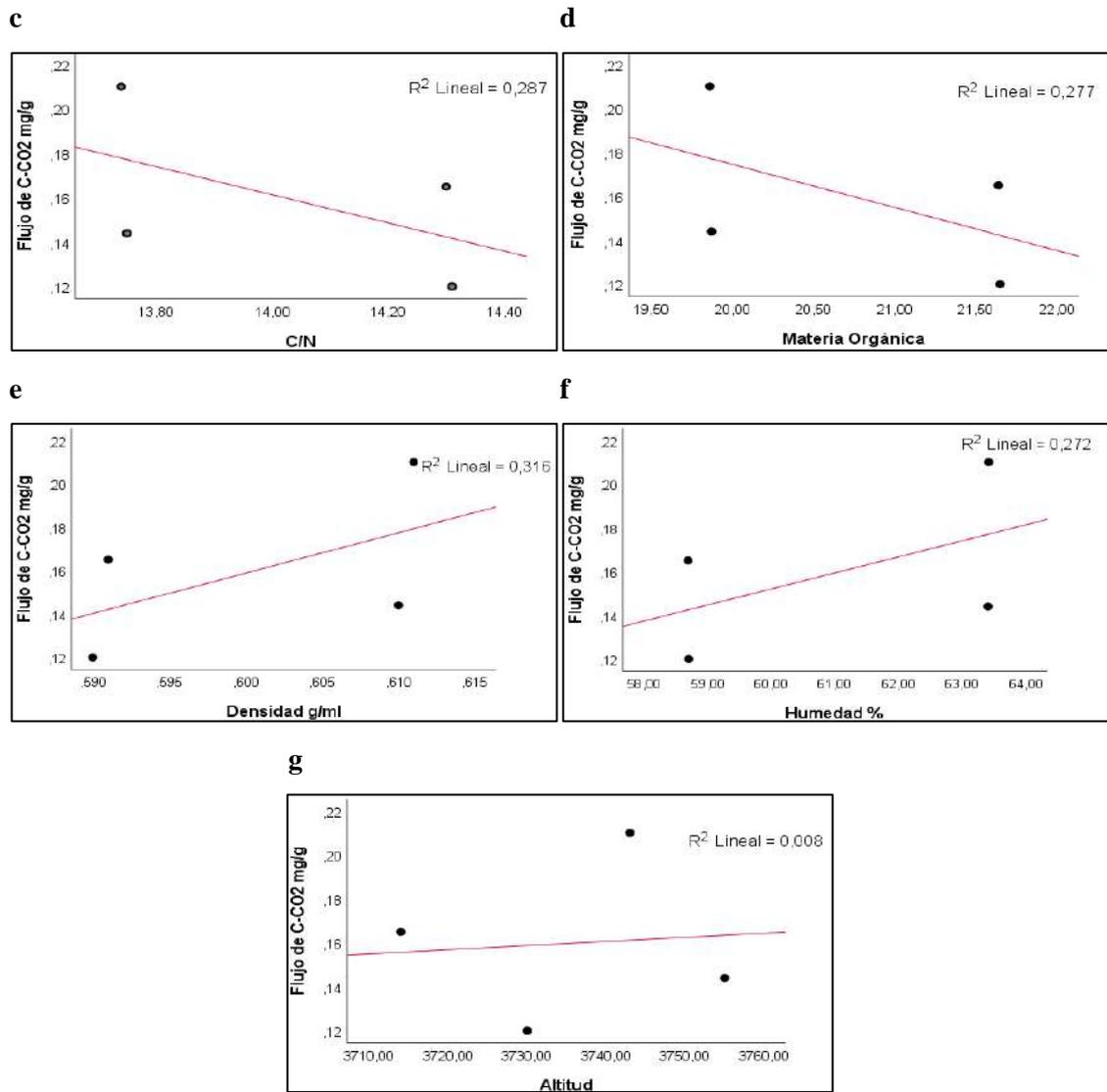


Gráfico 6-4: Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

a) Relación entre la respiración edáfica y el pH, b) Relación entre la respiración edáfica y la conductividad eléctrica, c) Relación entre la respiración edáfica y C/N, d) Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica, e) Relación entre la respiración edáfica y la densidad, f) Relación entre la respiración edáfica y la humedad, g) Relación entre la respiración edáfica y la altitud.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

4.8.2.2. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en suelo seco

Método de Anderson (1982)

Tabla 16-4: Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.

		pH	CE	C/N	MO	Densidad	Humedad	Altitud
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	0.836*	-0.596	-0.846*	-0.854*	0.856*	0.858*	0,942**
	Sig. (bilateral)	0.038	0.212	0.034	0.030	0.030	0.029	0.005

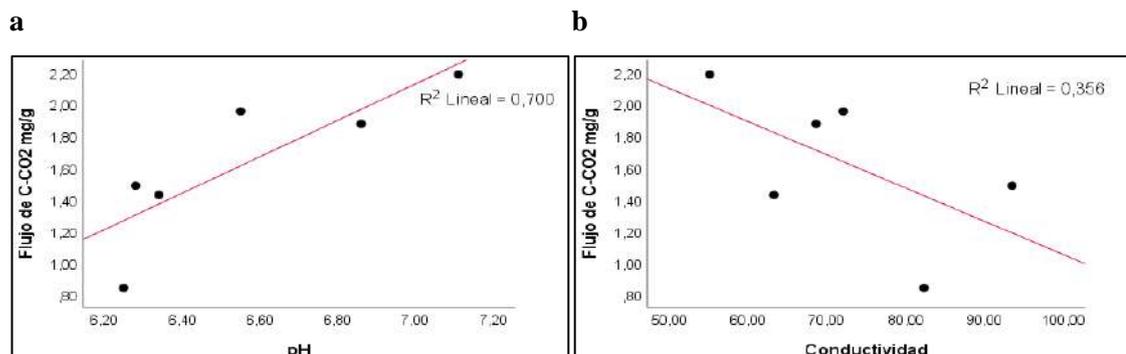
*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

En la tabla 16-4 se muestra una correlación directamente proporcional entre la respiración edáfica y el pH de 0.836 (alta) y un nivel de significancia de 0.038, la densidad con un valor de 0.856 (alta) y una significancia de 0.030, la humedad con un valor de 0.858 (alta) y un nivel de significancia de 0.029 y la altitud con un valor de 0.942 (alta) y un nivel de significancia del 0.005. Así también hubo correlación indirectamente proporcional entre la respiración y la relación C/N con un valor de -0.846 (alta) y un valor de significancia de 0.034 y de igual manera con la MO con un valor de -0.854 (alta) y un valor de significancia de 0.030. Mientras que la CE no presentó correlación con la respiración edáfica a diferencia de la tabla 15-4 que, si hubo relación en este mismo ecosistema, pero con diferente método y en suelo real.

Así mismo, se representa la relación del flujo de C-CO₂ mg/g respecto a las variables fisicoquímicas del suelo en gráficas de dispersión con regresión lineal como se muestra a continuación:



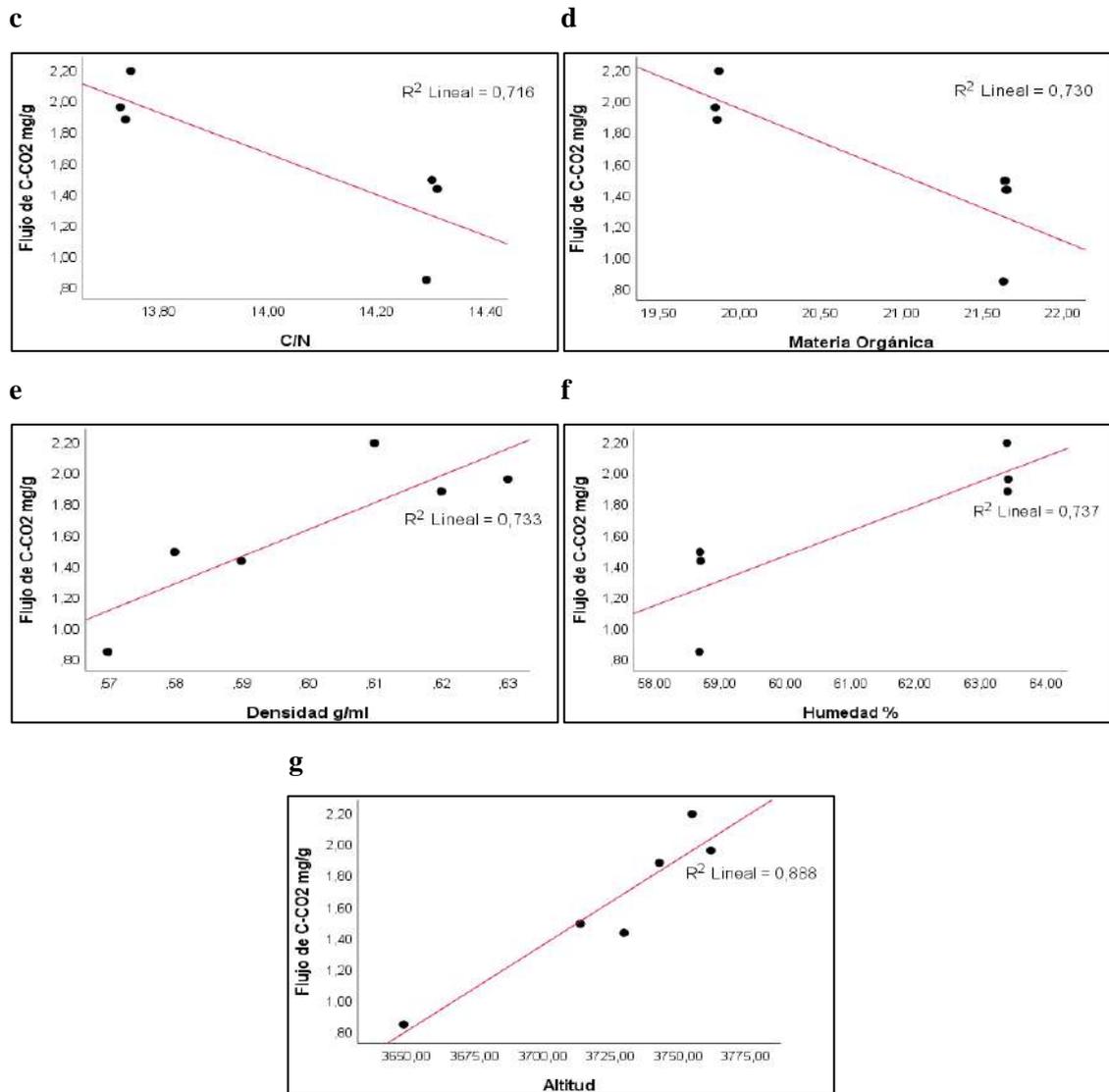


Gráfico 7-4: Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

a) Relación entre la respiración edáfica y el pH, b) Relación entre la respiración edáfica y la conductividad eléctrica, c) Relación entre la respiración edáfica y C/N, d) Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica, e) Relación entre la respiración edáfica y la densidad, f) Relación entre la respiración edáfica y la humedad, g) Relación entre la respiración edáfica y la altitud.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Método de OxiTop

