



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

**CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA COMO
MEDIDA PARA LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN LA ZONA DE
PANZARRUMI DEL PARQUE NACIONAL DE LLANGANATES**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: LIZBETH ANAIS PAZMIÑO FREIRE

DIRECTOR: Ing. CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Lizbeth Anais Pazmiño Freire

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

Yo, LIZBETH ANAIS PAZMIÑO FREIRE, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de 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 integración curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de abril del 2022

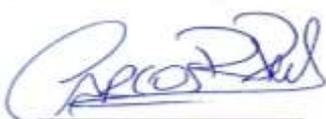
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'LIZBETH ANAIS PAZMIÑO FREIRE', written over a horizontal line.

Lizbeth Anais Pazmiño Freire

180547417-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación: **CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA COMO MEDIDA PARA LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN LA ZONA DE PANZARRUMI DEL PARQUE NACIONAL DE LLANGANATES**, realizado por la señorita **LIZBETH ANAIS PAZMIÑO FREIRE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Sofia Carolina Godoy Ponce MSc. PRESIDENTE DE TRIBUNAL		2022-04-13
Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-04-13
Ing. Andrés Agustín Beltrán Davalos MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-04-13

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a las personas que han estado a mi lado en esta trayectoria de vida, en especial a mis padres Abelino y Gladys, a mis hermanas Milena y Dayana, a mis sobrinos Christopher, Ian y Keyla, a Fernando ya que todos ellos son los inspiradores de este sueño y un ejemplo a seguir, también brindo este trabajo de investigación a todos los docentes quienes compartieron sus conocimientos y finalmente a Dios, al Divino niño y a la Virgen del Cisne que han guiado y bendecido mi camino.

Anais

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, al Divino Niño y a la Virgen del Cisne por ser quienes guiaron y bendijeron mi camino para cumplir este objetivo de vida.

A mi madre y a mi padre por ser quienes me dieron su apoyo y amor incondicional, sus consejos, la mano en todo momento, por ser mi inspiración, por cuidarme siempre, gracias infinitas por ser mi ejemplo de valentía y honestidad, por no soltar mi mano en este difícil caminar.

A mis hermanas por cuidarme, quererme, ayudarme, tenerme paciencia, apoyarme y dar siempre lo mejor de sí, a Ud. gracias infinitas.

A mis sobrinos quienes fueron fuente de inspiración en este largo camino.

A una persona especial gracias por ayudarme, cuidarme, tenerme paciencia, a ver estado ahí proporcionando un mensaje o una mano en lo que necesite.

A mis docentes por ser quienes impartieron sus conocimientos a lo largo del tiempo estudiantil.

A cada uno de los miembros de GIDAC- ESPOCH, por su ayuda, sus conocimientos, por las experiencias vividas durante la investigación.

A mis amigos que me dieron su cariño y apoyo en este caminar compartiendo experiencias únicas e inolvidables, los llevare en mi corazón siempre Vale, Lis, Nube y Jona.

Anais

TABLA DE CONTENIDOS

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

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.2. Formulación del problema.....	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Base teórica	5
1.4.1. <i>Actividad microbiana</i>	5
1.4.1.1. <i>Factores que influyen en la actividad microbiana</i>	6
1.4.1.2. <i>Microorganismos del suelo</i>	6
1.4.2. <i>Respiración de suelo</i>	7
1.4.2.1. <i>Proceso de respiración de suelo</i>	7
1.4.2.2. <i>Métodos de cuantificación de la respiración edáfica</i>	7
1.4.2.3. <i>Relación carbono / nitrógeno (C: N) del suelo</i>	8
1.4.2.4. <i>Factores que influyen en la tasa de respiración de suelo</i>	8
1.4.2.5. <i>Clasificación y propiedades del suelo</i>	9
1.4.2.6. <i>Estado biológico del suelo</i>	9
1.4.2.7. <i>Relación de la respiración edáfica en los parámetros fisicoquímicos</i>	10
1.4.3. <i>Parques nacionales</i>	10
1.4.3.1. <i>Parque Nacional Llanganates</i>	10
1.4.3.2. <i>Estado de conservación del parque nacional Llanganates</i>	10
1.4.4. <i>Usos de suelo</i>	11
1.4.4.1. <i>Herbazal Páramo</i>	11
1.4.4.2. <i>Herbazal inundable</i>	11

1.4.4.3.	<i>Agrícola</i>	11
1.4.5.	Tipos de cultivo	11
1.4.5.1.	<i>Uso actual del recurso suelo</i>	13
1.5.	Bases Conceptuales	13
1.5.1.	<i>Microorganismos</i>	13
1.5.2.	<i>Suelo</i>	13
1.5.3.	<i>Ciclo del carbono</i>	14
1.5.4.	<i>Ciclo del nitrógeno</i>	14
1.5.5.	<i>Dióxido carbono</i>	15
1.5.6.	<i>Uso de suelo</i>	15
1.5.7.	<i>Reactivos</i>	15
1.5.8.	Parámetros fisicoquímicos	15
1.5.8.1.	<i>Materia Orgánica</i>	15
1.5.8.2.	<i>Nitrógeno total</i>	15
1.5.8.3.	<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	16
1.5.8.4.	<i>Conductividad Eléctrica (CE)</i>	16
1.5.8.5.	<i>Porcentaje de humedad (%)</i>	16
1.5.8.6.	<i>Textura</i>	16
1.5.8.7.	<i>Color</i>	17

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	18
2.1.	Lugar de estudio	18
2.1.1.	<i>Ubicación</i>	18
2.1.2.	<i>Limites</i>	18
2.1.3.	<i>Altitud y Condiciones Climáticas</i>	19
2.2.	Tipo de Investigación	19
2.3.	Diseño de la investigación	19
2.4.	Técnicas de recopilación de datos	19
2.4.1.	<i>Unidad de análisis</i>	20
2.4.2.	<i>Población de estudio</i>	20
2.4.3.	<i>Tamaño de muestra</i>	20
2.5.	Selección de muestra	21
2.6.	Diseño Experimental	23
2.6.1.	<i>Análisis estadístico</i>	24

2.6.2.	<i>Fase de Campo</i>	24
2.6.2.1.	<i>Identificación de usos de suelo en el Parque Nacional Llanganates</i>	24
2.6.2.2.	<i>Diseño de muestreo</i>	25
2.6.2.3.	<i>Recolección de muestra</i>	25
2.6.3.	<i>Fase de laboratorio</i>	26
2.6.3.1.	<i>Preparación de reactivos</i>	26
2.6.3.2.	<i>Valoración de dióxido de carbono (CO₂)</i>	27
2.6.3.3.	<i>Cálculo de la respiración edáfica</i>	29
2.6.4.	<i>Análisis de parámetros fisicoquímico del suelo</i>	32
2.6.4.1.	<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	32
2.6.4.2.	<i>Conductividad eléctrica (CE)</i>	32
2.6.4.3.	<i>Porcentaje de humedad</i>	33
2.6.4.4.	<i>Materia Orgánica y Carbono Orgánico</i>	33
2.6.4.5.	<i>Nitrógeno total</i>	34
2.6.5.	<i>Textura del suelo</i>	34
2.6.6.	<i>Color del suelo</i>	35
2.6.7.	<i>Obtención del índice de Vegetación Estandarizado</i>	36

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
3.1.	Determinación de los usos de suelo de la Laguna de anteojos, zona de Panzarrumi, de los Llanganates	37
3.2.	Cuantificación de la respiración edáfica	38
3.2.1.	<i>Herbazal de páramo</i>	38
3.2.2.	<i>Herbazal inundable</i>	40
3.2.3.	<i>Agrícola</i>	41
3.2.4.	<i>Media y mediana</i>	43
3.2.4.1.	<i>Distribución de normalidad de la respiración edáfica de los diferentes ecosistemas y uso de suelo</i>	44
3.3.	Correlación de los parámetros fisicoquímico en relación a la respiración edáfica	45
3.3.1.	<i>Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del ecosistema herbazal páramo</i>	46
3.3.2.	<i>Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del ecosistema herbazal inundable</i>	49

3.3.3.	<i>Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del suelo agrícola</i>	52
3.4.	Influencia de la respiración edáfica con el índice de vegetación estandarizada ...	56
	CONCLUSIONES	58
	RECOMENDACIONES	59
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Coordenadas de transectos y estratos de la toma de muestras.....	21
Tabla 2-2:	Diseño de bloques trifactorial para tratamiento de suelos.....	23
Tabla 3-2:	Análisis estadísticos	24
Tabla 4-2:	Método de análisis de nitrógeno total.....	34
Tabla 1-3:	Resultados de la respiración edáfica.....	38
Tabla 2-3:	Resultados de la respiración edáfica en el herbazal inundable.....	40
Tabla 3-3:	Resultados de la respiración edáfica en suelo agrícola.....	41
Tabla 4-3:	Resultados de respiración de media y mediana.	43
Tabla 5-3:	Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del ecosistema herbazal páramo.....	46
Tabla 6-3:	Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del ecosistema herbazal inundable	49
Tabla 7-3:	Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del suelo agrícola	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Mapa de Ubicación de la Laguna de Anteojos.....	18
Figura 2-2:	Transectos de muestreo.	20
Figura 3-2:	Diseño del muestreo en campo del uso de suelo herbazal de páramo.	25
Figura 4-2:	Diagrama de texturas de suelo.....	35
Figura 5-2:	Tabla de color de Munsell.	36
Figura 1-3:	Transectos y usos de suelo de la zona de estudio.....	37
Figura 2-3:	Mapa del índice de vegetación estandarizado y la respiración del suelo.	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Respiración edáfica en (mg/g), herbazal páramo en condiciones real y seco. ..	39
Gráfico 3-2:	Respiración edáfica en (mg/g), herbazal inundable en condiciones real y seco.	40
Gráfico 3-3:	Respiración edáfica en (mg/g), herbazal inundable en condiciones real y seco.	42
Gráfico 4-3:	Respiración edáfica en (mg/g) en los puntos media y mediana (herbazal páramo).	43
Gráfico 5-3:	Distribución de normalidad de C-CO ₂ (mg/g).	45
Gráfico 6-3:	Relación entre la respiración edáfica y la humedad.	47
Gráfico 7-3:	Relación entre la respiración edáfica y el pH.	47
Gráfico 8-3:	Relación entre la respiración edáfica y la CE.	48
Gráfico 9-3:	Relación entre la respiración edáfica y el nitrógeno (N).	48
Gráfico 10-3:	Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica (MO).	49
Gráfico 11-3:	Relación entre la respiración edáfica y la humedad	50
Gráfico 12-3:	Relación entre la respiración edáfica y el pH.	50
Gráfico 13-3:	Relación entre la respiración edáfica y la CE.	51
Gráfico 14-3:	Relación entre la respiración edáfica y el nitrógeno (N)	51
Gráfico 15-3:	Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica (MO).	52
Gráfico 16-3:	Relación entre la respiración edáfica y la humedad	53
Gráfico 17-3:	Relación entre la respiración edáfica y el pH.	53
Gráfico 18-3:	Relación entre la respiración edáfica y la CE.	54
Gráfico 19-3:	Relación entre la respiración edáfica y el nitrógeno (N)	54
Gráfico 20-3:	Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica (MO).	55
Gráfico 21-3:	Matriz de correlación de los parámetros, EVI Y RS estudiados	55

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CÁLCULOS PARA LA PREPARACIÓN DE REACTIVOS

ANEXO B: FÓRMULAS UTILIZADAS PARA HALLAR DE RESPIRACIÓN EDÁFICA

ANEXO C: RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE NITRÓGENO Y CARBONO TOTALES

ANEXO D: CÁLCULO DE RESPIRACIÓN EDÁFICA

ANEXO E: COMPILACIÓN FOTOGRÁFICA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AFL.	ARENA FINA
AG.	ARENA GRUESA
AM.	ARENA MEDIA
CC.	CULTIVOS DE COBERTURA
CE.	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA
EVI.	ÍNDICE DE VEGETACIÓN ESTANDARIZADA
GIDAC.	GRUPO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PARA EL AMBIENTE Y CAMBIO CLIMÁTICO
MO.	MATERIA ORGÁNICA
PH.	POTENCIAL DE HIDRÓGENO
RS.	RESPIRACIÓN DEL SUELO
SIG.	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
SPSS.	STATISCAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo cuantificar la respiración edáfica como medida de la actividad microbiana en la zona de Panzarrumi, Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates, se realizó mediante una metodología tipo exploratorio de diseño no experimental bajo un enfoque misto e inferencia deductiva, mediante el sistema de información geográfica, donde se determinaron tres ecosistemas (herbazal de páramo, herbazal inundable y agrícola), de las cuales se obtuvieron nueve muestras compuestas en las cuales se determinaron la respiración edáfica, actividad microbiana y parámetro fisicoquímico (pH, materia orgánica, porcentaje de humedad, conductividad eléctrica, nitrógeno y índice de vegetación estandarizada). Para cada uno de estos parámetros se utilizó una titulación inversa con ácido clorhídrico, hidróxido de sodio, fenolftaleína y cloruro de bario en la respiración edáfica, mientras que cada parámetro se utilizó equipos como el pH metro, conductímetro, estufas, balanzas, etc. En los resultados obtenidos se identificó que en el herbazal inundable se obtuvo un valor máximo de 0.209 C-CO₂ (mg/g) de respiración edáfica, mientras que el valor mínimo de respiración edáfica se encontró en los suelos de páramo con 0.0250 mg/g. La mejor correlación del parámetro fisicoquímico respecto a la respiración edáfica de los suelos herbazales, fue la humedad y la conductividad eléctrica mientras que en el cultivo de ciclo corto fue la humedad, conductividad eléctrica y el pH. La relación entre el EVI y la respiración edáfica, el valor más alto obtenido se presentó en un rango de (0.334 a 0.388) con un valor de 0.05 con la conclusión que se identificó diferentes usos de suelo, los valores de respiración edáfica máxima se dieron en los suelos de Herbazal inundable y estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre la respiración edáfica con los diferentes usos de suelo. Se recomienda realizar más puntos de muestreo para obtener mejores resultados.

Palabras clave: <ACTIVIDAD MICROBIANA>, <PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS>, <RESPIRACIÓN EDÁFICA>, <ECOSISTEMAS>, <TIPOS DE SUELO>.



ABSTRACT

The aim of this graduation work was to quantify the edaphic respiration as a measure for microbial activity in Panzarrumi, Laguna de Antejos, located in Llanganates National Park. This was carried out by means of a non-experimental design exploratory methodology, based on a methodological approach and deductive inference through the geographic information system, where three ecosystems were determined (paramo grassland, flooded grassland and agricultural), from which nine composite samples were obtained and some parameters such as: edaphic respiration, microbial activity and physicochemical parameters (pH, organic matter, humidity percentage, electrical conductivity, nitrogen and standardized vegetation index) were determined. For each of these parameters, a back titration with hydrochloric acid, sodium hydroxide, phenolphthalein and barium chloride was used for edaphic respiration as well as equipment such as the pH meter, conductivity meters, stoves, scales, etc. According to the results obtained, it was evidenced that a maximum value of 0.209 C-CO₂ (mg/g) belonging to edaphic respiration was obtained in the floodable grassland, while the minimum value of edaphic respiration was found in the paramo soils with 0.0250 mg/g. The best correlation of the physicochemical parameter regarding edaphic respiration of grassland soils was moisture and electrical conductivity while for the short-cycle crop was moisture, electrical conductivity and pH. As a result of the relationship existing between EVI and edaphic respiration, it was evidenced that the highest value obtained was presented in a range of (0.334 to 0.388) with a value of 0.05 identifying different land uses. The maximum edaphic respiration values were present in flooded grassland soils, therefore there was no any statistically significant difference between soil respiration and the different land uses. It is recommended to establish more sampling points in order to obtain better results.

Keywords: <MICROBIAL ACTIVITY>, <PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS>, <EDAPHIC RESPIRATION>, <ECOSYSTEMS>, <SOIL TYPES>.



Lic. Paúl Rolando Armas Pesántez

C.I. 0603289877

INTRODUCCIÓN

Actualmente el Parque Nacional Llanganates es una zona de conservación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, sus ecosistemas proveen de bienes y servicios necesarios para el desarrollo adecuado de la vida. Existe una gran diversidad de organismos y recursos abióticos como agua y suelo. (López, 2019, p. 13).

Existen algunos problemas que ponen en peligro la gran cantidad de recursos naturales, sus poblaciones autóctonas quedan expuestas a sufrir daños por actividades extractivistas como la minería, asimismo las obras de transvase y las zonas anegadas al sobrepastoreo debido a la introducción de ganado vacuno y ovino, también contribuye en la degradación de los humedales, la biodiversidad se ha visto afectada por la caza de aves, mamíferos, en épocas de reproducción; comunidades aledañas son quienes pierden conocimientos y prácticas ancestrales en el manejo, cuidado de páramos y humedales, por la extrema pobreza y la contaminación (Vázquez et al., 2015, p. 1-2).

Los suelos son considerados reservorios de carbono en los ecosistemas terrestres, no obstante, las actividades antes mencionadas revierten el flujo de carbono (C) convirtiéndose así en una fuente muy notable de emisiones de dióxido de Carbono (CO₂) o respiración de suelo (R_s) (Covaleda, 2009, p. 125). El dióxido de carbono es un derivado de los cambios repentinos en el uso del suelo, incorporando la segunda fuente antrópica de carbono a la atmosfera y haciéndola la más importante en el ciclo global del carbono (Benavides & León, 2007, p. 5). La respiración del suelo conlleva una serie de procesos metabólicos para transformar moléculas orgánicas que liberan energía, agua y CO₂ dentro de las células, por lo cual los seres bióticos desarrollan su crecimiento, reproducción y supervivencia, además está en la suma de producción de CO₂ liberado por respiración de raíces, la respiración microbiana, descomposición de hojarasca y oxidación de materia orgánica (García, 2016, p. 2-3).

En el contexto mencionado con anterioridad existe un alto nivel de contaminación a causa de actividades negativas para la biota, que ha sido un tema poco investigado, por lo que es preciso estudiar la situación actual de los ecosistemas con el propósito de evaluar la actividad microbiana, el almacenamiento de nutrientes, el ciclo del carbono, el flujo de energía, la dinámica del suelo, entre otros procesos de la zona; por ende los ecosistemas desarrollan un papel importante que benefician a la generación de servicios ambientales y a los seres vivos de comunidades aledañas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Cuantificar la respiración edáfica como medida de la actividad microbiana en la zona de Panzarrumi, Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates.

Objetivos Específicos

Determinar la influencia de la respiración edáfica en los tratamientos planteados en los distintos usos de suelos procedentes de la zona de Panzarrumi, Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates.

Analizar la influencia de las características fisicoquímicas en la respiración de los suelos procedentes de la zona de Panzarrumi, Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates.

Identificar la influencia del índice de vegetación estandarizada con respecto a la respiración edáfica presente en la zona de Panzarrumi, Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

El suelo es la capa más superficial de la corteza terrestre y constituye uno de los recursos más importantes del planeta, no obstante, este recurso a sufrido constantes agresiones por la actividad humana (Vázquez, 2014, p. 17).

El investigador chileno Gutiérrez, (2014) evaluó la actividad microbiana mediante el método de espirometría con cámaras de incubación, utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 6 repeticiones por tratamiento más dos controles; la variable respuesta fueron los mg C-CO₂ m-2día-1 emitidos durante 5 días de incubación; los resultados obtenidos demostraron la variabilidad y la sensibilidad del sistema suelo frente al manejo y las variaciones en la temperatura del suelo. En conclusión, la actividad microbiológica del tratamiento orgánico da cuenta de un mayor potencial para almacenar carbono en los estratos estables, en comparación al sistema de manejo convencional.

En el proyecto de estudio en el sector de El Eriegue San Joaquín, Estado Carabobo de Venezuela, la respiración y biomasa microbiana en suelo impactados con residuos urbanos, en la que se determinó la respiración siguiendo el desprendimiento de CO₂ por la actividad de microorganismos del suelo, la biomasa microbiana y por último el coeficiente metabólico, para el presente estudio se analizaron 10 muestras de (relleno, suelo) y dos controles dando como resultado de esta investigación que la respiración obtuvo valores promedio de (6 +- 3 mg C-CO₂/ kg suelo *día) para el suelo y para el relleno presentó valores promedio (5+- 2 mgC-CO₂/ kg suelo *día), además se observó que los desechos urbanos inhibieron la actividad de microorganismos del suelo con una masa microbiana de 5 y 28 mg C kg⁻¹; lo que significa que los suelos del sector sufre un alto estrés microbiano (Palma, 2011, p. 27).

Por otro lado en los últimos años se ha incrementado el interés por el estudio de los microorganismos presentes en el suelo como indicadores del estado de salud del mismo así que el objetivo principal de dicha investigación es la identificación de marcadores microbiológicos de la recuperación de suelo afectados por incendios forestales en los suelos de Andalucía (Sur de España); las zonas de muestreo seleccionadas en este estudio fueron en Jaén el Parque Natural de Cazorla, los resultados de este proyecto fueron que en todas las muestras analizadas mediante la técnica de recuento en placa, el número de bacterias fue siempre mayor que el de mohos y levadura. No se observaron diferencias significativas en los microorganismos viables de las

muestras de control y quemadas en ninguna de las dos zonas estudiadas (Cueva-Rodríguez et al. 2012, p. 328–331)

La investigación titulada “Respiración microbiana del suelo en sitios con diferente cobertura Arbórea en el bosque Abies Religiosa en la cuenca del Río Magdalena D.F., México”, se midió la cantidad de CO₂ producido por la actividad microbiana en el suelo de un bosque de Abies Religiosa con diferente cobertura arbórea durante dos diferentes temporadas. Se realizaron muestras compuestas por sitio y se obtuvieron cuatro replicas. Como resultados se encontró que la humedad, materia orgánica y cociente C/N tuvieron algún efecto sobre la respiración en una de las dos temporadas y la cobertura arbórea, nitrógeno y carbono no tuvieron algún efecto significativo, porque se puede concluir que las estaciones tienen un efecto en la respiración, humedad y calidad de sustrato en ambas temporadas de cada lugar de estudio (Paredes, 2016)

(Chavarría, 2018), menciona que la información referida a las comunidades microbianas, sus actividades y participación en los procesos que determinan el funcionamiento del suelo, puede proporcionar datos necesarios para estudiar el impacto de técnicas agrícolas alternativas como la inclusión de cultivos de cobertura (CC). El objetivo fue cuantificar el efecto de la diversidad microbiana del suelo en respuesta a la inclusión de cultivos de cobertura y sus interacciones con variables químicas y físicas, en la intensificación sustentable de sistemas productivos de la pampa húmeda, con el incremento en la diversidad microbiana estuvo además, asociado a una mayor actividad enzimática edáfica y una mayor eficiencia en el uso de fuentes carbonadas así indican los resultados indican que la inclusión de CC es una herramienta útil para mejorar la fertilidad del suelo y contribuir a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas de la región pampeana.

(Paucar & Velastegui 2019, p. 41–48) realizaron su proyecto de investigación titulado “Cuantificación de la respiración edáfica como medida de la actividad microbiana en suelos de la Microcuenca del Río Chimborazo” en donde su objetivo principal fue identificar la respiración edáfica como medida de la actividad microbiana en suelos de la Microcuenca del Río Chimborazo, en esta trabajo de titulación se identificó que la zona tiene cuatro usos de suelo, entre estas él (páramo, pastizales, plantaciones forestales y cultivo), en cuanto a la respiración edáfica el páramo presentó valores máximos como medida indirecta de la actividad microbiana de (1.0193 C-CO₂ mg/g suelo), el suelo de pastizales (0.5925 C-CO₂ mg/g suelo), cultivo (26.24 C-c-CO₂ mg/g suelo), y en las plantaciones (0.51142 C-CO₂ mg/g suelo). Por lo que concluyeron que los factores abióticos estudiados presentaron correlación significativa en la respiración edáfica en el suelo de cultivo con (sig.0.003) siendo este el factor de mayor influencia en la Rs puesto que los otros factores abióticos presentan correlaciones moderadas con la respiración.

1.2. Formulación del problema

¿Es posible evaluar la actividad microbiana mediante los coeficientes de respiración del edáfica, en la zona de Panzarrumi, del Parque Nacional Llanganates?

1.3. Justificación

El presente proyecto se realizó con el propósito de dar a conocer la calidad del suelo que posee la zona de estudio frente a los usos que se le da, aun sin disponer de información actual referente al tema. La importancia de conocer esta información radica en que la actividad microbiana que se constituye como un indicador del suelo, misma que es esencial para mantener la fertilidad y sus funciones ecológicas en la sustentabilidad de los agro-sistemas.

Existe escasa información respecto de la zona de estudio y los factores involucrados como: temperatura, humedad, potencial de hidrogeno (pH), entre otros, que influyen en la descomposición de la materia orgánica, así como las emisiones de CO₂ edáfico que permite conocer y estimar la actividad microbiana; por lo que surge la necesidad de cuantificar la respiración edáfica en el suelo de la zona en estudio, mediante el método de titulación, en distintos usos de suelo.

En el presente estudio se realizaron actividades de muestreo en el campo de estudio, con profesionales del Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC), personal capacitado y calificado principalmente en suelos no intervenidos como páramos y humedales, también en el suelo agrícola a una profundidad 0 - 30 centímetros entre suelos intervenidos.

El estudio de parámetros como: porcentaje de materia orgánica, conductividad eléctrica, pH, porcentaje de humedad, nitrógeno, color, textura y respiración edáfica, así como los análisis fueron realizados en el laboratorio de investigación GIDAC – ESPOCH.

Mediante los resultados esperados de la presente investigación se pretende contribuir a un campo que no ha sido muy estudiado y que servirá como antecedentes para futuros trabajos investigativos y proyectos que vayan a direccionados hacia la conservación y manejo de suelos, misma que será benéfico para comunidades.

1.4. Base teórica

1.4.1. Actividad microbiana

Generalmente un suelo con un alto contenido de materia orgánica presenta una gran actividad microbiana, la cual puede ser evaluada mediante la respiración microbiana. La respiración microbiana se define como la absorción de oxígeno o la liberación de dióxido de carbono por bacterias, hongos, algas y protozoos (Álvarez Solís 2004, p. 4).

El suelo es más que un soporte para las plantas: es un sistema vivo con innumerables interacciones entre los minerales, microorganismos, agua, plantas y aire; cuando hay un adecuado balance entre todos estos componentes, tenemos una productividad sostenible de los cultivos en términos económicos y sobre todo ambientales ((Rodríguez 2014, p. 35), es decir que ha encontrado que la actividad microbiana mejora significativamente con el incremento de la humedad, generando mayor tasa de producción de CO₂ y actividad deshidrogenasa (Ramos & Dávila 2008, p. 124).

La respuesta de crecimiento, supervivencia y actividad de un microorganismo al estrés hídrico está dictada por el efecto del mismo sobre los determinantes fisiológicos (Harris, 2015). Los microorganismos se ven afectados en su actividad de acuerdo a su tolerancia específica a dicho estrés, a la continuidad y espesor de la capa de agua resultando afectadas principalmente la Nitrificación; Solubilización, Movilidad de los microorganismos (Archila 2020, p. 5).

1.4.1.1. Factores que influyen en la actividad microbiana

La humedad es un parámetro que influye en la actividad microbiana según (Ramos & Dávila 2008, p. 125), ya que las diferencias encontradas al medir la misma con el método de producción de CO₂, este permite elevar el porcentaje de humedad favoreciendo y mejorando la actividad de los microorganismos presentes en el suelo, dicho de otra forma, se puede palpar que, a porcentajes de humedad menor, la actividad microbiana disminuye.

La actividad microbiana también se puede ver influenciada por la temperatura lo menciona (Ramos & Dávila 2008, p. 126), ya que tomando varias muestras de suelo que fueron sometidas a varias pruebas de respiración efecto de la temperatura de la actividad microbiana dando así resultados decrecientes y reportando que la respiración microbiana es menor.

El potencial de hidrógeno (pH) influye en la actividad microbiana y en las poblaciones de microorganismos aerobios mesófilos, debido a que se mostró diferencias significativas en los tratamientos utilizados puesto que la actividad microbiana baja en pH < 5, y la misma aumenta si el pH sube hasta la neutralidad, si el pH 7.8 la actividad desciende abruptamente (Ramos & Dávila 2008, p. 127-128).

1.4.1.2. Microorganismos del suelo

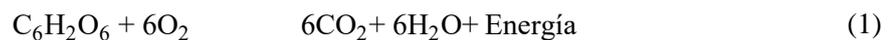
Los microorganismos del suelo se asocian con el área y la profundidad ya que esta disminuye con la presencia de carbono orgánico, desde otro punto de vista se dice los microorganismos existentes en la superficie del suelo tiende a aumentar la actividad microbiana, esto se debe a la existencia de una superficie vegetal y por ende el aumento de materia orgánica e inorgánica que suministra sustratos a los microorganismos de esta forman son activos y abundantes (Beltrán et al. 2017, p. 165).

1.4.2. *Respiración de suelo*

La respiración de suelo es un parámetro que nos permite cuantificar la actividad microbiana puesto que la materia orgánica se oxida hasta que la misma se transforma en dióxido de carbono (CO₂) (Moreira & Siqueira, 2002; Krebs, 2003). Los autores (Ryan & Law, (2005) y Vargas et al. (2010)) consideran que la respiración de suelo es el flujo total de CO₂ debido a la descomposición de materia orgánica por microorganismos y la respiración de raíces y las micorrizas desprendiendo así el dióxido de carbono CO₂ que se desase del suelo que proviene de los procesos de respiración microbiana, que se emplea procesos fermentativos y anaeróbicos que emplean NO₃ Y SO₄.

La respiración de suelo se puede ver químicamente obteniendo seis moléculas de dióxido de carbono, seis moléculas de agua y energía, representando procesos metabólicos de los organismos vivos que están presentes en el suelo en el cual consume oxígeno y libera dióxido de carbono (Paucar & Velastegui, 2019, p. 7).

La ecuación química que representa la respiración es la siguiente:



1.4.2.1. *Proceso de respiración de suelo*

Las propiedades fisicoquímicas del suelo son de gran importancia ya que son la que determinan la cantidad de microorganismos, concentración de sustancias, catalizadores y nutrientes inorgánicos del suelo (Morales 2020, p. 25).

Los principales procesos mencionan (Pérez et al., 2017) son los que involucran la respiración del suelo o respiración edáfica.

- **Proceso químico:** los minerales del suelo cumplen una oxidación química, que es significativamente pequeña en comparación a otras fuentes que tienen altas temperaturas.
- **Proceso biótico:** en este proceso tomamos a la respiración microbiana, respiración rizosfera (raíces) y respiración de fauna.
- **Proceso físico:** Desgasificación de CO₂ del suelo y transporte de CO₂ a través de lo subterráneo del suelo a la superficie.

1.4.2.2. *Métodos de cuantificación de la respiración edáfica*

- **Método de trampa Alkali-CO₂:** Este método se lo realiza en el laboratorio el mismo que puede variar con las concentraciones de los reactivos, la misma consiste en preparar 10 g de muestra en recipientes herméticos y luego añadir 2 mL NaOH en un vial, luego esto se deja incubar durante cinco días a temperatura ambiente, al final de esta incubación se retira el vial que contiene NaOH para luego añadir dicloruro de bario (BaCl₂), adicionalmente de una a dos gotas de fenolftaleína dando una coloración rosada, con una titulación inversa se precipita el CO₂ con ácido clorhídrico hasta tomar una coloración transparente, finalmente se toma los valores registrados en dicho proceso y se realiza los respectivos cálculos (Gómez 2018, p. 14).
- **Método de la cámara dinámica cerrada:** Consiste en un sistema portátil EGM-4, que está equipado con gas infrarrojo no dispersivo (IRGA) y una cámara de suelo (SCR-1) el cual permite medir el flujo de CO₂ (EGM-4 Systems, Massachusetts, USA), cabe recalcar que este método no es tan rentable por el costo del equipo (Yáñez et al. 2017, p. 7).
- **Método gel solvita:** Consiste en determinar la tasa de respiración de suelo (RS) sin utilizar reactivos por ende es un método simple y rápido que fue creado para evaluar el contraste relativo de tipos de compost, cabe recalcar que este método es eficiente y rentable (Haney, & Evans 2008, p. 172).

1.4.2.3. Relación carbono / nitrógeno (C: N) del suelo

En el suelo existe una variedad de microorganismos que tiene una relación C: N, debido a que esto tiene gran efecto en la descomposición de rastrojos, la cobertura del suelo y el ciclo de nutrientes (predominando el nitrógeno), es importante hablar de estos índices ya que se planifica las rotaciones y el uso de cultivos de servicios de sistemas agrícolas, cuando esta relación es de 8:1 los microorganismos deben adquirir suficiente carbono y nitrógeno ya que los mismos utilizan al carbono como fuente de energía, una cierta cantidad se pierde como dióxido de carbono durante la respiración del suelo (Howell 2011, p. 1).

1.4.2.4. Factores que influyen en la tasa de respiración de suelo

La respiración depende de la zona donde se encuentre ya sea áreas de zonas de clima cálido, las mismas que pueden variar por la temperatura, el pH, porcentaje de humedad, disponibilidad de nitrógeno, la cantidad de materia orgánica presente en los usos de suelo, la cantidad de hojas, carbono orgánico, dentro de estos los parámetros físicos influyen en la respiración como lo es el color, la textura, porosidad y densidad aparente del suelo (Salcedo 2017, p. 28).

- **Factores Bióticos:** Los componentes que influyen en el crecimiento y la prolijidad como parte del suelo con considerados como motivadores en la respiración del suelo que se considera un recurso importante.
- **Factores Abióticos:** Se relaciona directamente con los componentes propios del suelo como minerales, rocas y arena.