Tabla 17-4: Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.

		pH	CE	C/N	MO	Densidad	Humedad	Altitud
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	0.281	0.504*	-0.403	-0.394	0.443**	0.391*	-0.036
	Sig. (bilateral)	0.719	0.040	0.597	0.606	0.003	0.040	0.964

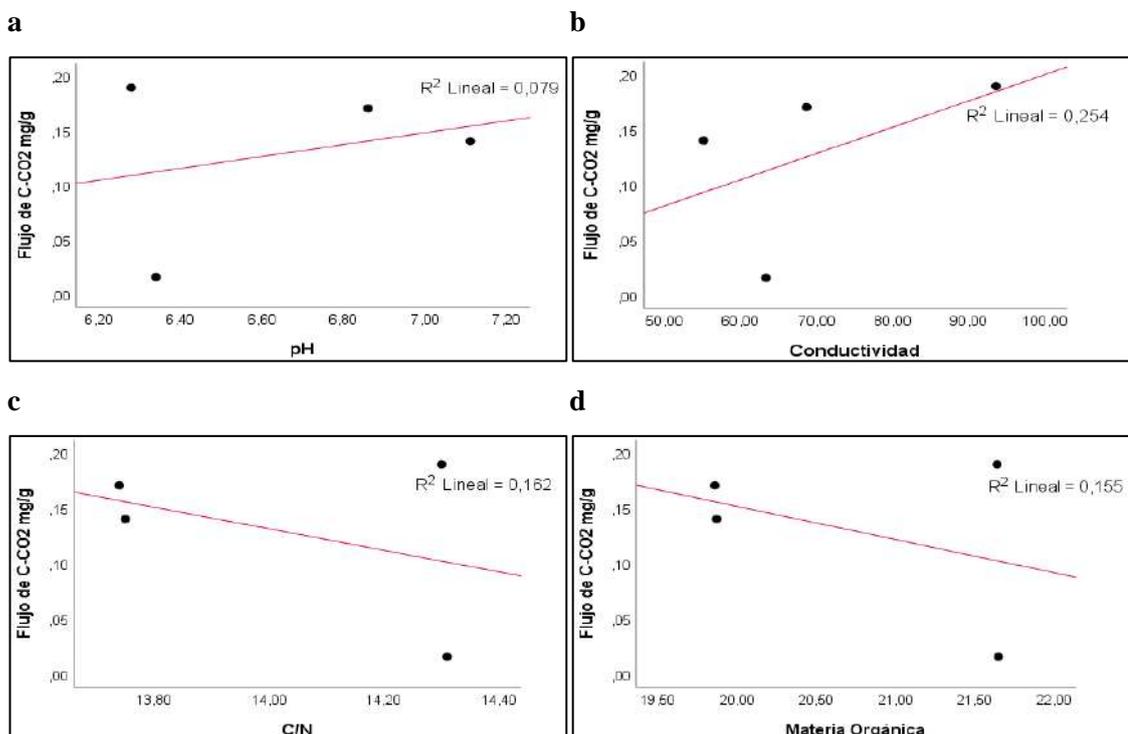
*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

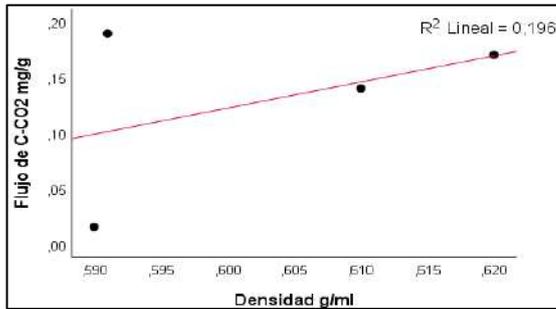
Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Al igual que la tabla 15-4 realizada por el método OxiTop, en la tabla 17-4 existe una correlación directamente proporcional entre la respiración edáfica y la CE con un valor de 0.504 (medio) y un nivel de significancia de 0.040, la densidad con un valor de correlación de 0.443 (media-baja) y un valor de significancia de 0.003 y finalmente la humedad con un valor de 0.391 (media-baja) y un nivel de significancia de 0.040. Mientras que el pH, C/N, MO y la altitud, no presentaron relación con la respiración edáfica determinada por el método de OxiTop en suelo seco.

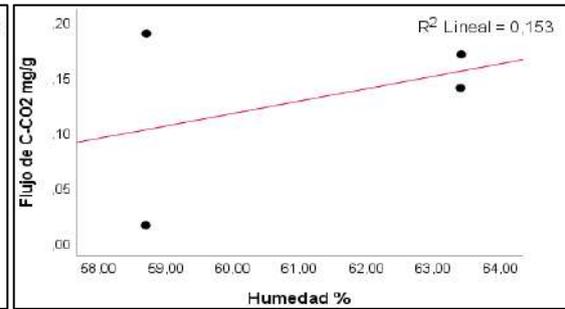
Así mismo, se representa la relación del flujo de C-CO₂ mg/g respecto a las variables fisicoquímicas del suelo en gráficas de dispersión con regresión lineal como se muestra a continuación:



e



f



g

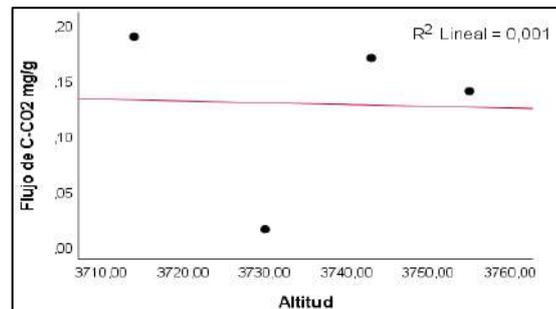


Gráfico 8-4: Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

a) Relación entre la respiración edáfica y el pH, b) Relación entre la respiración edáfica y la conductividad eléctrica, c) Relación entre la respiración edáfica y C/N, d) Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica, e) Relación entre la respiración edáfica y la densidad, f) Relación entre la respiración edáfica y la humedad, g) Relación entre la respiración edáfica y la altitud.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

4.8.3. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en los suelos agropecuarios

4.8.3.1. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en suelo real

Método de Anderson (1982)

Tabla 18-4: Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.

		pH	CE	C/N	MO	Densidad	Humedad	Altitud
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	0.013	-0.160	-0.974**	-0.976**	-0.976**	0.973**	0.895*
	Sig. (bilateral)	0.981	0.762	0.001	0.001	0.001	0.001	0.016

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

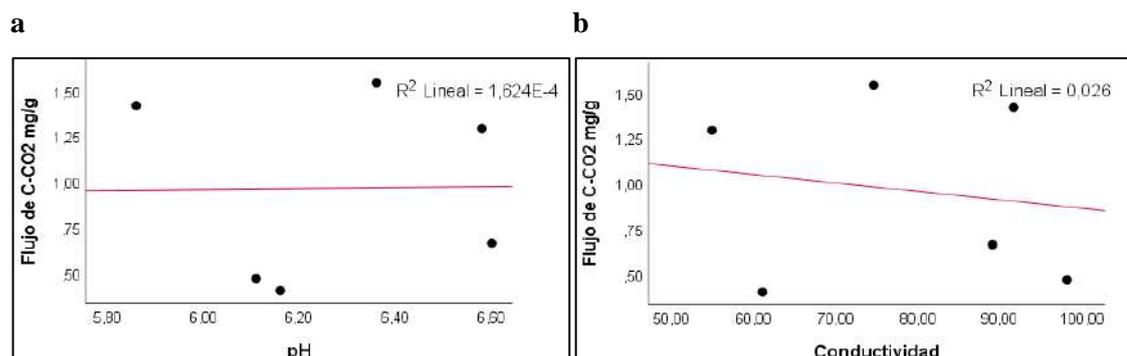
* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

La relación entre la respiración edáfica con la MO, C/N y densidad fue indirectamente proporcional, con valores -0.974 (alta), -0.976 (alta), -0.976 (alta) respectivamente y con un nivel de significancia de 0.001. Mientras que la relación entre la respiración con la humedad y altitud fue directamente proporcional con valores de 0.973 (alta) y 0.895 (alta) respectivamente y con un nivel de significancia de 0.001 y 0.016.

En el caso del pH y la CE tuvieron un nivel de significancia > 0.05 y por ende no presentaron correlación con la respiración.