1.4.2.5. *Clasificación y propiedades del suelo*

La capa de la corteza terrestre es denominada suelo, sirve para el crecimiento de plantas, acumulación de nutrientes y reserva de agua, es hábitat de microorganismos, siendo estos los servicios ambientales proporcionados. Está formado por tres fases; la fase gaseosa es el aire que existe en poros grandes, la fase líquida es el agua que contiene sales minerales, la fase sólida se clasifica en orgánica (materia orgánica) e inorgánica (roca y minerales), cabe mencionar que la agricultura y cultivos ocasiona pérdida de carbono en el suelo por esta razón hay liberación de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera (Rucks et al., 2004, p. 2). La clasificación del suelo dada por Ortega (2022, p. 1–7) es la siguiente:

- **Clasificación por su tamaño:** Granulometría de un suelo, es la relación de materia mineral en peso de fracción, por la división de partículas minerales en dos o más de un tamaño preciso; las propiedades de partículas gruesas o finas.
- **Clasificación por su textura:** La textura del suelo depende de la partícula mineral más abundante y se clasifican en arcilla (son suelos casi impermeables y muy compactos en ausencia del agua, contienen mucha materia orgánica, cuando están secos no permiten el crecimiento de raíces) limo (son suelos que se compactan mucho al secarse, mantienen una absorción reducida del agua y contienen mucha materia orgánica) y arenosos (no retienen el agua, tienen poca materia orgánica y no son productivos).
- **Por su evolución:** Por su evolución los suelos pueden ser no evolucionados (de formación reciente, próximos a la roca madre, con poca materia orgánica), poco evolucionados (con gran cantidad de materia orgánica y color variable según su composición), o evolucionados (con mucha materia orgánica en diferentes estados de descomposición, aptos completamente para la agricultura). (Miranda 2018, p. 5).

1.4.2.6. *Estado biológico del suelo*

Generalmente un suelo con un alto contenido de materia orgánica puede ser evaluado mediante la respiración microbiana, misma que se define como la absorción de oxígeno o liberación de dióxido de carbono por bacterias, hongos, algas y protozoos (Urrea 2018, p. 1).

El suelo es más que un soporte para las plantas: es un sistema vivo con innumerables interacciones entre los minerales, microorganismos, agua, plantas y aire; cuando hay un adecuado balance entre todos estos componentes, tenemos una productividad sostenible de los cultivos en términos económicos y sobre todo ambientales (Urrea 2018, p. 3).

Cuando esta interacción se desequilibra, los suelos comienzan a degradarse, reducen su productividad e incluso dejan de prestar servicios ecosistémicos tan valiosos como el secuestro de carbono y preservación del ciclo del agua, entre otros. Es tan preocupante que la degradación de suelos en el mundo esté aumentando a una tasa estimada de 5 a 7 millones de hectáreas cada año, esto equivale a un poco más de la mitad de la superficie de Nicaragua, el país más grande de América Central (Urrea 2018, p. 6).

1.4.2.7. Relación de la respiración edáfica en los parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos se relacionan con la cantidad de CO₂, dentro de esto la materia orgánica presente en los usos de suelo influye en la respiración de edáfica ya que aumenta la producción y descomposición de microorganismos en el suelo y por ende aumenta la respiración de suelo, las mismas pueden verse perjudicadas por el cambio de pH (Salcedo 2017, p. 47).

1.4.3. Parques nacionales

Crespo, Gómez, y Cruz, (2018, p.121) identifican a un parque nacional como una categoría de área protegida la misma que posee un determinado status legal que obliga a las personas a resguardar y conservar la riqueza tanto de flora y fauna que existe dentro de él, así mismo se identifica por ser una zona representativa de una región fito zoogeográfica y tener interés científico.

1.4.3.1. Parque Nacional Llanganates

Es una reserva natural que se ha caracterizado por su misterio, es uno de los pocos paraísos intactos del planeta, donde la riqueza se refleja en la vida misma. Su extensión es de 219.707 hectáreas, su temperatura oscila entre los 3 y 24°C, en su interior se originan los sistemas de los ríos Napo y Pastaza. Tiene un sistema donde se han reconocido 200 lagunas, es considerado como uno de los humedales más significativos. (Vargas et al, 2022).

1.4.3.2. Estado de conservación del parque nacional Llanganates

La conservación del parque nacional Llanganates, es una área de importancia para los recursos bióticos del parque, ya que conllevan un plan de manejo que se ve reflejado el turismo que incluye reglas para proteger toda la zona que conlleva el parque nacional, la mayor parte de personas que han ingresado ha sido expedicionistas que han ingresado con permisos necesarios acogiendo las medidas medio ambientales que presenta dicho parque, es por ello que los bosques son protegidos, los planes de conservación están en vigencia, constates estudios e investigación que son necesarios para descubrir especies propias del lugar, iniciativa de comuneros para la creación de planes de manejo para la zona (Vázquez et al, 2000, p. 21).

1.4.4. Usos de suelo

1.4.4.1. Herbazal Páramo

El herbazal de páramo es una formación vegetal densa dominada por gramíneas en forma de macollas que alcanzan o son mayores a 50 cm de altura, este ecosistema rodea la mayor extensión de los entornos altimontanos en el Ecuador (Vázquez & Suarez 2000, p. 39).

1.4.4.2. Herbazal inundable

Herbazales inundables son aquellos donde existen especies que forman cojines o parches aislados de vegetación flotante, este ecosistema es a-zonal, en el que las condiciones edáficas o micro climáticas locales tienen una mayor influencia sobre la vegetación que los factores climáticos asociados al gradiente altitudinal. Esta vegetación a-zonal del páramo está presente donde existe un balance hídrico positivo, es decir las pérdidas por corrientes y evapotranspiración son menores que las entradas por precipitación o escorrentía (Vistin et al. 2000, p. 3).

La saturación de agua producto de la textura gruesa y muy densa del suelo resulta en una zona totalmente impermeable y mal drenada que influye en la vegetación, originando dos grandes unidades: las áreas de agua corriente o turberas y las áreas inundadas con aguas estancadas conocidas como pantanos.(Vistin et al. 2020, p. 5).

1.4.4.3. Agrícola

1.4.5. Tipos de cultivo

Cumbijín (zona alta) cuenta con unos 1.600 habitantes, distribuidos en 400 familias que viven de la ganadería de leche y de la agricultura (cultivan básicamente papas, habas, ocas, mellocos y cebada). Los hombres de esta población se dedican a la agricultura y al cuidado del ganado, las

mujeres, están encargadas de la cocina, del aseo de la casa, del cuidado de los niños/as, de la agricultura, del ordeño de vacas y del tejido en lana. Los niños/as, además de estudiar, apoyan en el cuidado de los animales y son responsables de alimentar a las aves domésticas. Las mujeres, los hombres y los niños/as mayores de diez años participan en las mingas que se realizan cada ocho días. Estas sirven fundamentalmente para arreglar los caminos y acequias, y para limpiar los filtros del agua y el pueblo (Vázquez, & Suárez 2020, p. 9).

En Poaló trabajan varias organizaciones gubernamentales y no gubernamentales. Las segundas están representadas por la Iglesia, en particular por el párroco, y por la Fundación Pastaza, la cual por medio de un voluntario del Cuerpo de Paz ha apoyado la reforestación, forestación y manejo de fincas integrales, de ganado porcino, de hortalizas, de papas y de árboles frutales. Estas instituciones son las que mejor contacto tienen actualmente con la comunidad (Vázquez & Suárez 2020, p. 16).

El Triunfo (Zona baja) está bajo jurisdicción del cantón Patate, ubicado en la provincia de Tungurahua. En esta población habitan unas 320 familias dedicadas principalmente a la agricultura. Los varones trabajan en la agricultura y la ganadería, mientras las mujeres hacen trabajo agrícola y se dedican a los quehaceres domésticos. Los niños, además de estudiar, apoyan a los padres en el trabajo del campo y de la casa. A más de las principales actividades productivas en El Triunfo, se desarrollan a lo largo de todo el año. Por los ritmos de producción, la comercialización de productos que dependen de su disponibilidad. En cuanto a su relación con el bosque se identificaron tres aspectos importantes que son el roce, la recolección de orquídeas y la relación con algunos animales. La gente de El Triunfo corta los bosques para convertirlos en potreros y los remanentes boscosos son utilizados para la recolección de orquídeas (Vázquez, & Suárez 2000, p. 25).

Río Verde es una parroquia del cantón Baños, provincia de Tungurahua. Ubicada a una altitud de 1.210 m, se extiende sobre una superficie de 229 km² y la temperatura promedio es de 18°C. En la zona habitan 1.800 personas que son colono-mestizas dedicadas a la agricultura y recientemente al turismo. Esta parroquia está compuesta por los barrios El Puyal, La Merced, Chinchín, San Pedro, Nueva Libertad, La Escudilla, El Placer, Quilloturo, La Delicia, San Miguel, Cadenillas, Machay y Río Verde. La principal actividad es la agricultura, y es compartida por varones y mujeres, aunque estas últimas asumen un rol protagónico sólo en épocas de migración. La migración es temporal, fundamentalmente masculina y para trabajar en compañías petroleras y en aserraderos. Las actividades domésticas son asumidas exclusivamente por las mujeres (Vázquez, & Suárez 2000, p. 32).

Los ecosistemas se pueden ver afectados por las actividades antrópicas por esta razón aumenta la concentración de CO₂ y por ende aumenta el calentamiento global del planeta, debido a esto sus usos de suelo como lo son los pastizales, herbazales, agrícolas, etc. se ven afectado y en consecuencias existe un incremento de temperatura, fríos intensos, sequías. Por consiguiente, es

de suma importancia generar información acerca de capturas de CO₂. El dióxido de carbono es uno de los gases más comunes e importantes que se asocia directamente con la actividad antropogénica que ocasiona el calentamiento global después del vapor de agua, que es producto de actividades humanas y naturales, que también desempeña un rol de gran importancia dentro del ciclo de carbono (Sarti & Effron, 2017, p. 3).

1.4.5.1. Uso actual del recurso suelo

La topografía de la zona es muy irregular se encuentra conformado por bosques y páramos húmedos se puede ubicar lagunas y bosques de neblina, esta zona se caracteriza por tener frailejones. La biodiversidad, rica en plantas y animales, se mantiene desconocida y rectifica la fama de la reserva, como un paraíso lleno de misterio y pureza.

Estudios ambientales ecológicos en la zona han determinado que se reconoce la presencia de 800 especies de plantas que poseen vasos conductores, plantas endémicas que no se encontraban registradas. El Parque tiene áreas con vegetación secundaria que coloniza áreas disturbadas y otras áreas con vegetación natural. En el bosque de Machay actualmente se encuentra un árbol endémico en la zona de Tungurahua y los Llanganates Zapoteca (Vargas et al. 2022, p. 1–3).

1.5. Bases Conceptuales

1.5.1. Microorganismos

Son organismos que no se les puede observar a simple vista, pueden estar presentes en todas partes se puede presentar en diferentes especies, formas y tamaños diversos, que los conoce como gérmenes, virus, microbios. Por la tanto se pueden clasificar e identificar por su estructura y función, los mismos pueden soportar muy bajas y altas temperaturas; son de corta reproducción (Contreras et al. 2017, p. 1–2).

1.5.2. Suelo

La naturaleza nos ofrece varios recursos entre ellos está el suelo que nos brinda el desarrollo de seres vivos, crecimiento de plantas, retención de nutrientes, almacenamiento de agua y reservorio de microorganismos. El suelo se compone de tres fases sólida, líquida y gaseosa; la agricultura ocasiona la pérdida de carbono y por ende la degradación, por esta razón pese que sea un recurso renovable es de difícil recuperación por el tiempo de restauración (Bautista et al. 2004, p. 4).

1.5.3. *Ciclo del carbono*

Se designa como el proceso más importante del planeta al reciclar y reutilizar el elemento más abundante del planeta. Los flujos anuales del carbono y sus intercambios entre las distintas reservas ocurren debido a los procesos químicos, físicos, geológicos y biológicos (Martín, 2010, p. 2).

Los organismos que viven en el suelo son factores determinantes para la circulación de nutrientes y del carbono en el suelo. Una gran parte de la materia orgánica originada por la descomposición anual de los residuos vegetales se acumula en la superficie del suelo o en la zona radicular y se consume casi por completo por los organismos del suelo creando así una reserva de carbono con una rápida tasa de renovación, en muchos casos, entre 1 a 3 años. Los subproductos de este consumo microbiano resultan en emisiones de dióxido de carbono, CO₂, y agua, H₂O, y una variedad de compuestos orgánicos designados como humus. El humus está compuesto por sustancias difíciles de degradar y por ello resulta lenta su descomposición. Al ser formado en horizontes superficiales del suelo generalmente una parte se precipita hacia perfiles inferiores como complejos arcillo-húmicos. En los perfiles más profundos del suelo el tenor de oxígeno suele ser menor por lo que dificulta la descomposición del humus por los organismos. Pero con el tiempo, debido a varios procesos naturales que remueven el suelo el humus se vuelve a aportar hacia horizontes superiores donde se podrá descomponer y liberar más CO₂. Por lo que el humus constituye una reserva más estable para el carbono del suelo con duración de centenas a miles de años. En la mayoría de los suelos, la descomposición del humus rápida y lenta lleva a un tiempo de residencia de alrededor de 20 a 30 años. Los microorganismos del suelo (considerando en términos de sus emisiones de respiración) disponen alta sensibilidad al contenido de carbono orgánico en el suelo tal como a la temperatura y tenor de agua por lo que aumentan la respiración en tenores elevados de carbono, temperaturas elevadas y condiciones más húmedas en el suelo (Martín, 2010, p. 5–9).

1.5.4. *Ciclo del nitrógeno*

Se relaciona con la actividad microbiana y fauna del suelo como las lombrices, nematodos, protozoarios, hongos, bacterias y artrópodos. La biología del suelo juega un papel fundamental en la composición del suelo y sus características. Sin embargo, al ser una ciencia recién descubierta permanece mucho por investigar y como afecta la naturaleza de los suelos. Los organismos del suelo descomponen la materia orgánica proveniente de restos vegetales y animales liberando a su vez nutrientes para ser asimilados por las plantas. Los nutrientes que se encuentran almacenados dentro de los organismos del suelo impiden su pérdida por lixiviación. Los microorganismos del suelo mantienen la estructura mientras las lombrices remueven el suelo. Las

bacterias juegan un papel crucial para el Ciclo del Nitrógeno mediante varios procesos: la mineralización del nitrógeno, la nitrificación, la fijación de nitrógeno y la desnitrificación (Cerón & Aristizábal, 2012, p. 1–5).

1.5.5. Dióxido carbono

El dióxido de carbono es un gas incoloro, denso y reactivo, es vinculado al oxígeno por el ciclo de la naturaleza (fotosíntesis), que en concentraciones altas causan efecto invernadero, el mismo es la principal causa del calentamiento global (Zilio 2008, p. 5).

1.5.6. Uso de suelo

Según Leyva, Baldoquín, y Reyes, (2018, p.37) el uso de suelo se define como un conjunto genérico de actividades que pueden realizarse en un área específica, las cuales son admitidas o restringidas por un instrumento de planificación territorial.

1.5.7. Reactivos

Un reactivo es una sustancia o compuesto añadido a un sistema para provocar una reacción química, o añadido a probar si se produce una reacción (Rodríguez, Pérez, Cortés, & Orozco, 2017, p.24).

1.5.8. Parámetros fisicoquímicos

1.5.8.1. Materia Orgánica

La materia orgánica del suelo es el almacén más importante de carbono orgánico en el planeta, está compuesta de las mismas moléculas de las que están hechos los seres vivos, principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre, aunque puede contener otros macro y micronutrientes esenciales para las plantas que no han podido ser transformadas a su forma elemental. Por ello en el suelo hay residuos que provienen de plantas, animales y microorganismos (López 2020, p. 1).

1.5.8.2. Nitrógeno total

La fertilización, orgánica o inorgánica, constituye, en la práctica, la fuente más importante de nitrógeno en la agricultura, aunque también se incorpora al suelo por la lluvia o por la fijación a través de numerosos microorganismos y de los vegetales superiores.

El 90-95% del nitrógeno total del suelo se encuentra en forma orgánica, de modo que no es directamente asimilable por las plantas, sino que debe sufrir un proceso de transformación denominado mineralización (Perito 2013, p. 8).

1.5.8.3. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH es una de las variables más importantes en los suelos agrícolas, afecta directamente a la absorción de nutrientes del suelo por las plantas, así como a la resolución de muchos procesos químicos que en él se producen. El pH óptimo de estos suelos debe variar entre 6,5 y 7,0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad, se trata del rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables, pero también hay nutrientes (generalmente microelementos) y cultivos que se adaptan mejor a un pH más bien ácido o básico (Catalán 2016, p. 5).

1.5.8.4. Conductividad Eléctrica (CE)

Es una medida de las cargas iónicas que circulan dentro del agua. La salinidad de un suelo o agua se refiere a la cantidad de sales presentes en solución, y puede ser estimada indirectamente mediante la medición de la conductividad eléctrica (CE). El valor de CE es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas. A mayor valor de CE, mayor es la salinidad presente. Es importante considerar que todos los fertilizantes inorgánicos son sales y por lo mismo tienen un efecto directo sobre la CE (Rebolledo 2020, p. 1–5).

1.5.8.5. Porcentaje de humedad (%)

El porcentaje de humedad del suelo es importante por el rendimiento de las plantas y el progreso de cultivos ya que sirve para la regularización de temperatura, que se relaciona con la cantidad de agua existente en el suelo mientras más seco más agua absorbe, la misma se expresa como porcentaje (Earth Observing System 2020, p. 3–5).

1.5.8.6. Textura

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo

atraviesa. Para conocer la textura de una muestra de suelo, separe primero la tierra fina, todas las partículas de menos de 2 mm, de las partículas mayores como la grava y las piedras. La tierra fina es una mezcla de arena, limo y arcilla. Para realizar los ensayos de campo siguientes asegúrese de utilizar sólo tierra fina (FAO 2022, p. 1).

1.5.8.7. Color

La presencia de manchas o vetas de un color específico, generalmente rojizo, amarillento o blanco, que pueden existir en algunos horizontes del suelo se denominan manchas de color. Cuando el color de fondo es definido, para describir las manchas de color se determinan y se anotan la cantidad y el color de las manchas*; por ejemplo: horizonte amarillo rojizo con frecuentes manchas rojas amarillentas y blancas; mientras que, si la cantidad de manchas es tan grande que no se puede observar un solo color de fondo, defina y anote los distintos colores que vea y añada la expresión manchas de color; por ejemplo, manchas de color rojo y pardo. La combinación de un color con manchas de color también puede utilizarse como uno de los indicadores visuales de la permeabilidad del suelo (FAO 2022, p. 2).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Lugar de estudio

2.1.1. Ubicación

La laguna de anteojos se encuentra en la parroquia Mulalò dentro de lo que conforma el Parque Nacional Llanganates, es un sistema lacustre localizado en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, se encuentra ubicada a 19 km al norte de la ciudad de Latacunga (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Mulaló, 2019).

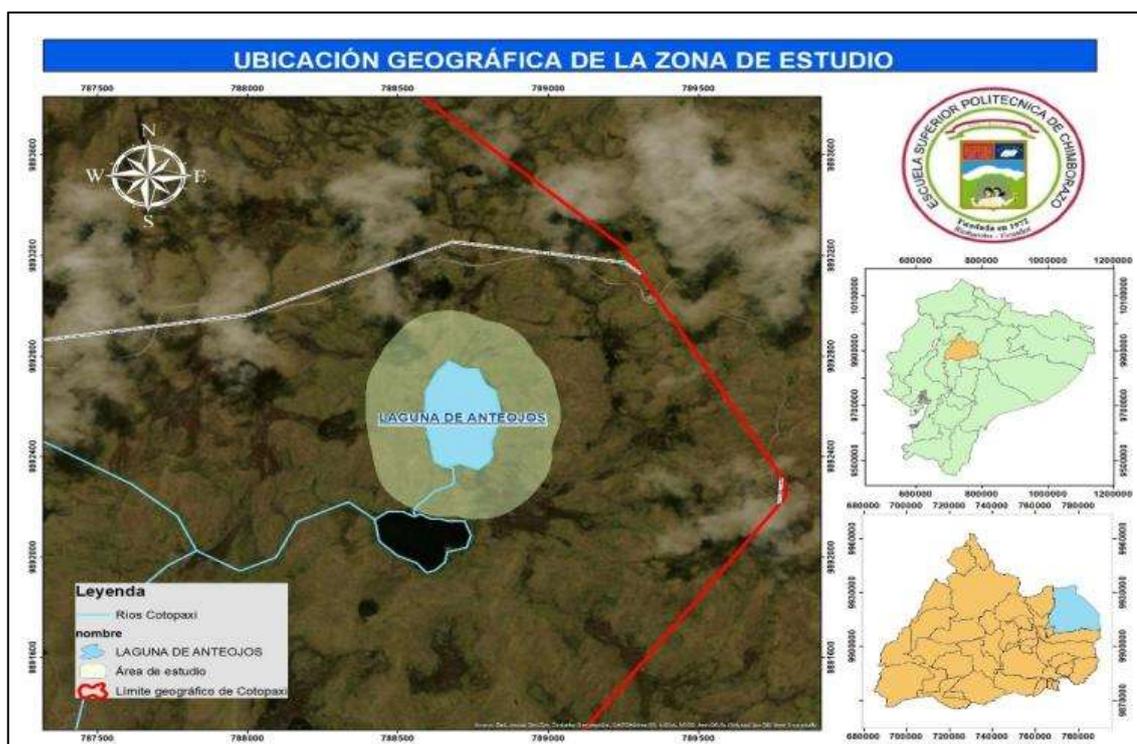


Figura 1-2: Mapa de Ubicación de la Laguna de Anteojos.

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

2.1.2. Límites

Los límites del Parque Nacional Llanganates, provincia de Cotopaxi son:

- **Norte:** Cantón Mejía

- **Sur:** Parroquias Joséguango Bajo y Aláquez
- **Este:** Provincia de Napo
- **Oeste:** Parroquias de Pastocalle, Tanicuchi y Guaytacama

2.1.3. *Altitud y Condiciones Climáticas*

La ubicación altitudinal del área de estudio del parque nacional Llanganates en la zona de Panzarrumi laguna de Antojos se encuentra a 1200 m.s.n.m hasta los 4638 m.s.n.m. En donde el ecosistema herbazal de páramo se encuentra a 3940 m.s.n.m. hasta 3980 m.s.n.m., el ecosistema agrícola se encuentra 3620 m.s.n.m. hasta 3900 m.s.n.m, y el ecosistema herbazal inundable se encuentra 3910 m.s.n.m. hasta 3050 m.s.n.m., en el parque nacional Llanganates, en la provincia de Cotopaxi se registra una temperatura que oscila desde 3 °C hasta los 24 °C este clima depende de la época del año.

2.2. Tipo de Investigación

La investigación que es tipo de investigación es mixta (cuantitativa y cualitativa) ya que al analizar la respiración del suelo y los parámetros fisicoquímicos se basan en principios cuantificables, según el objetivo de estudio es de tipo aplicada ya que se pondrá en práctica los conocimientos adquiridos con el fin de obtener datos de respiración de suelo y sus parámetros fisicoquímicos en los ecosistemas herbazal de páramo, herbazal inundable y agrícola, según la profundización en el objeto de estudio es exploratoria ya que no existe ningún tipo de estudio científico de la respiración de suelo en el parque nacional Llanganates, zona de Panzarrumi Laguna de Antojos, por el tipo de inferencia es una investigación deductiva ya que se analiza el uso de suelo de los ecosistemas en estudio, para saber la variación de la respiración edáfica para determinación de la actividad microbiana y sus parámetros fisicoquímicos, por el tiempo se le denomina un estudio transversal ya que solo es en un tiempo determinado, en la condición de estudio es tipo laboratorio ya que las muestras serán tomadas en tres ecosistemas del Parque Nacional Llanganates para luego llevarlas al laboratorio y determinar la actividad microbiana mediante la respiración edáfica y los parámetros físico químicos.

2.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental debido a que las variables dependientes e independientes no son controladas.

2.4. Técnicas de recopilación de datos

La recopilación de datos se realizó mediante la identificación de delimitación del área de estudio con el programa Google earth y ArcGIS con ello obtuvimos la precisión de la zona de estudio del Parque Nacional Llanganates, zona de Panzarrumi Laguna de Antejos.

2.4.1. *Unidad de análisis*

Se obtuvo 1 Kg de muestra compuesta de la zona de Panzarrumi, Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates, provincia de Cotopaxi de los diferentes usos de suelo.

2.4.2. *Población de estudio*

Se determino como población de estudio a tres ecosistemas (herbazal de páramo, herbazal inundable y agrícola) con énfasis edáfico en la zona de Panzarrumi, Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates, provincia de Cotopaxi.

2.4.3. *Tamaño de muestra*

Se realizará un muestreo estratificado aleatorio obteniendo un “n” de 9 muestras compuestas las mismas que se dividirán en submuestras simples o estratos, debido a que las muestras compuestas son representativas de acuerdo con el lugar de estudio dentro de sus ecosistemas.



Figura 2-2: Transectos de muestreo.

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

2.5. Selección de muestra

Para la selección del tamaño proporcional del estrato se ocupó la siguiente ecuación:

$$n_i = n \left(\frac{N_i}{N} \right) \quad (2)$$

Datos:

n_i: tamaño de estrato

n: tamaño de la muestra

N_i: estrato i

N: número de elementos de la población

Mediante la ecuación planteada se halló que en el uso de suelo herbazal páramo presentará dos transectos con cinco estratos cada uno, en el uso de suelo herbazal inundable se estimó tres transectos con cinco estratos cada uno, dentro de este uso de suelo se realizó una muestra denominada mediana y una media; mientras que en el ecosistema agrícola se valuó dos transectos con cinco estratos cada uno. Las muestras de todos los transectos fueron tomadas a una profundidad de 0-30 cm, obteniendo así un total de 37 estratos y 9 transectos de muestra compuestas de suelo procedentes de los usos de suelo antes mencionado como se muestran en la Tabla 1-2: Coordenadas de transectos y estratos de la toma de muestras.

Tabla 1-2: Coordenadas de transectos y estratos de la toma de muestras

Transectos	Estratos	Ecosistema (m ²)	Sector	X-Coord. (UTM)	Y-coord. (UTM)
TR1-GTILL	TR1-1	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	788442.8794	9892759.0261
	TR1-2	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	788476.8019	9892638.7170
	TR1-3	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	788510.7245	98922518.4080
	TR1-4	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	788544.6471	9892398.0990
	TR1-5	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	788578.5696	9892277.7900
TR2-GTILL	TR2-1	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	788397.0000	9897194.0000

CONTINUA

TR2-GTILL	TR2-1	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	788397.0000	9897194.0000
	TR2-2	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	788275.7059	9892163.7880
	TR2-3	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	788154.4119	9892133.5761
	TR2-4	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	788033.1179	9892103.3642
	TR2-5	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	787911.8239	9892073.1523
TR3-GTILL	TR3-1	Herbazal Inundable	Panzarrumi-Laguna de Antejos	786052.8966	9891702.4190
	TR3-2	Herbazal Inundable	Panzarrumi-Laguna de Antejos	786167.0197	9891651.4198
	TR3-3	Herbazal Inundable	Panzarrumi-Laguna de Antejos	786281.1428	9891600.4206
	TR3-4	Herbazal Inundable	Panzarrumi-Laguna de Antejos	786395.2659	9891549.4215
	TR3-5	Herbazal Inundable	Panzarrumi-Laguna de Antejos	786509.3890	9891498.4224
TR4-GTILL	TR4-1	Herbazal Inundable	Panzarrumi-Laguna de Antejos	785332.2847	9891831.9680
	TR4-2	Herbazal Inundable	Panzarrumi-Laguna de Antejos	785454.4748	9891805.6132
	TR4-3	Herbazal Inundable	Panzarrumi-Laguna de Antejos	785576.6649	9891779.2585
	TR4-4	Herbazal Inundable	Panzarrumi-Laguna de Antejos	785698.8550	9891752.9038
	TR4-5	Herbazal Inundable	Panzarrumi-Laguna de Antejos	785821.0452	9891726.5491
TR5-GTILL	TR5-1	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	783802.6705	9887793.9539
	TR5-2	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	783912.7917	9887734.8074
	TR5-3	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	784022.9130	9887675.6610
	TR5-4	Herbazal Páramo	Panzarrumi-Laguna de Antejos	784133.0343	9887616.5146

	TR5-5	Herbazal Páramo	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	784243.1556	9887557.3682
MEDIA	MEDIA	Herbazal Páramo	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	786253.2913	9890811.0463
MEDIANA	MEDIAN A	Herbazal Páramo	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	786381.8952	9891193.6507
TR6-GTILL	TR6-1	Agrícola	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	783746.2140	9891066.5767
	TR6-2	Agrícola	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	786668.5727	9890968.6132
	TR6-3	Agrícola	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	786590.9315	9890870.6498
	TR6-4	Agrícola	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	786513.2902	9890772.6863
	TR6-5	Agrícola	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	786435.6490	9890674.7229
TR7-GTILL	TR7-1	Agrícola	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	784671.0640	9889211.4608
	TR7-2	Agrícola	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	784771.6468	9889285.6772
	TR7-3	Agrícola	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	784872.2297	9889359.8937
	TR7-4	Agrícola	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	784872.8125	9889434.1102
	TR7-5	Agrícola	Panzarrumi- Laguna de Anteojos	785073.3954	9889508.3267

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

2.6. Diseño Experimental

El diseño experimental ocupado en la presente investigación es factorial de bloques trifactorial, como se observa en la Tabla 2-2: Diseño de bloques trifactorial para tratamiento de suelos, los mismos que representan la zona de estudio de los ecosistemas de la investigación.

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

Uso de suelo	Transecto	Profundidad (P)	Repeticiones		
Herbazal de Páramo	TR1- GTILL	p-30	TR1	TR1	TR1
	TR2-GTILL	p-30	TR2	TR2	TR2
	TR5-GTILL	p-30	TR5	TR5	TR5

Herbazal Inundable	TR3-GTILL	p-30	TR3	TR3	TR3
	TR4-GTILL	p-30	TR4	TR4	TR4
Agrícola	TR6-GTILL	p-30	TR6	TR6	TR6
	TR7-GTILL	p-30	TR7	TR7	TR7
Herbazal de Páramo	MEDIA	p-30	MEDIA	MEDIA	MEDIA
	MEDIANA	p-30	MEDIANA	MEDIANA	MEDIANA

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

2.6.1. Análisis estadístico

Para la tabulación de los datos obtenidos en el análisis de laboratorio, se utilizó el paquete estadístico del Microsoft office Excel (Microsoft, 2007), mientras que para la realización del análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico del software SPSS (IBM, 2013) en su versión 25.0, y los estadísticos de ArcGIS Pro-versión de escritorio: Histogramas de distribución para la normalidad, BoxPlot, Scatter plot matle, Q-Q plot, los mismos que se describen en la Tabla 3-2: Análisis estadísticos.

Tabla 3-2: Análisis estadísticos

Variables	Análisis estadístico	Descripción
Respiración edáfica	ANOVA	Sirvió para la estadística de los resultados de los análisis realizados, la misma que nos permite diferenciar las varianzas de los grupos estudiados rechazando o respaldando la hipótesis nula.
Respiración edáfica / parámetros fisicoquímicos	Histogramas de distribución para la normalidad y correlación de Pearson	Se utilizó para el análisis de los parámetros fisicoquímico y la respiración edáfica para determinar las relaciones que existen entre cada una de ellas.
Respiración edáfica / Índice de vegetación estandarizada	Se utilizo un ArcGIS, un scatte plote matle.	El índice de vegetación estandarizada y la respiración edáfica para determinar las relaciones que existen entre cada una de ellas.

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

2.6.2. Fase de Campo

2.6.2.1. Identificación de usos de suelo en el Parque Nacional Llanganates

Para identificar los usos de suelos a estudiar se utilizó Google earth para descargar la imagen satelital correspondiente al uso de suelo de la zona de Panzarrumi, Laguna de Antejos del Parque

Nacional Llanganates, provincia de Cotopaxi, donde se distingue los usos de suelos representativos a estudiar entre estos son herbazal páramo, herbazal inundable y agrícola.

2.6.2.2. Diseño de muestreo

Para la toma de muestra se utilizó el método aleatorio estratificado ya que los estratos se separan en forma homogénea, para luego seleccionar un transecto de una sola muestra guardando relación con sus estratos determinando la distancia de cada estrato, así como se muestra en la Figura 3-2: Diseño del muestreo en campo del uso de suelo herbazal de páramo..

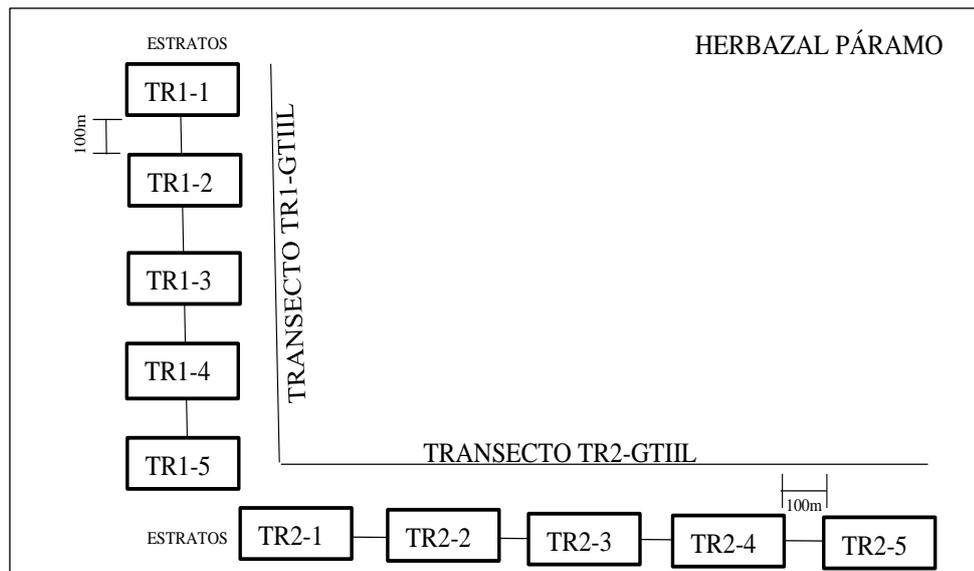


Figura 3-2: Diseño del muestreo en campo del uso de suelo herbazal de páramo.

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

2.6.2.3. Recolección de muestra

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

- Se utilizó la aplicación GPX Viewer, para llegar al punto de muestreo señalado.
- Se utilizó una pala mediana para limpiar la superficie del punto a muestrear.
- Se utilizó una pala cava hoyos previamente marcada 30 cm de profundidad, para luego tomar la muestra e introducirla en una funda ziploc anteriormente etiquetada sin sellar la funda.
- Se recolectó todos los estratos de cada transecto de los ecosistemas en estudio, inmediatamente se llevó al laboratorio a pesar cada estrato de forma igualitaria para obtener una mezcla homogénea o compuesta.