Así mismo, se representa la relación del flujo de C-CO₂ mg/g respecto a las variables fisicoquímicas del suelo en gráficas de dispersión con regresión lineal como se muestra a continuación:



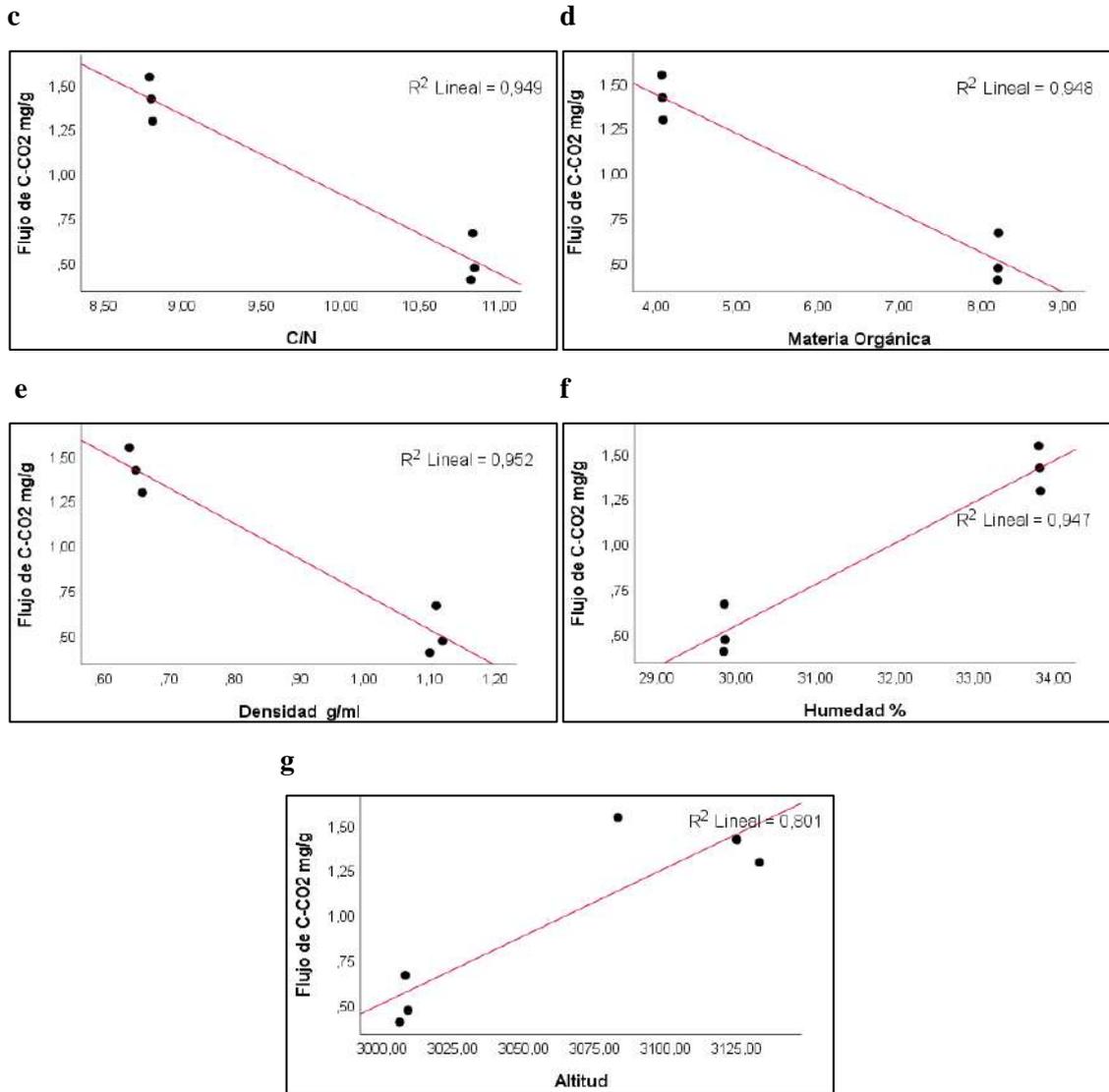


Gráfico 9-4: Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

a) Relación entre la respiración edáfica y el pH, b) Relación entre la respiración edáfica y la conductividad eléctrica, c) Relación entre la respiración edáfica y C/N, d) Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica, e) Relación entre la respiración edáfica y la densidad, f) Relación entre la respiración edáfica y la humedad, g) Relación entre la respiración edáfica y la altitud.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Método de OxiTop

Tabla 19-4: Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.

		pH	CE	C/N	MO	Densidad	Humedad	Altitud
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	0.496	0.336	0.708**	0.709	0.699*	-0.712**	-0.716
	Sig. (bilateral)	0.504	0.664	0.010	0.291	0.013	0.005	0.284

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

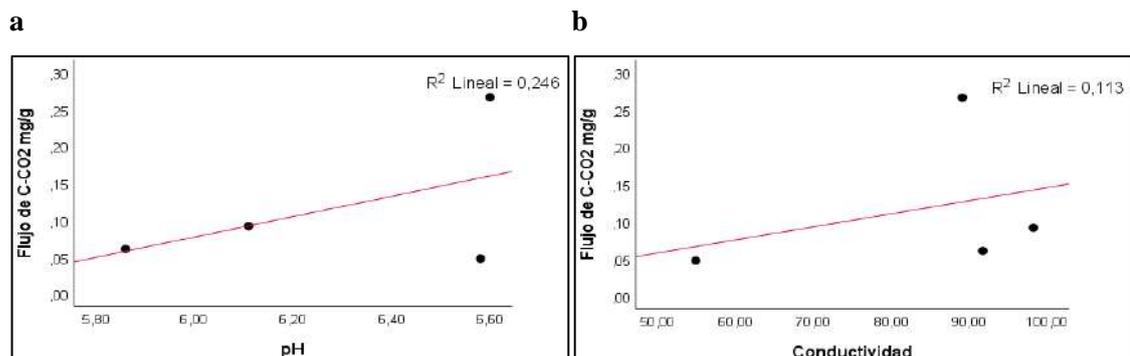
* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

A diferencia de la tabla 18-4, en la tabla 19-4 solo hubo correlación entre la respiración con C/N, densidad y humedad; con la relación C/N una correlación directamente proporcional de 0.709 (medio-alta) y con un nivel de significancia de 0.010, la densidad con una correlación directamente proporcional de 0.699 (medio-alta) y con un nivel de significancia de 0.013 y la humedad tuvo una correlación indirecta con la respiración de -0.712 (medio-alta) y una significancia de 0.005. Mientras que, el pH, CE, MO y la altitud no presentaron correlaciones directas ni inversas ya que su nivel de confianza fue menor al 95%.

Cabe mencionar que los suelos agropecuarios estudiados corresponden a alturas bajo los 3008 msnm. Y son los suelos que presentaron menor relación C/N y MO respecto los suelos de herbazal inundable del páramo y herbazal del páramo.

Así mismo, se representa la relación del flujo de C-CO₂ mg/g respecto a las variables fisicoquímicas del suelo en gráficas de dispersión con regresión lineal como se muestra a continuación:



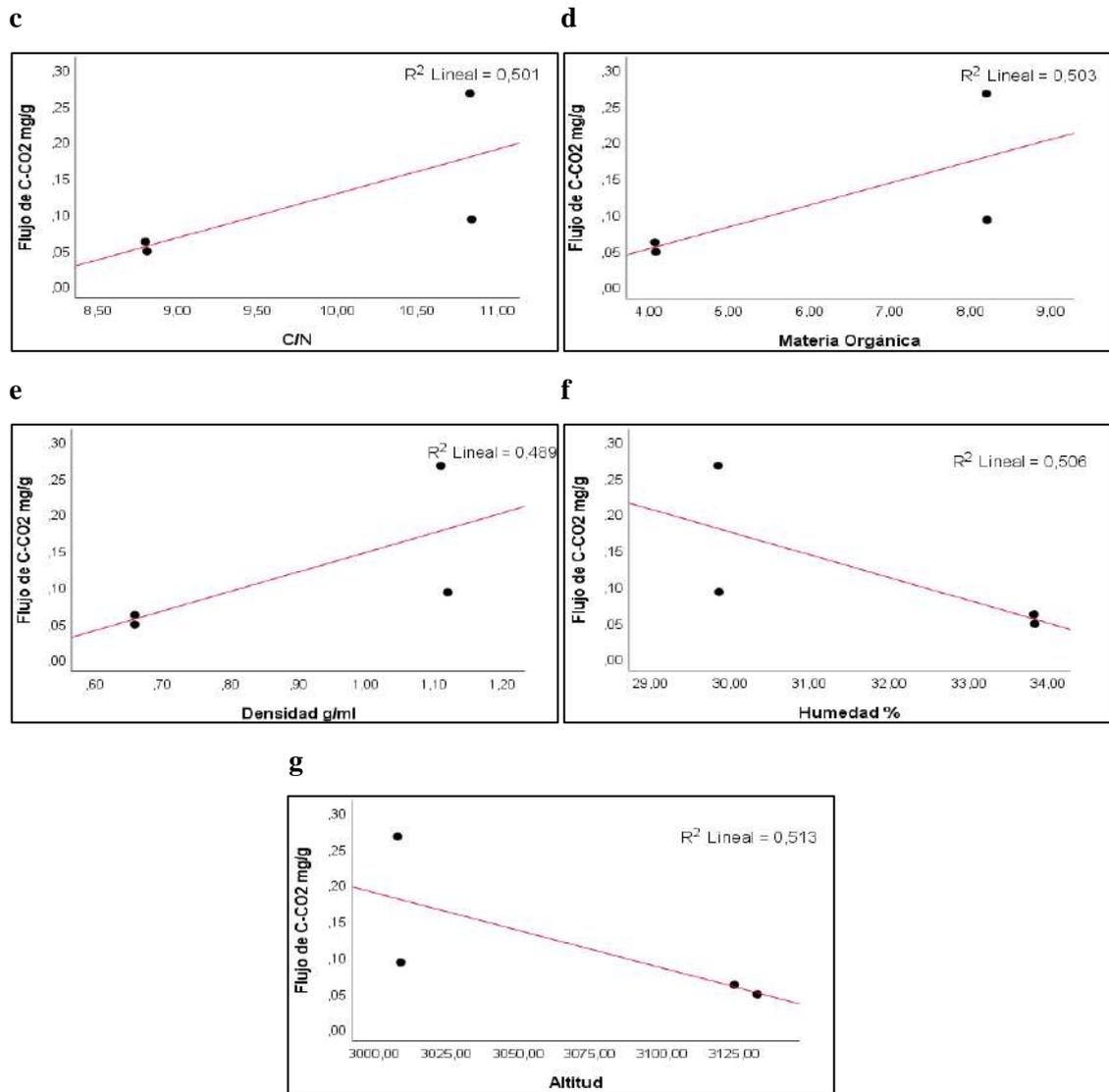


Gráfico 10-4: Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

a) Relación entre la respiración edáfica y el pH, b) Relación entre la respiración edáfica y la conductividad eléctrica, c) Relación entre la respiración edáfica y C/N, d) Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica, e) Relación entre la respiración edáfica y la densidad, f) Relación entre la respiración edáfica y la humedad, g) Relación entre la respiración edáfica y la altitud.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