- De cada muestra compuesta (transecto) se tomó 10g para realizar la respiración de suelo en una muestra real por triplicado, el restante de suelo se lo dejó secar al aire libre durante 2 días para realizar respiración edáfica de la muestra seca por triplicado.
- La muestra de estratos y transectos restantes fueron destinados para realizar el análisis de parámetros fisicoquímicos.

2.6.3. Fase de laboratorio

2.6.3.1. Preparación de reactivos

Para la preparación de reactivos se utilizaron datos significativos (anexo A) con los cuales se calculó la cantidad que necesita cada reactivo para su preparación

Solución Hidróxido de sodio (NaOH) 1M:

- Se pesó 11.9990 gramos (g) de hidróxido de sodio (NaOH) en una balanza analítica, para preparar 300 ml del reactivo a una concentración de 1M.
- Se colocó el NaOH en un balón de aforo de 300ml, se añadió una cantidad de agua destilada.
- Se agitó el NaOH con agua destilada hasta que se disolviera.
- Luego se aforó el balón con agua destilada hasta la marca de aforo.
- Finalmente se etiquetó una botella ámbar para almacenar nuestro reactivo.

Solución dicloruro de bario (BaCl₂) 1.25M:

- Se pesó 26.0298 gramos (g) de dicloruro de bario (BaCl₂) en una balanza analítica, para preparar 100 ml del reactivo a una concentración de 1.25M.
- Se colocó el BaCl₂ en un balón de aforo de 100 ml, para añadir agua destilada para que se disuelva.
- Se aforó el balón hasta la marca indicada, luego se agitó.
- Finalmente se etiquetó una botella ámbar para almacenar el reactivo BaCl₂.

Solución ácido clorhídrico (HCl) 0.2M:

- Con ayuda de una pera de succión y una pipeta de 15 ml, se midió 12.8096 ml de ácido clorhídrico, se colocó suavemente en un balón de aforar de 800ml.
- Se añadió un poco de agua destilada al reactivo colocado en el balón de aforar.

- Se agito despacio para que se homogenizara el HCl con el agua destilada.
- Se coloco el agua destilada hasta la marca de aforo del balón.
- Finalmente se colocó en una botella ámbar debidamente etiquetada, para luego ser llevada a una cabina de extracción de gases para la conservación de reactivo.

Solución de fenolftaleína 1%:

- Se coloco 1 gramo (g) de fenolftaleína en 100 ml de etanol en una concentración del 99%.
- Luego se aforo en un balón
- Finalmente se almaceno en una botella ámbar debidamente etiquetada.

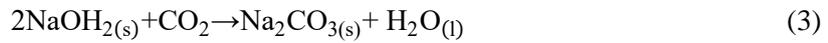
2.6.3.2. Valoración de dióxido de carbono (CO₂)

La actividad microbiana del suelo se determinó mediante el desprendimiento de CO₂ de las unidades experimentales por la actividad de los microorganismos del suelo, los pasos a seguir definidos por Anderson (1982) son para muestras con suelo real y suelo seco:

Suelo real:

- Las muestras compuestas de suelo tomado de la zona de estudio fueron retiradas cualquier tipo de material vegetal, hojas, raíces y rocas.
- De la muestra compuesta se tomó 10g de suelo tal como se le trajo de la zona de estudio y se colocó en su respectivo recipiente debidamente etiquetado.
- En el mismo recipiente se introdujo un vial con 2 ml con hidróxido de sodio (NaOH) 1M.
- Se procedió a sellar herméticamente y colocar un lugar a temperatura ambiente para su posterior incubación.
- Se preparo un recipiente denominado blanco o control ya que no tiene suelo, para luego introducir un vial que contiene 2 ml de hidróxido de sodio (NaOH) 1M, se procedió a sellar herméticamente y colocar junto a los recipientes con una muestra compuesta de suelo.
- Se realizo tres repeticiones por muestra compuesta de suelo (transecto).
- Se incubo durante 5 días a temperatura ambiente.
- Luego del tiempo en incubación se procede a retirar los viales de cada uno de los recipientes sellados herméticamente.
- Los viales retirados se precipitará el dióxido carbono (CO₂) absorbido con 800ul de dicloruro de bario (BaCl₂) 1.25M.

- Al aplicar el reactivo BaCl₂ el CO₂ absorbido precipita como carbonato de bario (BaCO₃), como se observa en la ecuación (3) y (4).

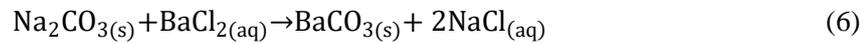
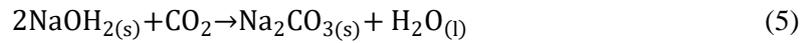


- Se añade 1 o 2 gotas de fenolftaleína a cada vial, dando un color rosado.
- Para valorar el desprendimiento de CO₂ se midió indirectamente por medio de una titulación del exceso NaOH con ácido clorhídrico (HCl).
- Luego se valora cada vial con HCl 0.2M en agitación continua con ayuda de un agitador y pastilla magnéticos; dando un viraje de rosado a transparente.
- Se registró el volumen de HCl consumido por cada vial, incluyendo al blanco.
- Se determinó la respiración en cada transecto con sus respectivas repeticiones y comparo con el blanco.

Suelo seco:

- Las muestras compuestas de suelo tomado de la zona de estudio fueron retiradas cualquier tipo de material vegetal, hojas, raíces y rocas.
- Luego se dejó reposar durante 2 días las muestras compuestas de suelo a temperatura ambiente.
- De la muestra compuesta seca se tomó 10g de suelo, se agregó 2ml de agua y se colocó en su respectivo recipiente debidamente etiquetado.
- En el mismo recipiente se introdujo un vial con 2 ml con hidróxido de sodio (NaOH) 1M.
- Se procedió a sellar herméticamente y colocar un lugar a temperatura ambiente para su posterior incubación.
- Se preparo un recipiente denominado blanco o control ya que no tiene suelo, para luego introducir un vial que contiene 2 ml de hidróxido de sodio (NaOH) 1M, se procedió a sellar herméticamente y colocar junto a los recipientes con una muestra compuesta de suelo.
- Se realizó tres repeticiones por muestra compuesta de suelo (transecto).
- Se incubó durante 5 días a temperatura ambiente.
- Luego del tiempo en incubación se procede a retirar los viales de cada uno de los recipientes sellados herméticamente.
- Los viales retirados se precipitará el dióxido carbono (CO₂) absorbido con 800ul de dicloruro de bario (BaCl₂) 1.25M.

- Al aplicar el reactivo BaCl₂ el CO₂ absorbido precipita como carbonato de bario (BaCO₃), como se observa en la ecuación (5) y (6).



- Se añade 1 o 2 gotas de fenolftaleína a cada vial, dando un color rosado.
- Para valorar el desprendimiento de CO₂ se midió indirectamente por medio de una titulación del exceso NaOH con ácido clorhídrico (HCl).
- Luego se valora cada vial con HCl 0.2M en agitación continua con ayuda de un agitador y pastilla magnéticos; dando un viraje de rosado a transparente.
- Se registró el volumen de HCl consumido por cada vial, incluyendo al blanco.
- Se determinó la respiración en cada transecto con sus respectivas repeticiones y comparo con el blanco.

2.6.3.3. *Cálculo de la respiración edáfica*

Para la determinación de la actividad microbiana se calculará la cantidad de CO₂ desprendido será mediante los recipientes incubados mediante la fórmula de Anderson (1982). Para realizar los cálculos mencionados anteriormente se utilizó datos importantes que estarán en el ANEXO B: FÓRMULAS UTILIZADAS PARA HALLAR DE RESPIRACIÓN EDÁFICA los mismos que son:

- Peso suelo (g): Se peso en la balanza la cantidad exacta de suelo real y suelo seco, el mismo que fue sellado herméticamente.
- Molaridad del NaOH fue de 1M.
- Factor de humedad: se calculó el factor de humedad del suelo seco secado al aire al aire necesario para expresar todos los resultados sobre el suelo seco a 105 °C en un lapso de 24h, para esto se ocupó la ecuación (7):

$$f = \frac{P_{ss105^{\circ}\text{C}}}{P_{ssaire}} \quad (7)$$

Donde:

f = factor de humedad

Pss 105°C = peso de suelo seco a 105°C

Pssaire = peso del suelo secado al aire

- Molaridad de NaOH: la molaridad del hidróxido de sodio fue 1M
- Factor de molaridad de NaOH: se consiguió el factor de molaridad multiplicando el promedio de volúmenes del HCl consumidos en los blancos (por cada uso de suelo), también se multiplica por su molaridad y el factor de molaridad del HCl, se divide por el volumen de NaOH que se puso en el vial multiplicado por la molaridad del NaOH; como se expresa en la ecuación (8):

$$f_{\text{NaOH}} = \frac{\text{Prom. volumen blanco HCl} * M_{\text{HCl}} * f_{\text{HCl}}}{\text{Vol. NaOH vial} * M_{\text{NaOH}}} \quad (8)$$

Donde:

Prom.volumen blanco HCl = promedio del volumen de ácido clorhídrico obtenido en las muestras en blanco.

M_{HCl} = molaridad del ácido clorhídrico

f_{HCl} = factor de molaridad del ácido clorhídrico

Vol. NaOH = volumen del hidróxido de sodio que se introdujo en el vial

M_{NaOH} = Molaridad del hidróxido de sodio

- Molaridad del ácido clorhídrico: para esta investigación se preparó el HCl en una concentración de 0.2M.
- Factor de molaridad del ácido clorhídrico: el HCl al no ser un patrón primario su concentración no será conocida, por ello se estandariza frente a un patrón primario, por ello el factor fue de 1.017.

Para calcular los valores necesarios de respiración se utilizó las siguientes ecuaciones

- El peso del suelo real se mantuvo ya que en este tratamiento se trabajó con el suelo tal como vino del área de estudio.
- Para el cálculo del suelo seco, se utilizó la fórmula (9):

$$\text{Pss} = \text{Peso del suelo (g)} * fh \quad (9)$$

Donde:

Pss = peso del suelo seco

fh = factor de humedad

Se calculó las mmoles de NaOH iniciales, con la fórmula siguiente (10):

$$\text{mmolNaOHiniciales} = M_{\text{NaOH}} * 2\text{ml} * f_{\text{NaOH}} \quad (10)$$

Donde:

M_{NaOH} = molaridad del hidróxido de sodio

f_{NaOH} = factor de molaridad del hidróxido de sodio

- Mediante titulación inversa se registró los mililitros de HCl que se gastó.
- Se calculó las mmol de HCl consumidos, mediante la siguiente fórmula (11):

$$\text{mmol}_{\text{HCl}} = M_{\text{HCl}} * f_{\text{HCl}} * V_{\text{titulación}} \quad (11)$$

Donde:

M_{HCl} = molaridad del ácido clorhídrico

f_{HCl} = factor de molaridad de HCl

$V_{\text{titulación}}$ = volumen gastado en la titulación

- Se calculó el mmol de NaOH que reaccionó con el CO₂, mediante la ecuación (12):

$$\text{mmol}_{\text{NaOH-CO}_2\text{reacción}} = \text{mmol}_{\text{NaOHiniciales}} - \text{mmol}_{\text{HClconsumidos}} \quad (12)$$

- Se calculó el mmol de CO₂ producido mediante la ecuación (13):

$$\text{mmolCO}_2\text{producido} = \frac{\text{mmol}_{\text{NaOH-CO}_2\text{reacción}}}{\text{mmol}_{\text{NaOHiniciales}}} \quad (13)$$

- Finalmente se obtuvo la masa C-CO₂, con la ecuación (14):

$$\frac{\text{masa C- CO}_2}{\text{g de suelo}} = \frac{\text{mmol CO}_2\text{producido} * 12}{\text{Pss}} \quad (14)$$

Donde:

P_{ss} = peso de suelo seco

12 = Valor de 1 mmol de CO₂, que contiene 12 mg de carbono

2.6.4. Análisis de parámetros fisicoquímico del suelo

Para la caracterización de parámetros fisicoquímicos del suelo se consideraron los siguientes:

- Potencial de hidrógeno (pH)
- Conductividad Eléctrica (CE)
- Porcentaje de humedad
- Materia orgánica y carbono orgánico
- Nitrógeno Total
- Color
- Textura

2.6.4.1. Potencial de hidrógeno (pH):

- En una balanza analítica modelo OHAUS, se pesó 20 g de suelo
- Para determinar el pH se tomó los 20g de suelo al aire previamente pesados y se colocó en un vaso.
- Se agregó al vaso con suelo 80 ml de agua destilada, con ayuda de un vaso de precipitación.
- Con una bagueta se agitó durante 15 minutos
- Se dejó reposar durante 3 minutos
- Se calibró el pH-metro de mesa modelo Accumet Fisher Scientific- AB150 pH mV-metro, con soluciones buffer de pH de 4.00, 7.00 y 10.000
- Finalmente se introdujo el electrodo en la solución previamente preparada y agitada, para proceder a realizar la lectura y anotar el valor.

2.6.4.2. Conductividad eléctrica (CE):

- Para el parámetro CE, se utilizó la solución que se preparó para la lectura de pH, cabe recalcar que la misma tuvo un reposo de 24 horas.
- El conductímetro que se utilizó es de la marca Hach 51800-10sensION 5.
- La solución se agitó con la ayuda de una bagueta, se procedió a tomar y registrar el valor de CE.

2.6.4.3. Porcentaje de humedad:

•

Para el porcentaje de humedad se ocupó el analizador de humedad “Sartorius-Ma37”

Se calibro previamente el equipo, luego se pesó 10g de muestra y finalmente se obtuvo el porcentaje de humedad.

2.6.4.4. Materia Orgánica y Carbono Orgánico:

- Las muestras de suelo fueron secadas a temperatura ambiente, hasta observar que ya no existe humedad
- Luego se tamizo la muestra seca en un tamiz de 2 milímetros (mm)
- En una balanza analítica modelo OHAUS, se pesó 5 gramos (g) de suelo seco previamente tamizado y se le denomina M1
- Los crisoles se mantuvieron en un desecador para luego etiquetar, tarar y registrar su valor este valor se lo denomina M2.
- Se añade la muestra en el crisol correspondiente y se le coloca en el desecador para llevar a la estufa a una temperatura de 105°C por 24 hora.
- Luego del tiempo establecido las muestras se las lleva al desecador para que se enfríen y luego proceder a pesar en una balanza analítica denominando este peso M3.
- Para finalizar se las lleva a la mufla por 2 horas a una temperatura de 360°C, para luego llevarlas al desecador para que las muestras se enfríen y poder pesarlas denominándole a este valor M4.

Para obtener el valor de materia orgánica se ocupó la fórmula (15):

$$\%MO = \frac{(M3-M4)}{(M1-((M1+M2)-M3))} * 100 \quad (15)$$

Donde:

%MO = porcentaje de materia orgánica

M1 = peso del suelo

M2 = peso del crisol tarado

M3 = peso de la muestra y crisol luego de 24h (estufa)

M4 = peso de la muestra y crisol luego de 2h (mufla)

Para obtener el valor de carbono orgánico se ocupó la fórmula 13:

$$\%CO = \frac{\frac{MO}{1.724}}{(M1 - ((M1 + M2) - M3))} * 100 \quad (16)$$

Donde:

%CO = porcentaje de carbono orgánica

MO = valor de materia orgánica

1.724 = valor constante

M1 = peso del suelo

M2 = peso del crisol tarado

M3 = peso de la muestra y crisol luego de 24h (estufa)

M4 = peso de la muestra y crisol luego de 2h (mufla)

2.6.4.5. *Nitrógeno total*

Se analizó el nitrógeno total en el laboratorio GIDAC – ESPOCH, mediante el siguiente método.

Tabla 4-2: Método de análisis de nitrógeno total

Parámetro	Método y equipo de análisis
Nitrógeno total y Carbono total	<p>Se analizó en el equipo BBOT (Elemental microanalysis Ltd.); sulfanilamida (Thermo Scientific).</p> <p>BBOT. Contenido en porcentaje: C=72.58% (+/- 0.26), N= 6.53% (+/- 0.11), H= 6.10% (+/- 0.08), S= 7.41% (+/- 0.08).</p> <p>* Incertidumbre al 95% de confianza, 2 sigma.</p> <p>Sulfanilamida: Contenido en porcentaje: C= 41.80% (+/- 0.25), N= 16.33% (+/- 0.20), H=4.68% (+/- 0.04), S= 18.62% (+/- 0.15).</p> <p>* Incertidumbre al 95% de confianza, 2 sigma</p>

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

2.6.5. *Textura del suelo*

Para determinar la textura del suelo estudiado se realizó un análisis de laboratorio, la cual en primer lugar se procedió a llevar las muestras de suelo alterado a un laboratorio de análisis en la cual se realizó los siguientes procedimientos:

- Se realizó el secado de la muestra del suelo.
- Se realizó la eliminación de partículas que sean mayor de 2 mm, piedras y raíces.

- Se tamizó la muestra la cual se realizó por mallas de diferentes tamaños con la finalidad de obtener tierra fina y el resto de forma separada.
- Se tomó el peso de la tierra fina y de los restantes que se separaron de diferente tamaño.
- Se calculó por separado y se expresó como porcentaje el peso total de la tierra fina.
- Se midieron por sedimentación los pesos de partículas que han pasado por la malla más fina expresándose también como porcentaje del peso total inicial de la tierra fina.
- Los resultados obtenidos se procedieron a asignar la clase textural específica utilizando el triángulo textural del suelo del sistema internacional.

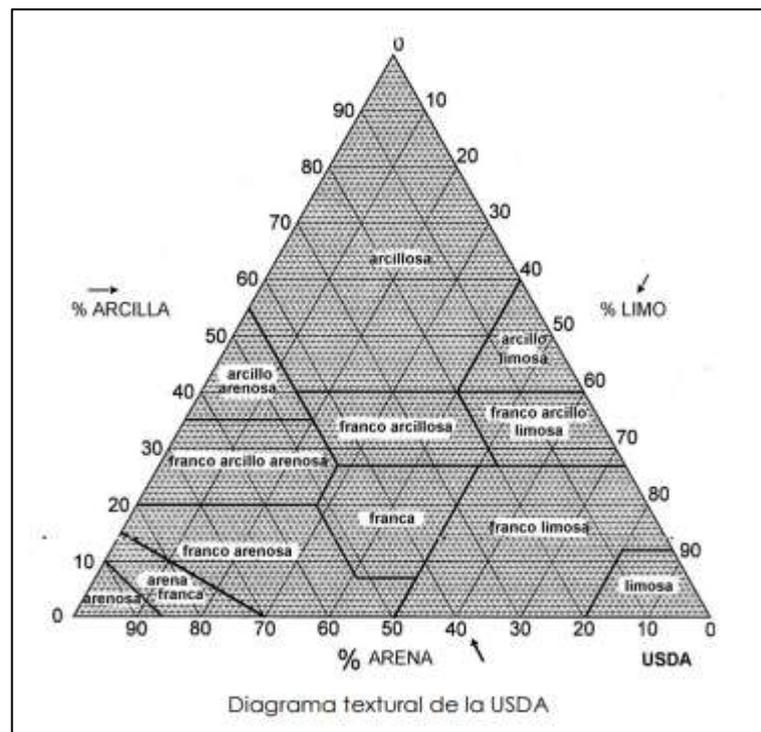


Figura 4-2: Diagrama de texturas de suelo.

Fuente: (Blanquer, Asensio, & Ramón, 2010).

2.6.6. *Color del suelo*

Para determinar el color del suelo se utilizó la escala de Munsell (1975) la cual consistió en determinar bajo dos condiciones cuando este seco y humedecido.

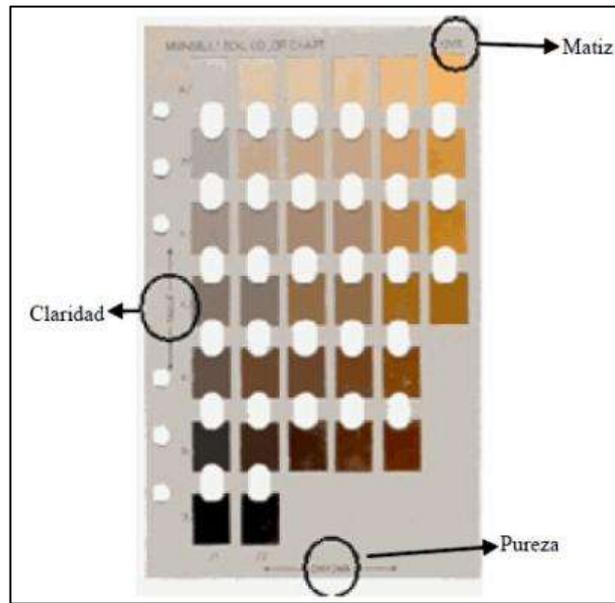


Figura 5-2: Tabla de color de Munsell.

Fuente: (Soto, Román, García , & Sandoval, 2012).

2.6.7. Obtención del índice de Vegetación Estandarizado

El índice de vegetación mejorado (EVI) fue definido por *Huete et al. (2002)*, y se plantea como una alternativa más sólida a los índices tradicionales como el NDVI, por ser más robusto frente a la influencia del suelo y de las condiciones atmosféricas. El EVI se define como:

$$EVI = G \frac{PIRC - PR}{PIRC + C1PR - C2PA + L} \quad (17)$$

Donde:

PA, *PR* y *PIRC*: reflectividades del azul, rojo e infrarrojo cercano, respectivamente,

L: es la radiancia del fondo

G: es un factor de ganancia

C1 y *C2*: coeficientes para corregir la influencia de aerosoles en la banda roja a partir de la azul.

Nota: Para el cálculo global de este índice se utilizan *L=1*, *C1=6*, *C2=7,5* y *G=2,5*.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Determinación de los usos de suelo de la Laguna de anteojos, zona de Panzarrumi, de los Llanganates

A partir del procesamiento de las imágenes satelitales proporcionadas por Google Earth Engine, se identificó los usos de suelo que se trabajaron en el proyecto de investigación los mismos que se denominan: herbazal de páramo en el cual se realizara tres transectos denominados (TR1, TR2 Y TR5), en el mismo uso de suelo se identificó los transectos denominados (MEDIA y MEDIANA) ya que estos son los de mayor relevancia en todo el parque nacional Llanganates, se identificó también dos transectos en el herbazal inundable denominados (TR3 y TR4) finalmente se utilizó el uso de suelo agrícola en donde se realizaron dos transectos denominados (TR6 y TR7).

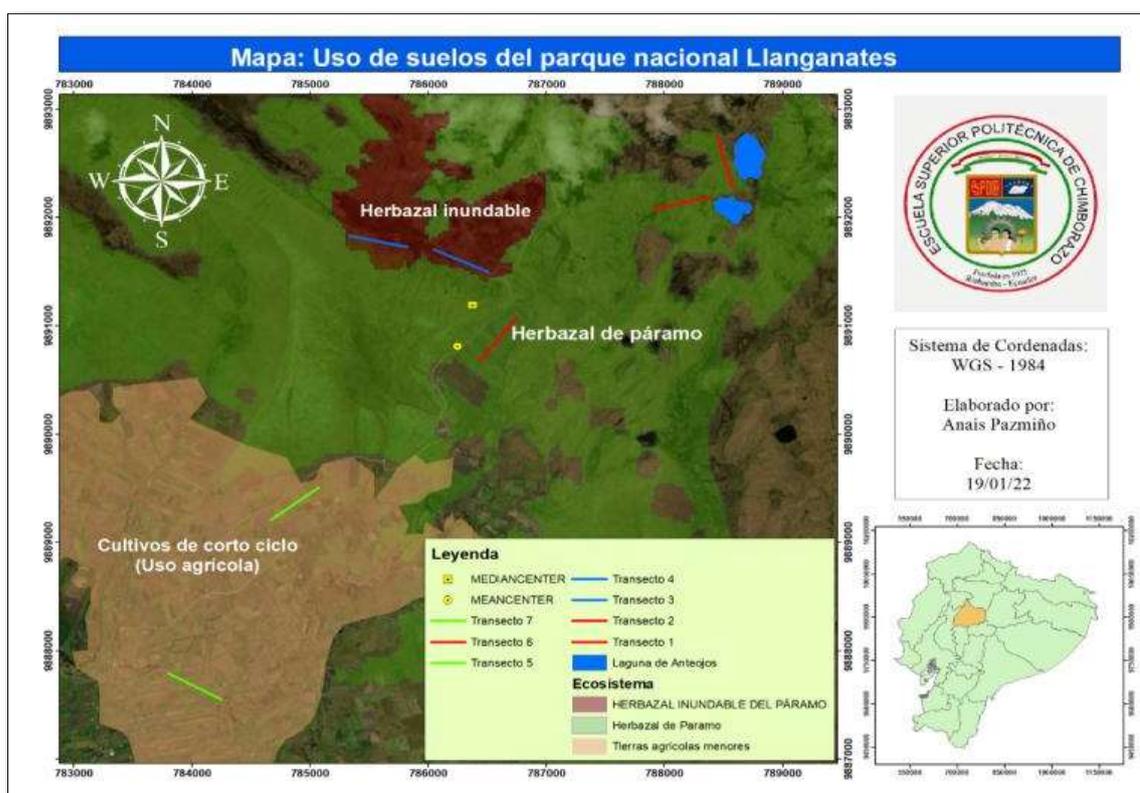


Figura 1-3: Transectos y usos de suelo de la zona de estudio

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

3.2. Cuantificación de la respiración edáfica

La respiración edáfica del suelo se estimó para determinar indirectamente la actividad microbiana, se utilizó el método de Anderson.

Una vez realizado la valoración de CO₂ en laboratorio se obtuvieron los resultados de respiración edáfica como medida de la actividad microbiana en tres sistemas de uso de suelo de la zona de Panzarrumi laguna de Anteojos del parque nacional los Llanganates.

3.2.1. *Herbazal de páramo*

La determinación de la producción de CO₂ o respiración edáfica nos muestra la actividad de los microorganismos registrada en suelo de páramo dentro de una mezcla compuesta que en dos condiciones denominadas real y seco, las mismas que en los diferentes transectos tienen su respectiva codificación tal cual muestra en la Tabla 1-3: Resultados de la respiración edáfica.

Tabla 1-3: Resultados de la respiración edáfica

Código	Promedio C-CO ₂ (mg/g)
TR1-GTILL-CR	0,042
TR1-GTILL-CS	0,039
TR2-GTILL- CR	0,025
TR2-GTILL- CS	0,037
TR5-GTILL- CR	0,052
TR5-GTILL- CS	0,077

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

Se observaron los resultados promedio de las repeticiones de cada punto de muestreo a diferentes alturas. El uso de suelo de herbazal de páramo presentó valores de respiración mínimo de 0,025 C-CO₂ (mg/g) registrado a 3940-3960 m s. n. m., y un valor máximo de 0.077 C-CO₂ (mg/g) a una altura de 3960-3980 m. s. n. m.

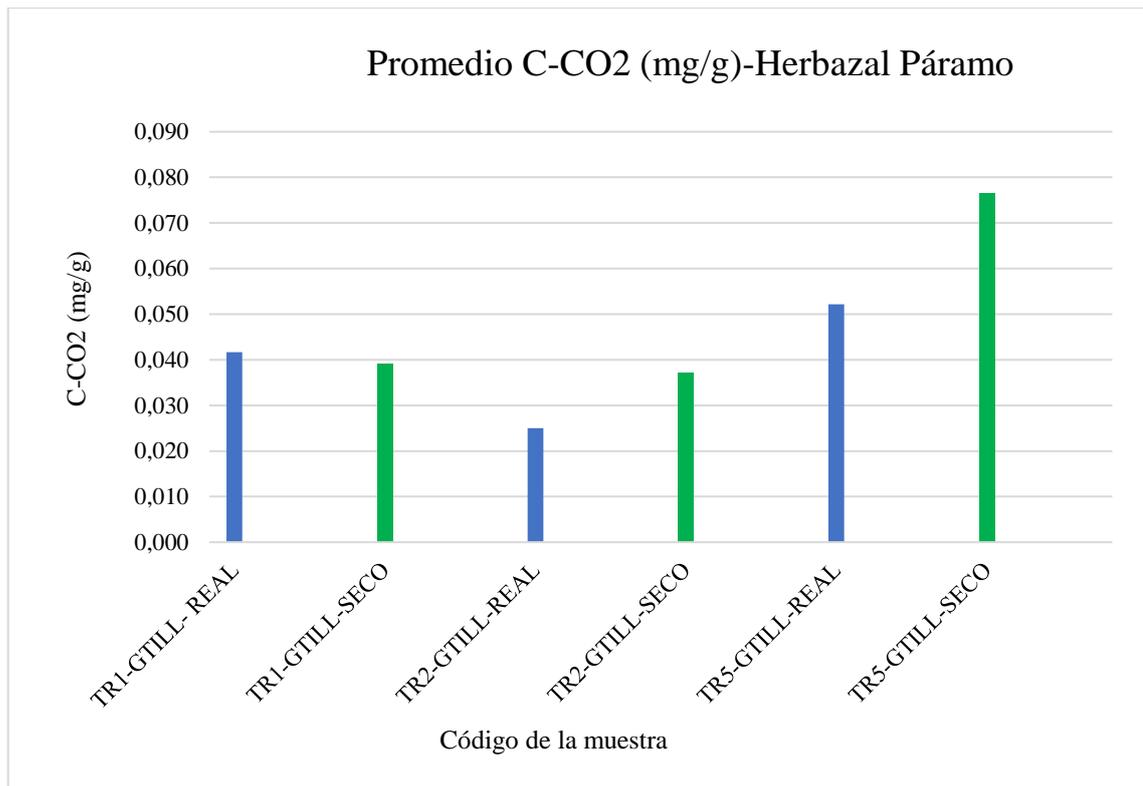


Gráfico 1-3: Respiración edáfica en (mg/g), herbazal páramo en condiciones real y seco.

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

(Llambí, y otros, 2012) indican que la composición de los suelos en el páramo en algunos casos puede depender de factores externos como lo es el índice de la microbiota que permite la degradación de materia orgánica, por ende, bajo estas condiciones real o seca las intensidades de CO₂ son complementarias ya que nos refleja la realidad de los microorganismos existentes en el suelo, de modo que es un indicador sensible que refleja la actividad de los microorganismos ante la presencia de una materia rica o pobre en sustancias fácilmente degradables en el suelo, si la materia disminuye igualmente el desprendimiento de CO₂, por ello podemos observar en el histograma que los transectos 1 y 2 están con valores similares ya que estos fueron tomados desde un mismo sitio sin embargo el transecto 1 en condición real se ve superior al de condición seca esto se debe a que existe mayor humedad en la CR, en el transecto 2 presente menor valor de respiración en CR por ende quiere decir que existió menor humedad para el desarrollo de microorganismo y también existe en CS una mayor respiración ya que esta al ser secada a temperatura ambiente no se perdieron sus propiedades y al añadirle agua la respiración aumento, el transecto 5 en CR y CS obtuvieron valores dispersos a comparación de los otros transectos ya que este punto fue tomado por representatividad de datos y su altitud y geografía fueron muy alejadas de los primeros transectos por ende varía bastante aunque este en el mismo ecosistema, el CS el mismo tiene mayor respiración ya que su humedad favoreció a los microorganismos.

Los páramos encontrados alrededor de la zona de estudio, laguna de anteojos del parque nacional de los Llanganates reflejan suelos relativamente húmedos y acumulan materia orgánica, con colores rojos muy oscuros, grises rojizo-oscuros y negros rojizos, así mismo, presenta las texturas de franco arenoso (FA), arena franca (AF), y arena gruesa y muy gruesa (AG), este tipo de suelos que se encuentran en los transectos antes mencionados por su textura tienen una alta infiltración de agua, aireación y mineralización de materia orgánica, una media facilidad para formar buena estructura y erosión media y baja retención de agua y retención de nutrientes.

3.2.2. *Herbazal inundable*

Tabla 2-3: Resultados de la respiración edáfica en el herbazal inundable.

Código	Promedio C-CO ₂ (mg/g)
TR3-GTILL-REAL	0,209
TR3-GTILL-SECO	0,116
TR4-GTILL-REAL	0,063
TR4-GTILL-SECO	0,059

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

Se observaron los resultados promedio de las repeticiones de cada punto de muestreo a diferentes alturas. El suelo herbazal inundable presentó valores de respiración mínimo de 0,059 C-CO₂ (mg/g) y un valor máximo de 0.209 C-CO₂ (mg/g), para entender las condiciones que se trabajaron en este tipo de suelo se presenta el siguiente Gráfico 2-3: Respiración edáfica en (mg/g), herbazal inundable en condiciones real y seco..

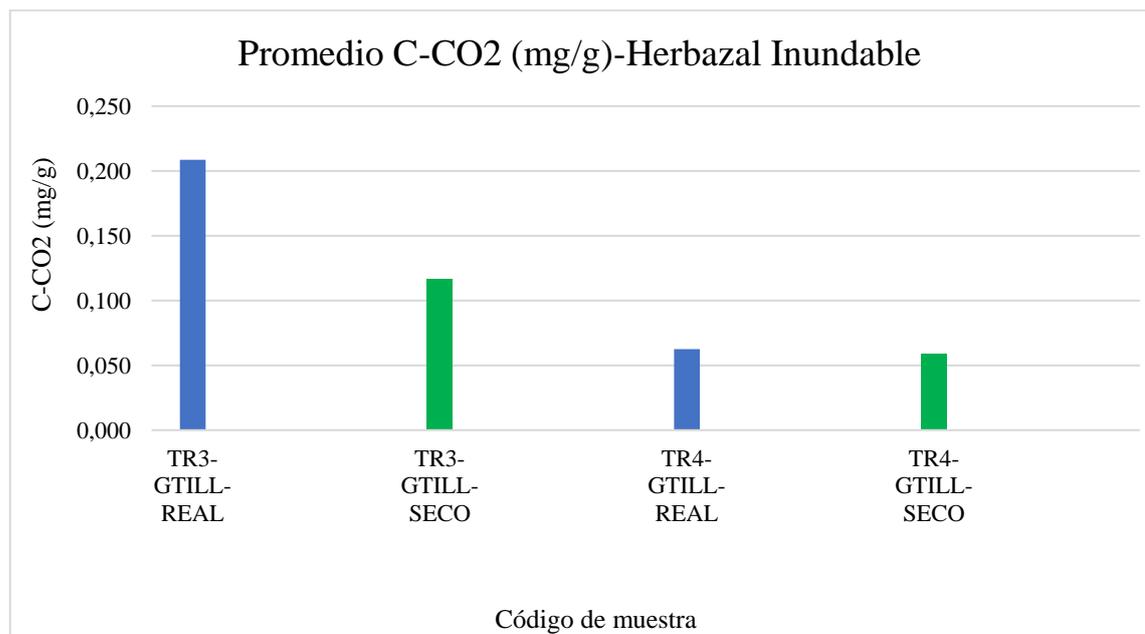


Gráfico 2-3: Respiración edáfica en (mg/g), herbazal inundable en condiciones real y seco.