4.8.3.2. Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas en suelo seco

Método de Anderson (1982)

Tabla 20-4: Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas.

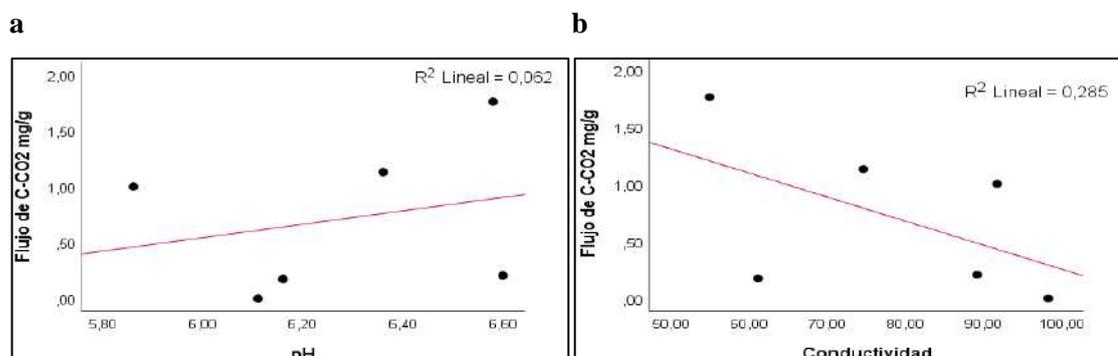
	pH	CE	C/N	MO	Densidad	Humedad	Altitud	
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	0.249	-0.533	-0.922**	-0.923**	-0.918**	0.924**	0.936**
	Sig. (bilateral)	0.634	0.276	0.009	0.009	0.010	0.008	0.006

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Al igual que la tabla 18-4, la tabla 20-4 presenta correlaciones entre la respiración edáfica y las mismas propiedades fisicoquímicas. Entre ellas presentó una correlación indirectamente proporcional entre la respiración con la relación C/N y la MO de -0.922 (alta) y -0.923 (alta) respectivamente y así mismo con un nivel de significancia de 0.009. De igual manera hubo una correlación indirecta con la densidad con un valor de -0.918 (alta) y una significancia de 0.010. Mientras que, con la humedad y la altitud hubo una correlación directa de 0.924 (alta) y 0.936 (alta) respectivamente y con significancias de 0.008 y 0.006. Y en el caso del pH y la CE hubo un nivel de significancia >0.05 , y como consecuencia se descartó una posible relación.

Así mismo, se representa la relación del flujo de C-CO₂ mg/g respecto a las variables fisicoquímicas del suelo en gráficas de dispersión con regresión lineal como se muestra a continuación:



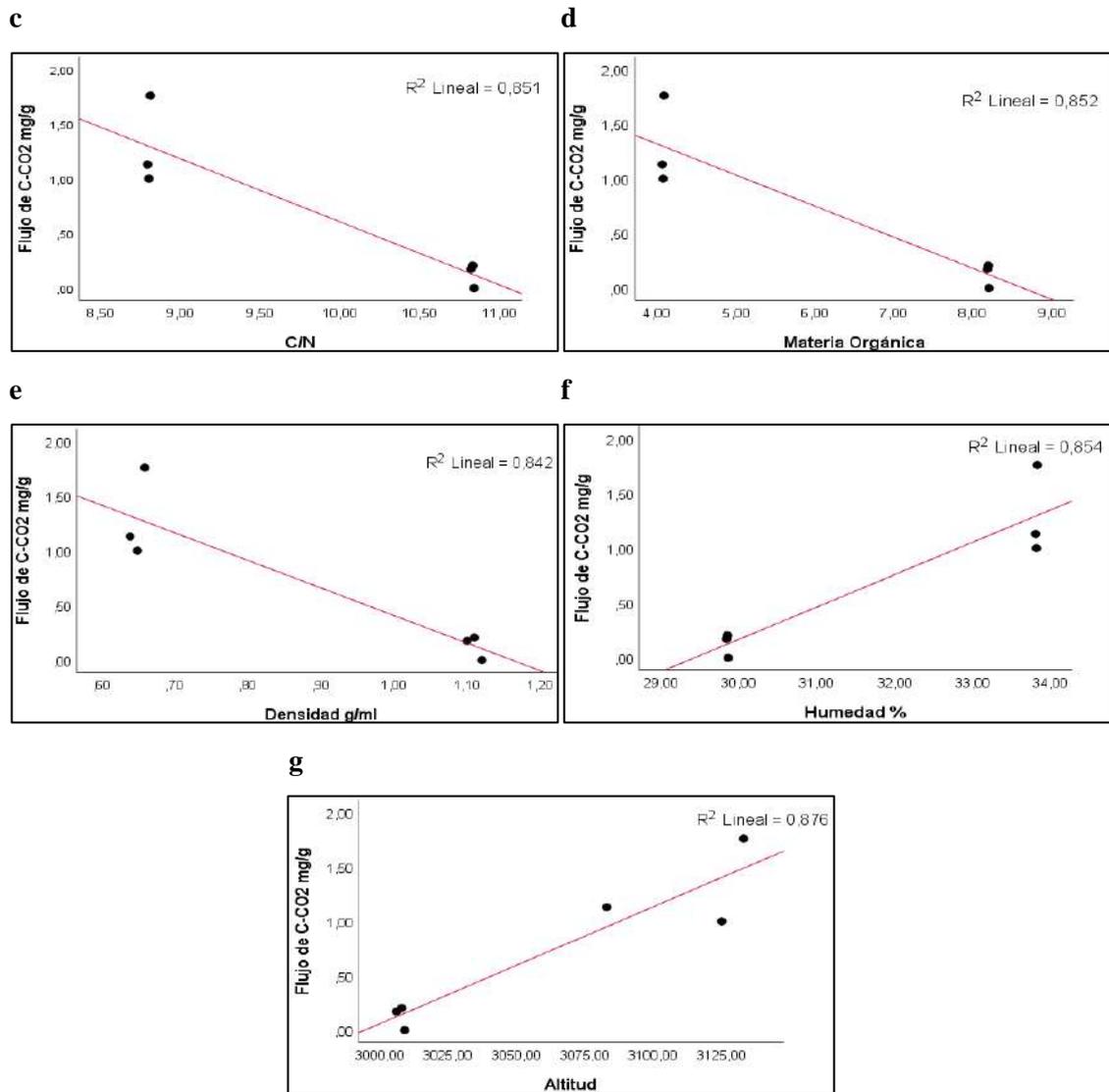


Gráfico 11-4: Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

a) Relación entre la respiración edáfica y el pH, b) Relación entre la respiración edáfica y la conductividad eléctrica, c) Relación entre la respiración edáfica y C/N, d) Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica, e) Relación entre la respiración edáfica y la densidad, f) Relación entre la respiración edáfica y la humedad, g) Relación entre la respiración edáfica y la altitud.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

Método de OxiTop

Tabla 21-4: Correlación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas

		pH	CE	C/N	MO	Densidad	Humedad	Altitud
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	0.148	-0.348	-0.634**	-0.632	-0.647*	0.628**	0.402
	Sig. (bilateral)	0.780	0.499	0.006	0.178	0.047	0.010	0.429

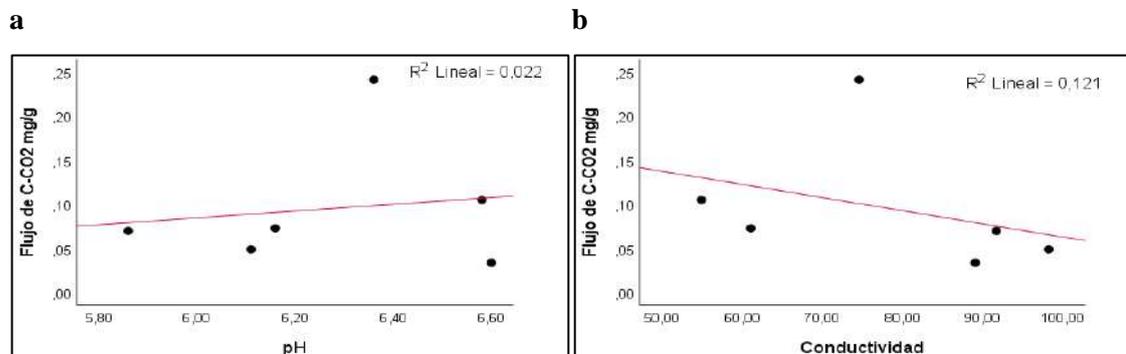
*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

La C/N y la densidad presentaron correlación con la respiración edáfica de manera indirecta, la relación C/N con una correlación de -0.634 (media-alta) y una significancia de 0.006, la densidad con una correlación de -0.647 (media-alta) y una significancia de 0.047, mientras que, la humedad fue la única correlación directamente proporcional que tuvo con la respiración del suelo con un valor de 0.628 (media-alta) y una significancia de 0.010. A diferencia del pH, CE, MO y altitud que no presentaron correlación ninguna con la respiración del suelo seco por el método de OxiTop.