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

Se considera que en este tipo de suelo herbazal inundable se encontraron datos que tienen concordancia ya que los mismos presentan en los transectos 3 y 4 alta cantidad de respiración esto quiere decir que existe actividad microbiana, sin embargo, también se puede asegurar que en condiciones secas los microorganismos mueren y por ende presenta baja respiración esto se debe que ya está en otras condiciones climáticas y físicas por ende se ve mayor respiración que el uso de suelo herbazal de páramo. Los transectos tomados de este tipo de suelo se refleja mayor humedad por sus características de color y textura siendo estos los colores marrones rojizo-oscuros, marrón grisáceo oscuros, gris oscuro, marrón y negros; así mismo, presenta las texturas de arena fina (AFi), arena media (AM), arena gruesa y muy gruesa (AG), por ello este tipo de suelo es más fácil de trabajar, sin embargo, por ser muy húmedos retienen pocos nutrientes que aprovechan las plantas.

3.2.3. Agrícola

Tabla 3-3: Resultados de la respiración edáfica en suelo agrícola

Código	Promedio C-CO ₂ (mg/g)
TR6-GTILL-REAL	0,058
TR6-GTILL-SECO	0,035
TR7-GTILL-REAL	0,051
TR7-GTILL-SECO	0,028

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

En el suelo destinado a cultivos de ciclo corto se logró evidenciar una respiración edáfica máxima de 0,058 C-CO₂ (mg/g) a una altura de 3620 a 3650m. s. n. m., mientras que la mínima presentaba un valor de 0,028 C-CO₂ (mg/g) a una altura de 3870 a 3900m. s. n. m.

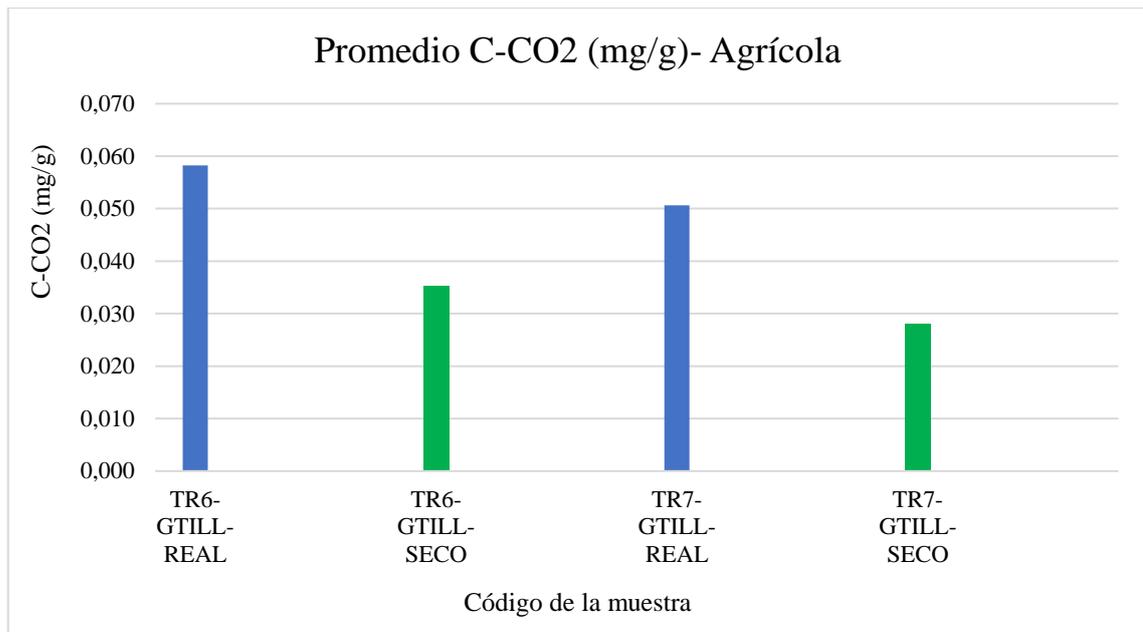


Gráfico 3-3: Respiración edáfica en (mg/g), herbazal inundable en condiciones real y seco.

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

En las muestras de suelo agrícola se tomaron dos transectos denominados 6 y 7 donde se obtuvieron valores bajos a diferencia de los otros usos de suelo, sin embargo se puede ver claramente que en el transecto 6 en CR es mayor lo que quiere decir que el mismo presenta actividad microbiana, pero también en CS se nota claramente que los microorganismos murieron en el tiempo de secado, el transecto 7 se observa que en condiciones reales se mantienen los microorganismos ya que presenta humedad moderada, en CS mueren los mismos y por ende baja la respiración edáfica, cabe recalcar que estos cultivos son de ciclos cortos como el chocho, alfalfa, pasto, etc..

En la investigación realizada por Morales (2020), explica que los valores de respiración en cultivos varían debido a los sistemas agronómicos, o por las prácticas para la preparación del suelo, acelerando el proceso de degradación física, química y biológica del suelo, lo que provoca la reducción del stock de carbono. Además que la respiración edáfica es menor en suelos secos ya que mueren los microorganismos por sus condiciones mientras que en suelos reales la respiración edáfica es mayor.

En los suelos de cultivo que se encuentran alrededor de la zona de estudio, la laguna de Antojos de la zona de Panzarrumi en el parque nacional de los Llanganates reflejan suelos con colores gris muy oscuros, marrón muy oscuro y negros, así mismo, presenta las texturas de arena media (AM), arena gruesa y muy gruesa (AM) y limoso; los mismos que representan que existe materia orgánica y por ende microorganismos ya que son suelos óptimos que tienen media-alta cantidad de nutrientes y buena aireación.

3.2.4. Media y mediana

La media y mediana que se tomaron fue por un análisis descriptivo de la zona geográfica, por ende, se tomó estos puntos denominados media y medianas que fueron son los más representativos de la zona de estudio del parque Nacional Llanganates.

Tabla 4-3: Resultados de respiración de media y mediana.

Código	Promedio C-CO ₂ (mg/g)
MEDIA-REAL	0,035
MEDIA-SECO	0,028
MEDIANA-REAL	0,038
MEDIANA-SECO	0,031

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

En los puntos destinados media y mediana que pertenecen al ecosistema herbazal de páramo se logró evidenciar una respiración edáfica máxima de 0,038 C-CO₂ (mg/g) a una altura de 4020 m. s. n. m., mientras que la mínima presentaba un valor de 0,028 C-CO₂ (mg/g) a una altura de 4050 m. s. n. m.

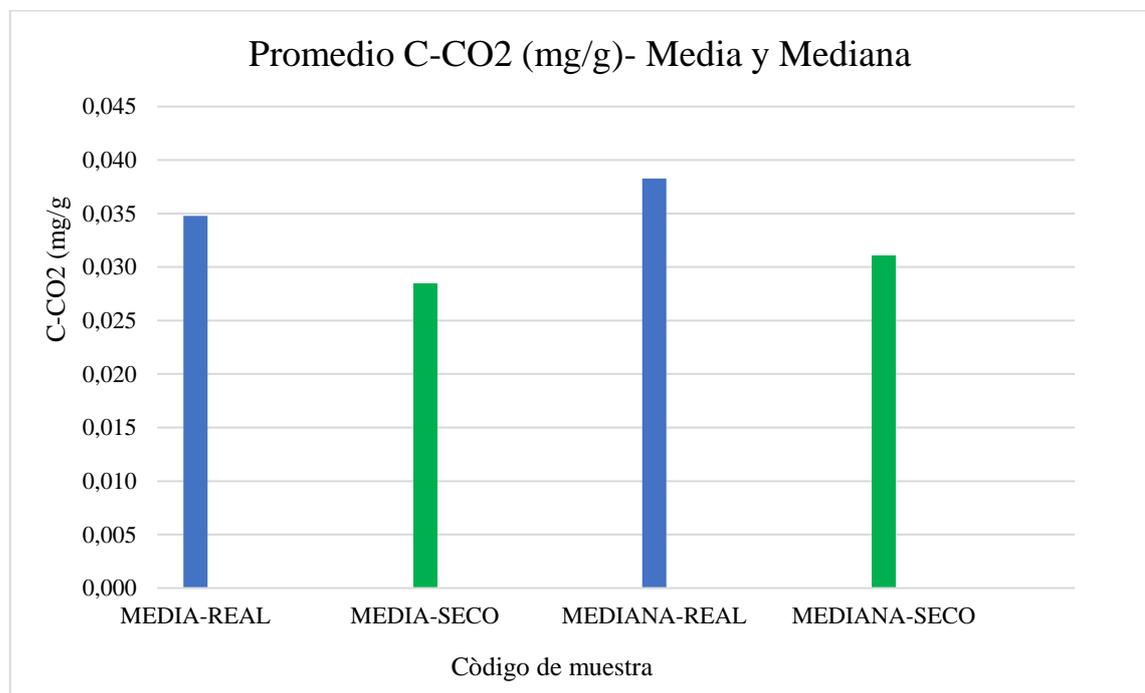


Gráfico 4-3: Respiración edáfica en (mg/g) en los puntos media y mediana (herbazal páramo).

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

Los puntos con mayor representatividad denominados media y media pertenecientes al ecosistema páramo ya que se atribuye a la poca diferencia de altura de los transectos donde se

tomaron las muestras de suelo; si bien es cierto que según Paucar y Velastegui (2019), los suelos de páramo en estado natural son características de poseer alto contenido de nutrientes y humedad, provocando un aumento de la actividad microbiana y por consecuencia mayor respiración edáfica en CR con una media de 0.035 (mg/g) y una mediana de 0.038 (mg/g) se puede apreciar que estos valores son muy parecidos por su representatividad en la zona de estudio, sin embargo, se visualiza claramente los valores en CS son menores con valores de una media de 0.028 (mg/g) y una mediana de 0.031 (mg/g) y por ende se puede decir que pierden sus propiedades y su actividad microbiana, esto no se ve reflejado en el presente estudio.

Según Guerrero (2012) si bien los suelos del ecosistema páramo en estado natural, en condiciones rales presenta suelos franco arcillosos de color marrón oscuro que son características de poseer alto contenido de nutrientes y humedad, en los suelos de pastizales y cultivos la aplicación del residuo fresco (abono orgánico) estiércol provoca un incremento en la actividad microbiana y consecuentemente en la respiración.

(Guerrero Ortiz et al., 2012), este caso no se evidencia en suelos de plantaciones forestales, pues al observar los valores de respiración en estos suelos son los más bajos en comparación con los demás al no tener ingresos adicionales de compuestos fácilmente degradables de materiales orgánicos como los suelos del ecosistema inundable y suelo agrícola, por ello la falta de compactación retiene la humedad y por ende pérdida de la capacidad del suelo, de otro modo donde existe mayor compactación tienen menor ingreso de materia orgánica lo que en gran parte limita la disponibilidad de nutrientes para plantas y microorganismos por ello en este suelo la menor actividad se puede atribuir a que contiene material más difícil de descomposición.

3.2.4.1. Distribución de normalidad de la respiración edáfica de los diferentes ecosistemas y uso de suelo

La distribución de la normalidad de los valores obtenidos en la respiración edáfica, de la zona de Panzarrumi, laguna de anteojos del parque nacional Llanganates agrupa los datos en torno al valor central para la obtención de la normalidad de forma simétrica, sin embargo, los datos presentes en el estudio presentan una forma asimétrica que desvía hacia la derecha la normalidad siendo el punto más alto 0.063 (mg/g).

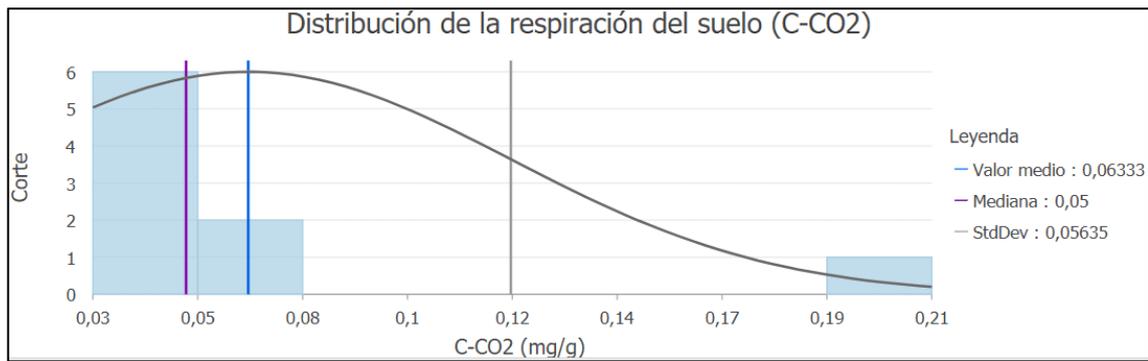


Gráfico 5-3: Distribución de normalidad de C-CO₂ (mg/g).

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

Dentro de la curva de distribución de la normalidad la media de respiración edáfica de la zona de estudio es de 0.0633 (mg/g), una mediana de 0.05 (mg/g) y una desviación estándar de 0.056 (mg/g), la misma nos permite observar que los datos que están atípicos son de 0.19- 0.21 (mg/g) lo mismo que no representa a una normalidad debido a que la curva no está definida, además de ser asintótica debido a que los extremos nunca tocan el eje horizontal, lo que quiere decir que los puntos que estén dentro de la media y mediana tienen mayor respiración y por lo mismo se puede decir que sus factores fisicoquímicos están relacionados para decir que existe microorganismos en el mismo.

3.3. Correlación de los parámetros fisicoquímico en relación a la respiración edáfica

En base a los valores obtenidos durante el estudio de la respiración edáfica y los análisis de los parámetros fisicoquímicos, se realizaron pruebas de correlación entre la respiración edáfica de cada ecosistema y uso de suelo y los parámetros fisicoquímicos estudiados; se empleó una prueba de correlación de Pearson (bilateral), para la determinación de cada variable mencionada.

Restrepo y Gonzáles (2007), mencionan que el coeficiente de correlación de Pearson varía entre los valores números: -1 y $+1$ encontrándose el cero como valor medio. Así mismo Palmero, Jiménez, y Montano (2001) indica que un coeficiente de correlación bajo no necesariamente indica que no exista una relación, ya que pueden expresar que existen una relación no lineal. Por su parte, los investigadores Hernández y Peñaloza (2018) sugieren que el coeficiente de correlación indica la relación o dependencia que hay entre las dos variables del estudio bidimensional, el resultado aporta diferente información por ejemplo si tenemos como resultado que R es mayor que 0 se dice que la dependencia es positiva o es directamente proporcional es decir cuando el valor de la variable aumenta o disminuye igualmente la otra; por otro lado, si R es menor a 0 la dependencia es negativa o inversa de manera que si el variable aumenta y la otra disminuye.

3.3.1. *Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del ecosistema herbazal páramo*

Para la determinación de la influencia de los parámetros fisicoquímico con la respiración edáfica del ecosistema herbazal de páramo se realizó una prueba de Pearson bilateral que se detallara en la siguiente Tabla 5-3: Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del ecosistema herbazal páramo.

Tabla 5-3: Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del ecosistema herbazal páramo

		Correlación				
Parámetros FQ		Humedad	pH	CE	N	MO
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	0,034	-0,102	0,331	-0,578	0,470
	Significancia (bilateral)	0,948	0,847	0,521	0,229	0,347

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

En la Tabla 5-3: Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del ecosistema herbazal páramo. se aprecia que en los suelos del ecosistema herbazal de páramo existe una correlación baja entre la respiración del suelo con la conductividad eléctrica (CE) y la materia orgánica (M.O) con valores de 0.331, 0.470 correspondientemente, así muestra que los parámetros tienen directa relación con respecto a la respiración edáfica, de otra forma el pH y el nitrógeno total (N) tienen valores de correlación negativa o nula con valores de -0.102 y -0.578 lo que quiere decir que no influye con respecto a la respiración; la humedad presenta una correlación muy baja de 0.034 lo cual influye de manera mínima y positiva en la respiración del ecosistema antes mencionado.

Se presentará graficas de dispersión de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la respiración de edáfica.