Así mismo, se representa la relación del flujo de C-CO₂ mg/g respecto a las variables fisicoquímicas del suelo en gráficas de dispersión con regresión lineal como se muestra a continuación:



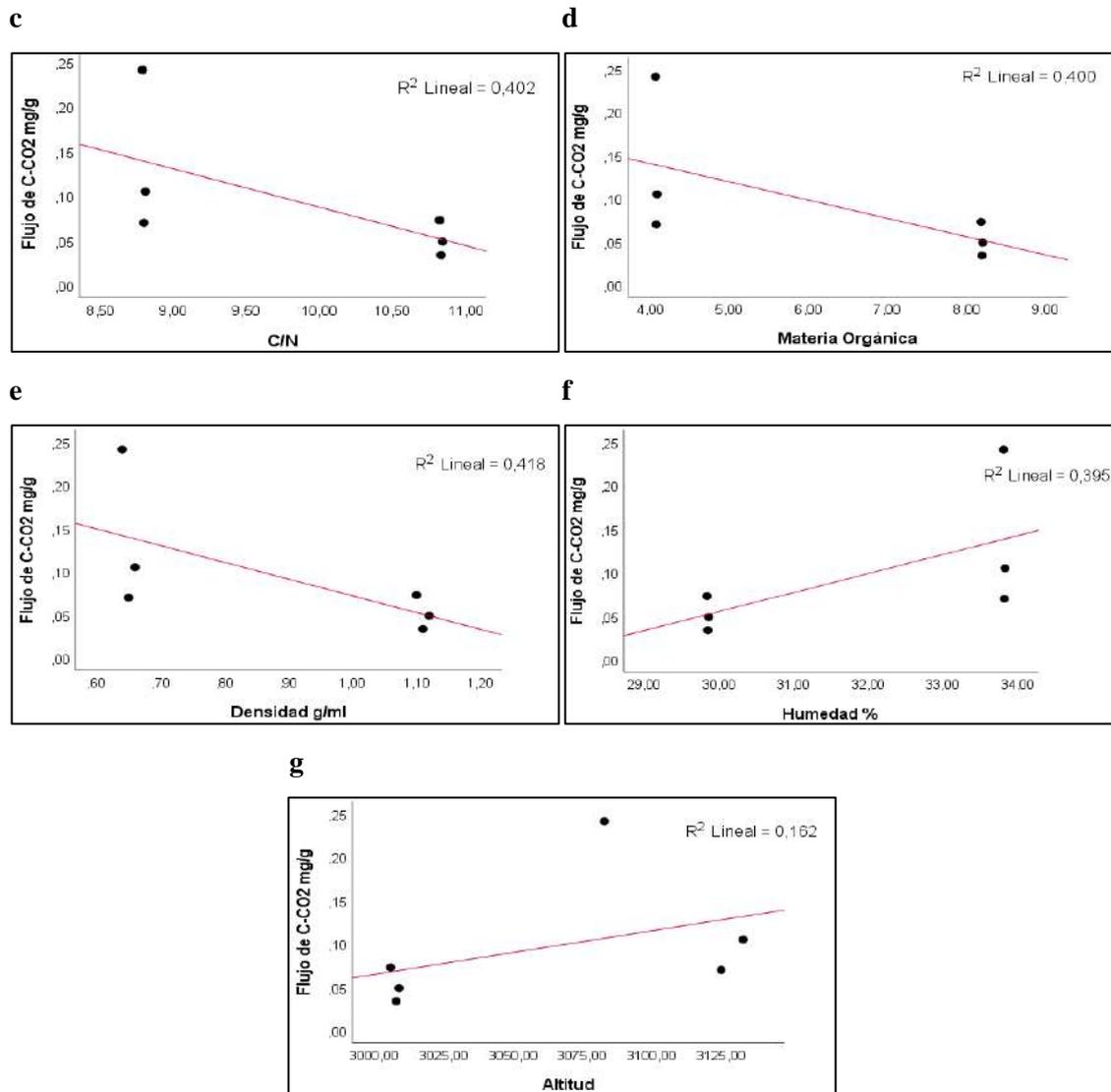


Gráfico 12-4: Relación entre la respiración edáfica y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

a) Relación entre la respiración edáfica y el pH, b) Relación entre la respiración edáfica y la conductividad eléctrica, c) Relación entre la respiración edáfica y C/N, d) Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica, e) Relación entre la respiración edáfica y la densidad, f) Relación entre la respiración edáfica y la humedad, g) Relación entre la respiración edáfica y la altitud.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

4.9. Correlación entre las propiedades fisicoquímicas con la densidad, humedad y altura

Mediante ArcGIS se correlacionó las propiedades fisicoquímicas con la densidad, humedad y altura, para conocer qué tan relacionadas están cada una de ellas. Mismas que se detallan en la figura 4-4.

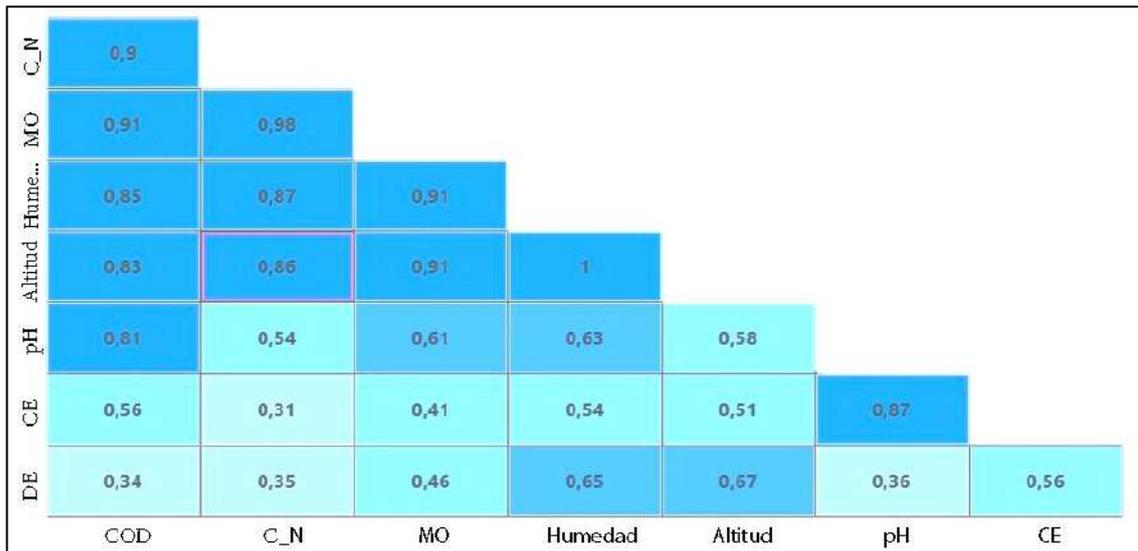


Figura 4-4: Correlación de las propiedades fisicoquímicas, densidad, humedad y altura.

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

En la figura 4-4, se puede apreciar que existe una relación alta entre C/N y la altitud (gráfico 13-4), la humedad y la MO, así mismo, la MO tiene una relación media-alta con el pH y alta con la altitud y la humedad. Como también, la densidad tiene una estrecha relación con la humedad y altitud con valores de 0.65 y 0.67 respectivamente. Sin embargo, la relación más alta es la que existe entre la altitud y la humedad con un valor de $R^2=1$ como se muestra en el gráfico 13-4.

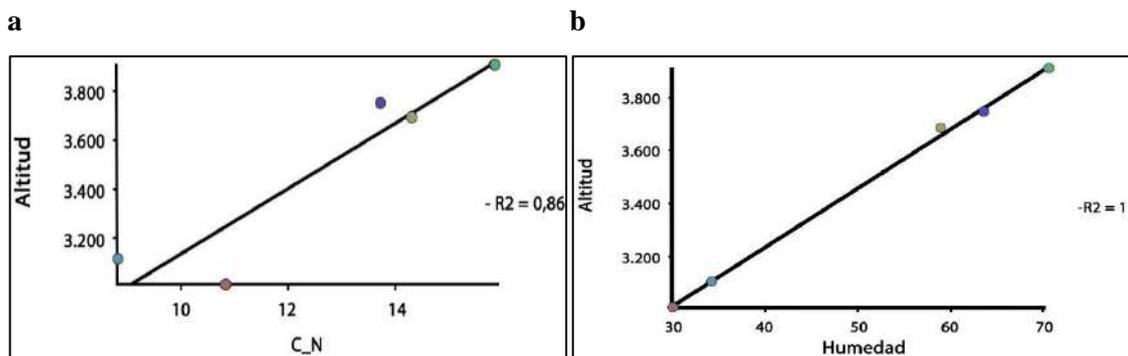


Gráfico 13-4: Relación de la altitud con C/N y humedad.

a) Relación entre la altitud y la relación C/N y b) Relación entre la altitud y la humedad

*. Color verde: TR1-HIP, color verde oro: TR1-HP, color azul: TR2-HP, color café: TR1- AGRO y color celeste: TR2-AGRO

Realizado por: Gutiérrez Gavilánez, Jenny, 2022.

CONCLUSIONES

- Se evaluó la actividad microbiana en los distintos suelos analizados de la parroquia San José de Poaló, misma que depende directamente de la cantidad de C-CO₂ mg/g, relación C/N, las propiedades fisicoquímicas del suelo, entre otras. Así mismo, se determinó que a mayor sea la relación C/N, la altitud y la MO, mayor es la actividad microbiana. Sin embargo, en los suelos agropecuarios analizados por el método de OxiTop existe una respiración media alta, y teniendo una baja relación C/N, MO y así mismo a una altura inferior a los demás suelos, por ello se estima que pudo haberse dado por alguna interferencia al momento de colocar las muestras en los frascos ámbar o así mismo por la cantidad de herbicidas, plaguicidas, fungicidas, etc. que son usados para fertilizar los suelos.
- La correlación entre la respiración y las propiedades fisicoquímicas se dio en los tres tipos de suelos estudiados, en el herbazal inundable del páramo analizado en suelo real por el método de Anderson (1982) tuvo una correlación directa positiva media-alta con la MO, C/N y humedad y baja con la altitud, mientras que por el método de OxiTop correlacionó de manera directa con todas las propiedades fisicoquímicas, humedad y altitud, y, además de manera inversamente proporcional con la densidad. En el caso del análisis en suelo seco por el método de Anderson (1982) hubo una correlación media-alta con la relación C/N y una correlación baja con la altitud, mientras que, por el método de OxiTop correlacionó altamente con las propiedades fisicoquímicas, pero inversamente proporcional. En el suelo de herbazal del páramo analizado en suelo real por el método de Anderson (1982) correlacionó directamente con un valor medio con el pH y la humedad, y la densidad con un valor medio-alto e indirectamente proporcional con la relación C/N con un valor medio, mientras que por el método de OxiTop correlacionó directamente con un valor bajo con el pH, CE, medio con la humedad e indirectamente proporcional con un valor medio con la relación C/N. En el caso del análisis en suelo seco por el método de Anderson (1982) correlacionó directamente con el pH, densidad y humedad con valores medios-altos y con la altitud tuvo una correlación alta, mientras que con la relación C/N y MO tuvo una correlación indirectamente media-alta, mientras que, por el método de OxiTop solo correlacionó con la CE con un valor medio y con la densidad y humedad con un valor medio-bajo. Y finalmente para el suelo agropecuario analizado mediante el método de Anderson (1982) en suelo real tubo una correlación alta y directa con la humedad y altitud, además de una correlación alta e indirecta con la relación C/N, MO y densidad, mientras que por el método de OxiTop existió dos correlaciones directas medias-altas con la relación C/N y la densidad y una correlación indirecta media-alta con la humedad. Mediante el análisis en suelo seco por el método de Anderson (1982) existió una correlación indirecta o inversa alta con la relación C/N, MO y densidad, y una correlación

directa alta con la humedad y altitud, mientras que, por el método de OxiTop hubo una correlación indirecta media-alta con la relación C/N y densidad, mientras que una correlación directa media-alta con la humedad.

- La relación C/N de los suelos de la parroquia San José de Poaló están influenciados directamente con la altura, siendo el herbazal inundable del páramo el suelo que contiene mayor contenido de C/N con un valor de 15.87 y 29.48 de MO a una altura promedio de 3911 msnm. seguido por el herbazal del páramo con un porcentaje de C/N de 14.03 y 20.76 de MO a 3726 msnm, mientras que en suelos agropecuarios presentó 9.83 C/N y 6.15 MO siendo valores muy por debajo de los demás suelos estudiados ya que se encuentra a una altura promedio más baja de 3061 msnm.
- Estadísticamente no existieron diferencias significativas entre la respiración edáfica del herbazal inundable del páramo y el suelo agropecuario del transecto 2. Sin embargo, si hubo diferencias significativas entre la respiración edáfica de los dos suelos mencionados con los suelos del herbazal del páramo y transecto 1 de suelo agropecuario debido a que los valores de respiración fueron dispersos por ambos métodos.

RECOMENDACIONES

Realizar nuevas investigaciones acerca de la respiración en suelos del páramo quemados y comparar con suelos saludables del páramo, para conocer acerca de las diferencias significativas y determinar el cómo influye la quema en las características fisicoquímicas del suelo.

Comparar la respiración de los suelos en diferentes épocas del año, es decir, en época de invierno y en época seca o verano. Así mismo, comparar la respiración de los suelos a altitudes diferentes ya que, según la presente investigación, la altitud influye en gran medida en la relación C/N y MO, siendo primordiales para estimar la respiración del suelo.

Evaluar la respiración edáfica en Reservas Naturales a nivel del Ecuador, Costa, Sierra y Amazonía para estimar los factores o condiciones del clima que influyen en la respiración, además de conocer los diferentes microorganismos presentes en la zona ya que cada región se dedica a diferentes actividades industriales, ganaderas, agrícolas, etc.

Realizar una nueva fragmentación de los suelos del Parque Nacional Llanganates, especificando los suelos agropecuarios y agrícolas ya que presentan distintas características fisicoquímicas y depende en gran parte de las actividades antropogénicas realizadas en el lugar.

GLOSARIO

MO: Materia orgánica

CE: Conductividad eléctrica

HIP: Herbazal inundable del páramo

HP: Herbazal del páramo

C/N: Relación carbono-nitrógeno

TR: Transecto

PDyOT: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

PNL: Parque Nacional Llanganates

PIB: Producto Interno Bruto

SES: Servicios ecosistémicos de soporte y apoyo

SEA: Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento

SER: Servicios ecosistémicos de regulación

SEC: Servicios ecosistémicos culturales

GIDAC: Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, Alfredo y FORSYTHE, Warren. “Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica”. *Agronomía Costarricense* [en línea], 2005, (Costa Rica) vol. 29, pp.85-86. ISSN 0377-9424. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6312831>.

BAUTISTA, Francisco, JIMÉNEZ, Juan, NAVARRO, Jorge, MANU, Andrew y LOZANO, Rufino. “Microrelieve y color del suelo como propiedades de diagnóstico en Leptosoles Cársticos”. *Tierra Latinoamericana* [en línea], 2003, (México) vol. 21, p.3. [Consulta 12 noviembre 2022]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57321101.pdf>.

BRADY, Nyle. *Some Important Physical Properties of Mineral Soils* [en línea]. *The Nature and Properties of Soils*, 1984. Vol 10, pp. 36-39. Disponible en: https://www.academia.edu/23641831/The_nature_and_properties_of_soils.

BURBANO, Hernán. “El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria”. *Agronomía* [en línea], 2016, (Colombia) vol. 32, p.118. [Consulta: 10 noviembre 2022]. ISSN 2256-2273. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a11.pdf>.

BURBANO, Hernán. “La calidad y salud del suelo influyen sobre la naturaleza y la sociedad”. *Tendencias* [en línea], 2017, (Colombia) vol. 18, pp.118-126. [Consulta: 10 noviembre 2022]. ISSN 0124-8693. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/tend/v18n1/v18n1a07.pdf>.

CALVA, Carmen. Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo ácido de Loreto [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Quito. 2016. p. 7. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8227/1/T-UCE-0004-49.pdf>.

CASTILLO, Carmen. Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cuscamá el Tuma - La Dalia Matagalpa, 2005 [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. 2005 p. 15. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp35c352.pdf>.

CRUZ, Ignacio. “Emisiones de CO₂ en hogares urbanos. El caso del Distrito Federal”. *Estudios demográficos y urbanos* [en línea], 2016, (México) vol. 31, pp.120-121. [Consulta: 10 noviembre

2022]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/educm/v31n1/0186-7210-educm-31-01-00115.pdf>.

CUEVA, Alejandro, ROBLES, Carlos A., GARATUZA, Jaime y YÉPEZ, Enrico A. “Soil respiration in Mexico: Advances and future directions”. *Terra Latinoamericana* [en línea], 2016, (México) vol. 34, pp.253-254. [Consulta: 16 noviembre 2022] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00253.pdf>.

DI CIOCCO, Cesar, SANDLER, Rosana, FALCO, Liliana y COVIELLA, Carlos. “Actividad microbiológica de un suelo sometido a distintos usos y su relación con variables físico-químicas”. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO* [en línea], 2014, (Argentina) vol. 46, p.82. [Consulta: 18 diciembre 2022]. ISSN 1853-8665. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v46n1/v46n1a06.pdf>.

DOMÍNGUEZ, Julia, ROMÁN, Alma, PRIETO, Francisco y ACEVEDO, Otilio. “Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2012, (México) vol. 3, pp.141-145. [Consulta: 14 diciembre 2022]. ISSN 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263123192010.pdf>.

ESCUADERO, Alfonso y MEDIAVILLA, Sonia. “Dinámica interna de los nutrientes”. *Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente* [en línea], 2003, (España) vol. 12, pp.1-8. [Consulta: 14 diciembre 2022]. ISSN 1132-6344. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/540/54012105.pdf>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA-FAO. *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas* [en línea]. 2013. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA-FAO. *Servicios ecosistémicos proporcionados por especies y razas ganaderas.* Comisión de recursos genéticos para la alimentación y la agricultura [en línea]. 2014. p.2. [Consulta: 10 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ml779s/ml779s.pdf>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA-FAO. *Agricultura sostenible y biodiversidad; un vínculo indisoluble.* [en

línea]. 2018 pp.9-10. [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i6602s/i6602s.pdf>.

FERNÁNDEZ, Anahí, FARJI, Alejandro y SATTI, Patricia. “Factores que influyen sobre la actividad microbiana en basureros de hormigas cortadoras de hojas”. *Ecología Austral* [en línea], 2014, (Argentina) vol. 24, pp.103-110. [Consulta: 22 octubre 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/ecoaus/v24n1/v24n1a12.pdf>.

GALLART, Fernando. 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 [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad politécnica de Valencia, España. 2017. p. 5. [Consulta: 21 noviembre 2022]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94368/GALLART%20-%20La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20del%20suelo%20como%20indicador%20de%20la%20capacidad%20de%20uso%20de%20los%20suelo....pdf?sequence=1>.

GAMARRA, Cynthia, LEZCANO, Maura, VERA DE ORTÍZ, Mirtha, GALEANO, María del Pilar y CABRERA, Antero José Nicolás. “Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo”. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea], 2017, (Paraguay) vol. 9, p.7. [Consulta: 21 noviembre 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n46/2007-1132-remcf-9-46-4.pdf>.

GARCÍA, Y., RAMÍREZ, Wendy y SÁNCHEZ, Saray. “Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso”. *Pastos Y Forrajes* [en línea], 2012 vol. 35, pp.125-135. [Consulta: 7 julio 2022]. ISSN 0864-0394. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v35n2/pyf01212.pdf>.

GONZÁLEZ, José, GONZÁLEZ, Guillermo y CHÁVEZ, Eduardo. “Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas”. *Tecnología y Ciencias del Agua* [en línea], 2012, (México) vol. 3, pp.21-22. [Consulta: 14 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n1/v3n1a2.pdf>.

GREGORIO, José, LANZA, Pedro, CHURIÓN, César y GÓMEZ, Néstor. “Comparación entre el método Kjeldahl tradicional y el método Dumas automatizado (N Cube) para la determinación de proteínas en distintas clases de alimentos”. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente* [en línea], 2016, (Venezuela) vol. 28, p.3.

[Consulta: 6 agosto 2022]. ISSN 1315-0162. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4277/427749623006/427749623006.pdf>.

GUERRERO, Elsa y SUAREZ, Micaela. “Integración de valores económicos y sociales de los servicios ecosistémicos del parque Miguel Lillo (Necochea, Argentina)”. *Letras verdes* [en línea], 2019, (Argentina) p.72. [Consulta: 11 noviembre 2022]. ISSN 390-663. Disponible en: <https://revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes/article/view/3945/2872>.

HARALD, Anna. Respiration activity of soils (basic principles, process characteristics) [en línea], 1999. [Consulta: 14 octubre 2022].

HENRÍQUEZ, Carlos, ORTIZ, Oscar, LARGAESPALDA, Keneth, PORTUGUÉZ, Pamela, VARGAS, Mylin, VILLALOBOS, Pamela y GÓMEZ, Diego. “Determinación de la resistencia a la penetración, al corte tangencial, densidad aparente y temperatura en un suelo cafetareo, Juan Viñas, Costa Rica”. *Agronomía Costarricense* [en línea], 2011, (Costa Rica) vol. 35, pp.175-176. [Consulta: 14 octubre 2022]. ISSN 0377-9424. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v35n1/a10v35n1.pdf>.

HEREDIA, Henny, NARANJO, María y SUÁREZ, Benny. “El cambio climático y los determinantes sociales de la salud desde la perspectiva de la equidad”. *Epidemiología en Acción* [en línea], 2011 (Venezuela) vol. 10, p.59. [Consulta: 10 noviembre 2022]. ISSN 1690-3293. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/cs/v9n2/art08.pdf>.

HERNÁNDEZ, Yunay y MEDINA, Hanoi. “Estimación de la humedad del suelo mediante técnicas de asimilación de datos”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* [en línea], 2012, (Cuba) vol. 21, pp.30-31. [Consulta: 10 septiembre 2022]. ISSN 1010-2760. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v21n4/rcta05412.pdf>.

HUANCA, Freddy. Implementación del método respirométrico manométrico en la medición de la demanda bioquímica de oxígeno 5, para el control de calidad de aguas [en línea] (trabajo de titulación). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 2015. p. 52. [Consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18146/M-282.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

HUETE, Alfredo y LIU, Hui Quing. “A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise”. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote*

Sensing [en línea], 1995, vol 33. pp. 457-465. [Consulta: 8 septiembre 2022]. ISSN 1558-0644. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8746027>.

IBARRA, Daniel, RUIZ, José, GONZÁLEZ, Diego, FLORES, José y DÍAZ, Gabriel. “Distribución espacial del pH de los suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco, México”. *Agricultura técnica en México* [en línea], 2009, (México) vol. 35, p.268. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v35n3/v35n3a3.pdf>.

INGARAMO, O., PAZ, J., MIRÁS, J. y VIDAL, E. “Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo”. *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe* [en línea], 2007, (Argentina) vol. 32, p.129. [Consulta: 20 noviembre 2022]. ISSN 0213 - 4497. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/61899162.pdf>.

JARAMILLO, Daniel. Introducción a la ciencia del suelo [en línea] (trabajo de titulación). Universidad Nacional de Colombia. 2002. p.171. [Consulta: 14 julio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

LÓPEZ, Luis, SARMIENTO, Andrés, FAJARDO, Jorge, VALAREZO, Luis y ZULUAGUA, Robin. “Determinación del porcentaje de humedad, solubles e insolubles en agua de la fibra de CARLUDOVICA PALMATA (Paja Toquilla)”. *Ingenius* [en línea], 2013, (Ecuador) p.25. ISSN 1390-650X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/5055/505554814004.pdf>.

LÓPEZ, Ruth. “Servicios ecosistémicos del suelo”. *Ecuador es Calidad* [en línea], 2016, (Ecuador) vol. 4, p.10. [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: <https://revistaecuadorestcalidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorestcalidad/index.php/revista/article/view/52/128>.

LOZANO, P., ARMAS, A., MOLINA, E. y FLORES, V. “Analysis of Representativeness of the Paramo Ecosystem in the Conservation Modalities of the Chimborazo Province”. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.* [en línea], p.326. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://knepublishing.com/index.php/esepoch/article/view/9568/15917>.

LOZANO, Salvador, OLAZO, Jaime, PÉREZ, María, CASTAÑEDA, Ernesto, DÍAS, Gustavo y SANTIAGO, Gisela. “Infiltración y escurrimiento de agua en suelos de una cuenca en el sur de México”. *Tierra Latinoamericana* [en línea], 2020, (México) vol. 38, pp.57-66.

[Consulta: 22 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v38n1/2395-8030-tl-38-01-57.pdf>.

LUTERS, Alberto y SALAZAR, Juan Carlos. *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo* [en línea]. 2000, p. 4 y 52. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: <http://agroecologiar.com/wp-content/uploads/2019/08/Guia-eval-calidad-y-salud-del-suelo.pdf>.

MARTÍNEZ, Ruth, VIGUERA, Bárbara, DONATTI, Camila, HARVEY, Celia y ALPÍZAR, Francisco. *La importancia de los servicios ecosistémicos para la agricultura* [en línea]. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE), 2017, pp.10-11. [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: https://namacafe.org/sites/default/files/content/proyecto_cascada_modulo_3_servicios_ecosistemas_en_la_agricultura.pdf.

MILERA, Milagros de la Caridad. “Funciones de los servicios ecosistémicos en los sistemas ganaderos en Cuba”. *Pastos y Forrajes* [en línea], 2021, (Cuba) vol. 44, p.2. [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v44/2078-8452-pyf-44-eE22.pdf>.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT-MEA. *Ecosystems and human well-being* [en línea], 2005. [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR-MAE. *Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador Continental* [en línea]. Subsecretaría de Patrimonio Natural, 2013. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: <http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/NIVEL%20NACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Sistema.pdf>.

MORALES, Segundo. Relación de la respiración edáfica con las propiedades Físico-Químicas de los suelos de la microcuenca del río Guano, provincia de Chimborazo [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Ecuador. 2020. pp.11-31. [Consulta: 3 diciembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14255/1/156T0012.pdf>.

MORENO, Carla, GONZÁLEZ, María y EGIDO, José. “Influencia del manejo sobre la calidad del suelo”. *Ecuador es calidad* [en línea], 2015, (Ecuador) vol. 2, p.2. [Consulta: 4 junio 2022]. Disponible en:

<https://revistaecuadorestabilidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorestabilidad/index.php/revista/article/view/8/21>.

MUHAMMAD, Karen. *Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático* [en línea]. Resiliencia y gestión integral de riesgos en la agricultura, 2015, p.9. [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B3982E/B3982E.PDF>.

NOVILLO, Indira, CARRILLO, Manuel, CARGA, Jessica, MOREIRA, Virginia, ALBÁN, Karla y MORALES, Fátima. “Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de los Ríos, Ecuador”. *Temas agrarios* [en línea], 2018, (Ecuador) vol. 23, p.178. [Consulta: 11 noviembre 2022]. ISSN 0122-7610. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6587923>.

OCHOA, Clarisa y URROZZ, Francisco. Determinación de la actividad microbiana como indicador biológico en suelos agrícolas del Occidente de Nicaragua (En el periodo abril 2009 Marzo 2011) [en línea] (Maestría). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Nicaragua. 2011. p. 3. [Consulta: 19 noviembre 2022]. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3596/1/219852.pdf>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS-ONU. ¿Qué es el cambio climático? [en línea]. 2021. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>.

OSORIO, N.W. “pH del suelo y disponibilidad de nutrientes”. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal* [en línea], 2012, (Colombia) vol. 1, p.4. [Consulta: 14 junio 2022]. Disponible en: <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>.

OSUNA, Esteban y PADILLA, J. “Estimación de la sorbilidad e infiltración usando datos de simulación de lluvia para tres tipos de suelos de la zona semiárida de México”. *Tierra Latinoamericana* [en línea], 1998, (México) vol. 16, p.293. [Consulta: 20 noviembre 2022]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316401.pdf>.

PARDO, Nicolás, LÓPEZ, Deisy y RICO, María. “Inclusión de concretos sostenibles en el cumplimiento de la Resolución 0472 de 2017 y la disminución de emisiones del sector constructor colombiano: Análisis de materiales”. *Revista Logos Ciencia & Tecnología* [en línea], 2021,

(Colombia) vol. 14, pp.76-85. [Consulta: 10 noviembre 2022]. ISSN 2422-4200. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/logos/v14n1/2422-4200-logos-14-01-76.pdf>.

PAUCAR, Paola y VELASTEGUI, Juan, 2019. Cuantificación de la respiración edáfica como medida de la actividad microbiana en suelos de la microcuenca del río Chimborazo [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2019. pp. 31-37. [Consulta: 19 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11137/1/236T0439.pdf>.

PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL-PDYOT. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial* [en línea]. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San José de Poaló, 2020, pp.125-126. [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: http://poalo.gob.ec/anexos/2020/PDOT_GAD_SJ_POALO_2020.09.10_FIN.pdf.

PEDRAZA, Raúl O., TEIXEIRA, Kátia R.S., FERNÁNDEZ, Ana, GARCÍA, Inés, BACA, Beatriz E., AZCÓN, Rosario, BALDANI, Vera L.D. y BONILLA, Ruth. “Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos”. *Revista Corpoica* [en línea], 2010, (Colombia) vol. 11, pp.155-164.

PELL, Mikael, STENSTROM, Jhon y GRANHALL, Ulf. *Introduction: Definition Of, and Objectives for, Measuring Soil Respiration* [en línea]. Microbiological methods for assessing soil quality, 1959. p. 120. [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: <http://sherekashmir.informaticspublishing.com/324/1/9780851990989.pdf>.

PEREZ, Alejandro, GALVIS, Arturo, MONTOYA, Rubén, HERNÁNDEZ, Teresa, VÁZQUEZ, Mario y RODRÍGUEZ, Agustín. “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, p.172. [Consulta: 26 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n1/2007-0934-remexca-8-01-171.pdf>.

PÉREZ, P., OURO, G., MERINO, A. y MACÍAS, F. “Descomposición de materia orgánica, biomasa microbiana y emisión de CO₂ en un suelo forestal bajo diferentes manejos selvícolas”. *Edafología* [en línea], 1998, (España) vol. 5, pp.83-93. [Consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/Volumen%205.%20Diciembre%201998.%20pag%2083-93.pdf>.

PÉREZ, Pedro, GONZALO, Barberá y GARCÍA, Carmelo. “Estimación de la humedad del suelo a niveles de capacidad de campo y puntos de marchitez mediante modelos predictivos a escala regional”. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* [en línea], 2015, (España) pp.326-327. [Consulta: 15 octubre 2022].

RAMÍREZ, Álvaro y MORENO, Flavio. “Microbial and Root Respiration in Soils of Tropical Primary and Secondary Forests (Porce, Colombia)”. *Revista Facultad Nacional de agronomía sede Medellín* [en línea], 2008, (Colombia) vol. 61, pp.4381-4393. [Consulta: 27 septiembre 2022] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v61n1/a14v61n1.pdf>.

SIMÓN, Mauricio, PERALTA, Nahuel y COSTA, José Luis. “Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes”. *Ciencia del suelo* [en línea], 2013, (Argentina) vol. 31, p.46. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v31n1/v31n1a05.pdf>.

SOLANO, M., RAMÓN, P., GUSMÁN, E., BURNEO, J., QUICHIMBO, P. y JIMÉNEZ, L. “Efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo en un matorral seco en Ecuador”. *Asociación Española de Ecología Terrestre* [en línea], 2018, (Ecuador) vol. 27, p.116. [Consulta: 19 mayo 2022]. ISSN 1697-2473.

TERÁN-VALDEZ, Andrea, PINTO, Esteban, ORTIZ, Edwin, SALAZAR, Edison, CUESTA, Francisco y SUÁREZ, Christian. *Conservación y uso sostenible de los páramos de Tungurahua* [en línea]. Conocer para manejar, 2019. [Consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: https://condesan.org/wp-content/uploads/2020/05/CONDESAN_2019_Monitoreo_TUNGURAHUA.pdf.

THIEN, SJ. A flow diagram for teaching texture-by-feel analysis. *Journal of Agronomic Education* [en línea], 1979, (United States) vol. 8, pp.54-55.

URIBE, Eduardo. *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina* [en línea]. CEPAL, 2015. p. 28. [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf?sequence=1.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE-USDA. *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo* [en línea]. USDA, 1999. [Consulta: 27 marzo 2022]. Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051284.pdf.

VÁSQUEZ, José, MACÍAS, Felipe y MENJIVAR, Juan. “Respiración del suelo según su uso y su relación con algunas formas de carbono en el departamento del Magdalena”. *Bioagro* [en línea], 2013, (Colombia) vol. 25, p. 176. [Consulta: 3 junio 2022]. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v25n3/art04.pdf>.

YÁÑEZ, María, CANTÚ, Israel, GONZÁLEZ, Humberto, JURADO, Enrique, GÓMEZ, Marco v. y MARMOLEJO, José. “Respiración del suelo en cuatro sistemas de uso de la tierra”. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea], 2017, (México) vol. 8, pp.125-126. [Consulta: 9 abril 2022]. ISSN 2448-6671. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v8n42/2007-1132-remcf-8-42-00123.pdf>.

ZURITA, Susana, VELASCO, Marco y LISINTUÑA, Johana. “Análisis diversidad florística del ecosistema herbazal inundable del páramo comunidad río colorado alto, Pilahuin – Tungurahua”. *Polo del Conocimiento* [en línea], 2020, (Ecuador) vol. 5, p.87. [Consulta: 6 julio 2022]. ISSN 2550-682X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7659361>.



ANEXOS

ANEXO A: MUESTREOS

Muestreo en zona agropecuaria



Vistas





Muestreo de Herbazal de páramo



Vistas





Muestreo de Herbazal Inundable de Páramo



Vistas



ANEXO B: ANÁLISIS DE LABORATORIO

Análisis en laboratorio

Respiración edáfica





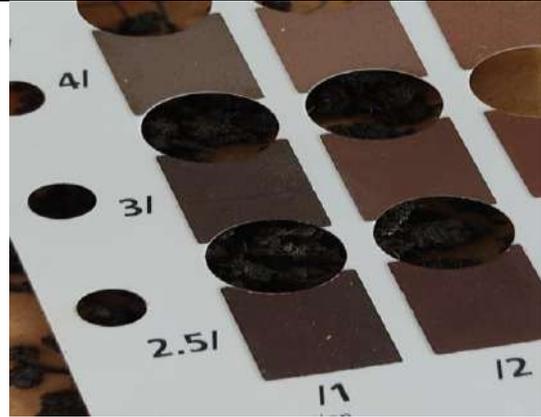
pH y Conductividad



Textura



Color



ANEXO C: REPORTE DE ANÁLISIS DE ELEMENTOS



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

"Saber para Ser"



REPORTE DE RESULTADOS DE ANÁLISIS Analizador elemental orgánico Flash-2000

Riobamba, 22 de Julio de 2022

Con atención: Tutor: Ing. Carlos Rosero.
Tesis: "Respiración edáfica en San José de Poaló".
Tesis: Valeria Gutierrez

Estándar utilizado: BBOT (Elemental Microanalysis Ltd.)

Contenido en porcentaje: C= 72.58% (\pm 0.26), N=6.53% (\pm 0.11), H=6.10% (\pm 0.08), S=7.41% (\pm 0.08).
*. Incertidumbres al 95% de confianza, 2 sigma.

Resultados de análisis (5 muestras, 2 páginas)

Fecha de análisis	Muestras-estándares	Elemento (%)		
		N	C	H
22-jul-2022	Promedio estándares	7.02	74.13	6.99
	Tesis resp edf (Poalo). V Gutierrez -CR-, MCHIP	1.08	17.14	2.46
	Tesis resp edf (Poalo). V Gutierrez -CR-, MCT1 HP	0.84	11.55	1.76
	Tesis resp edf (Poalo). V Gutierrez -CR-, MCT2 HP	0.88	12.59	1.89
	Tesis resp edf (Poalo). V Gutierrez -CR-, MCT2 AGR1	0.44	4.77	0.99
	Tesis resp edf (Poalo). V Gutierrez -CR-, MCT1 AGR1	0.27	2.38	0.70

Atentamente.


Ing. José Luis Herrera R. MSc.
Técnico de Investigación Ocasional I

ANEXO D: AVAL DE INVESTIGACIÓN



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICADO

A QUIEN INTERESE:

CERTIFICO QUE: Jenny Valeria Gutiérrez Gavilanez, con cédula de identidad 2200611149, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, desarrollará el proyecto de titulación "EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA EN LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE POALÓ, PROVINCIA DE TUNGURAHUA", mismo que forma parte del Proyecto de Investigación IDIPI-234 "Los sistemas lacustres del centro del Ecuador como fuente o sumideros de dióxido de carbono como determinante para su conservación" del Instituto de Investigaciones, dirigido por mi persona.

Este proyecto de titulación contribuirá a la consecución de los objetivos propuestos en el mencionado proyecto de investigación, razón por la cual se otorga el AVAL para la realización de las diferentes actividades y el apoyo técnico que así lo requiera el estudiante.

Cabe mencionar que el patrimonio intelectual de los resultados que se obtengan del proyecto de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y que los estudiantes mencionados se comprometen al cumplimiento estricto de los artículos 11, 30 y 43 del Código de Ética de la ESPOCH correspondientes a responsabilidades éticas, deberes y prohibiciones durante su permanencia en la institución y el tiempo que conlleve la ejecución del proyecto.

Riobamba, 05 de Mayo de 2022

Atentamente,



ANDRES AGUSTIN
BELTRAN DAVALOS

Ing. Andrés Beltrán Msc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN





esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 16 / 02 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Jenny Valeria Gutiérrez Gavilánez
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo



0300-DBRA-UPT-2023