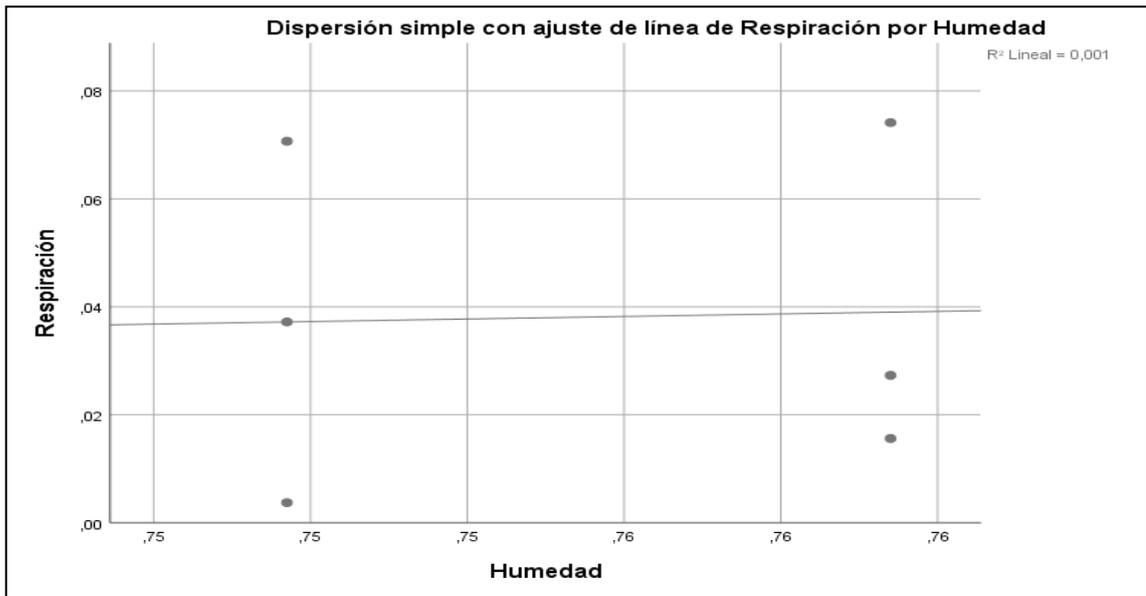


Gráfico 6-3: Relación entre la respiración edáfica y la humedad.

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

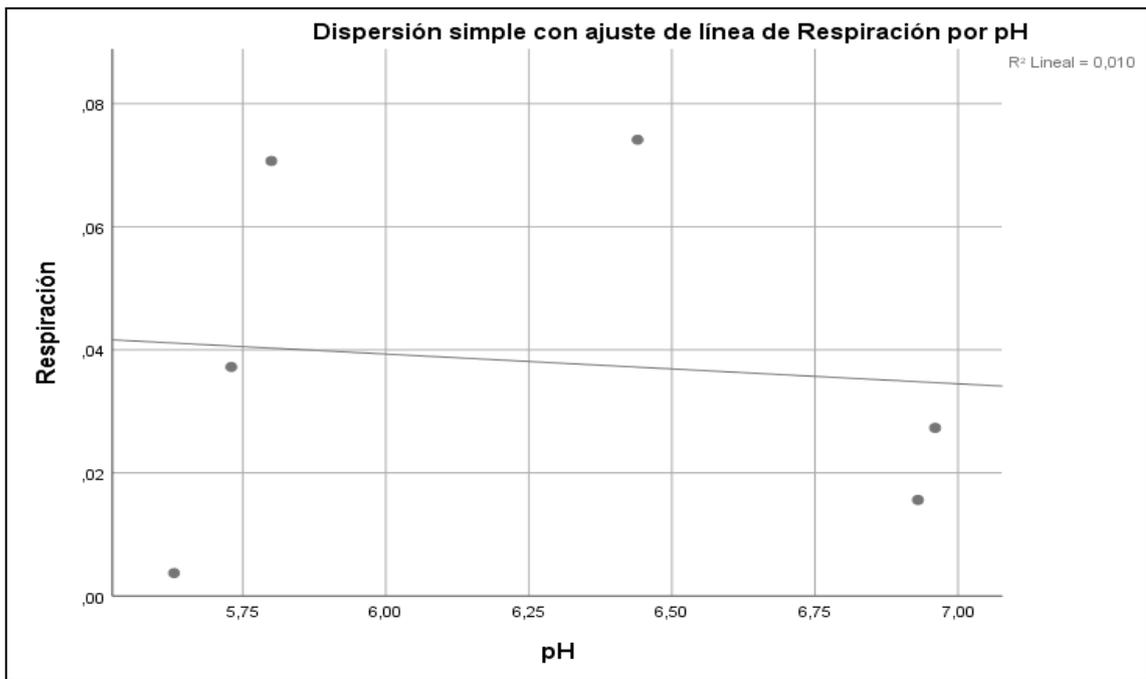


Gráfico 7-3: Relación entre la respiración edáfica y el pH.

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

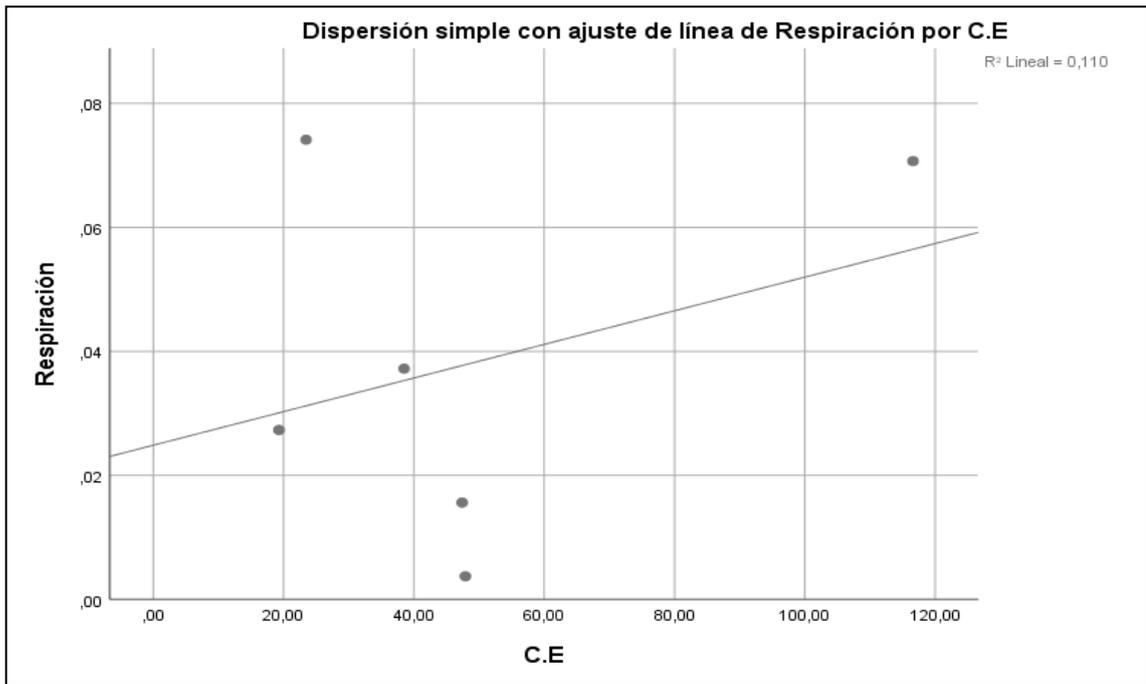


Gráfico 8-3: Relación entre la respiración edáfica y la CE.

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

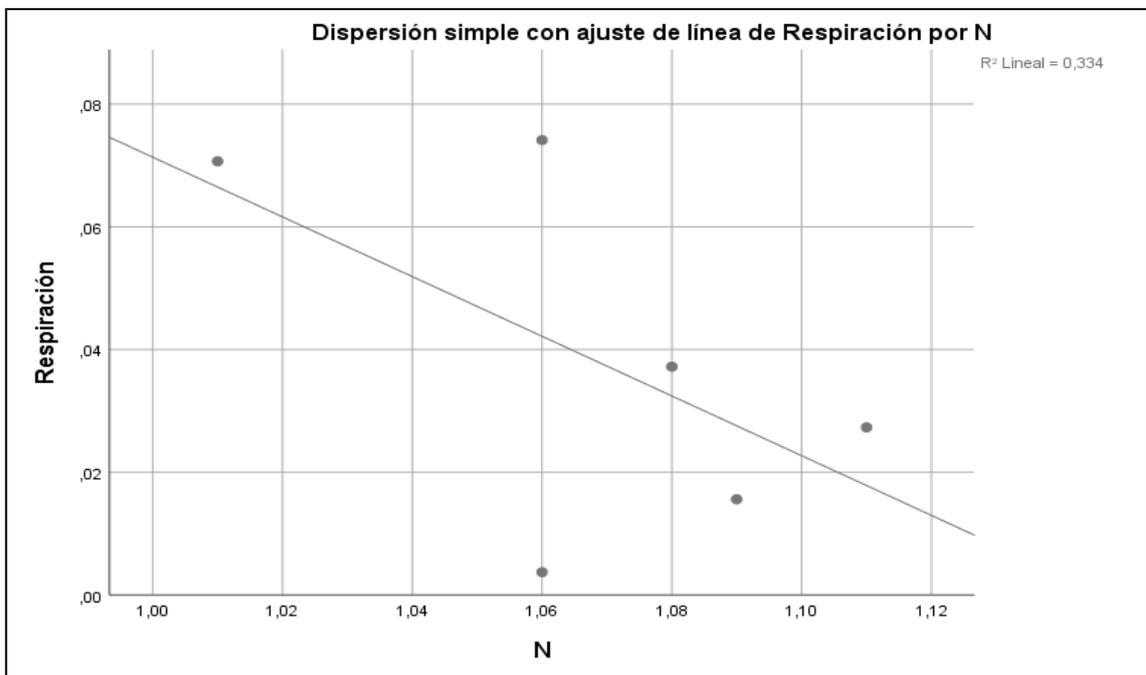


Gráfico 9-3: Relación entre la respiración edáfica y el nitrógeno (N).

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

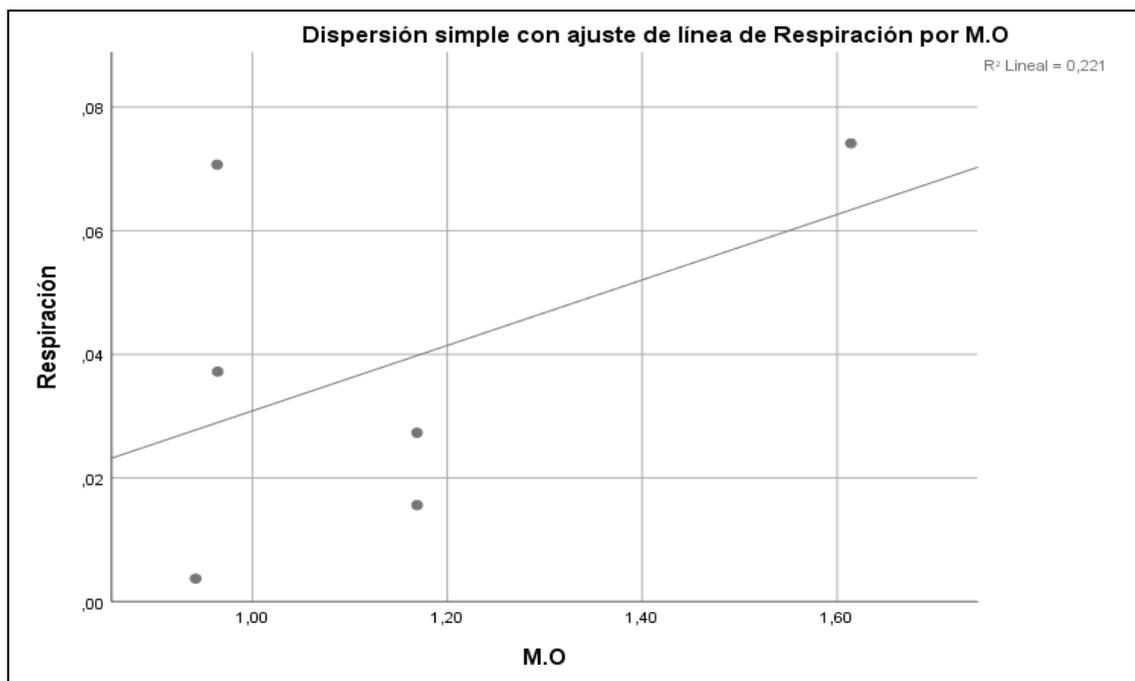


Gráfico 10-3: Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica (MO).

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

3.3.2. *Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del ecosistema herbazal inundable*

En el ecosistema páramo se realiza la prueba de correlación de Pearson bilateral, se pudo determinar relaciones entre respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos analizados correspondientemente, por ello se muestra en la siguiente Tabla 6-3: Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del ecosistema herbazal inundable.

Tabla 6-3: Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del ecosistema herbazal inundable

		Correlación				
Parámetros FQ		Humedad	pH	CE	N	MO
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	0,507	0,651*	0,208	0,418	0,464
	Significancia (bilateral)	0,134	0,041	0,564	0,229	0,177

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

En la Tabla 6-3: Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del ecosistema herbazal inundable se observa la correlación de los parámetros fisicoquímicos con la respiración edáfica del ecosistema herbazal de páramo se puede decir que existe una relación baja positiva con la humedad, el pH, la conductividad eléctrica, el nitrógeno total y la materia orgánica con valores de 0.507, 0.651, 0.208, 0.418, y 0.464 siendo este el coeficiente de correlación de

los parámetros de estudios antes mencionados correspondientemente, de manera que estos parámetros tienen una relación directamente proporcional con la respiración edáfica, cabe recalcar que el pH al tiene una correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

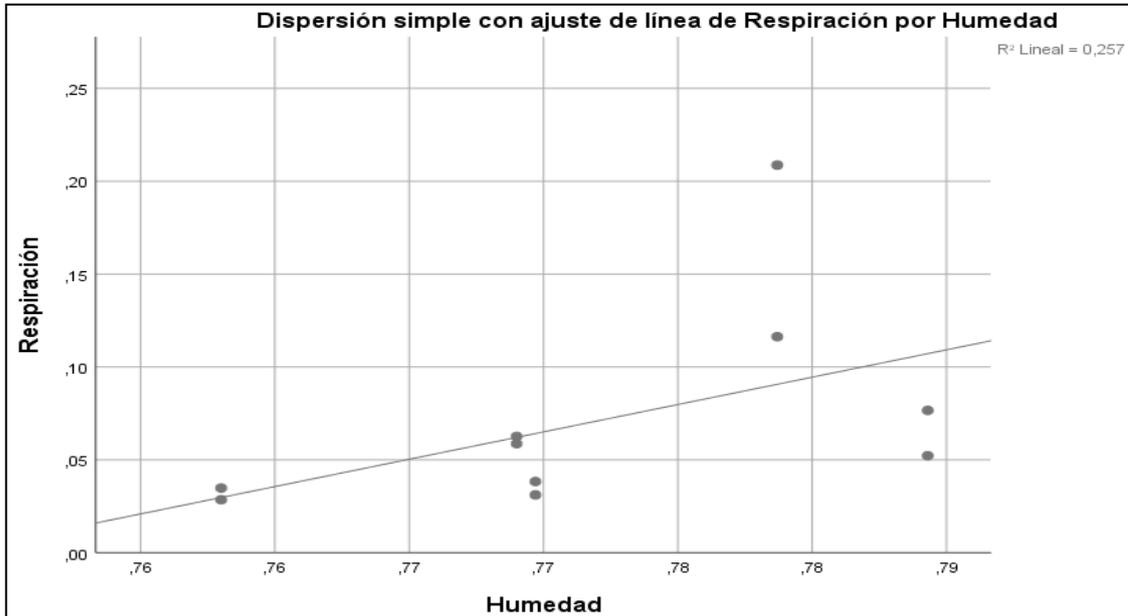


Gráfico 11-3: Relación entre la respiración edáfica y la humedad

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

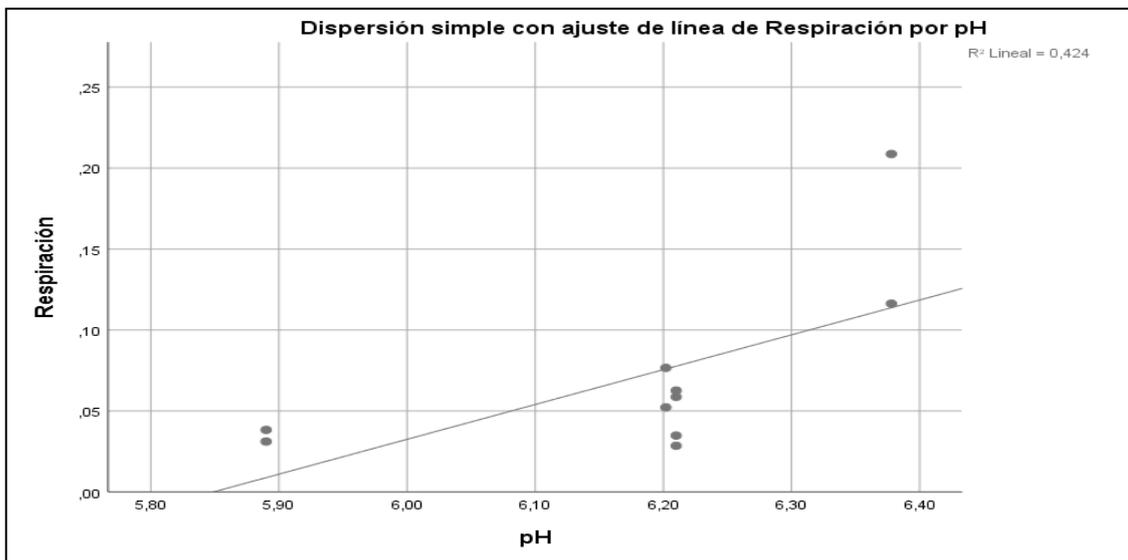


Gráfico 12-3: Relación entre la respiración edáfica y el pH

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

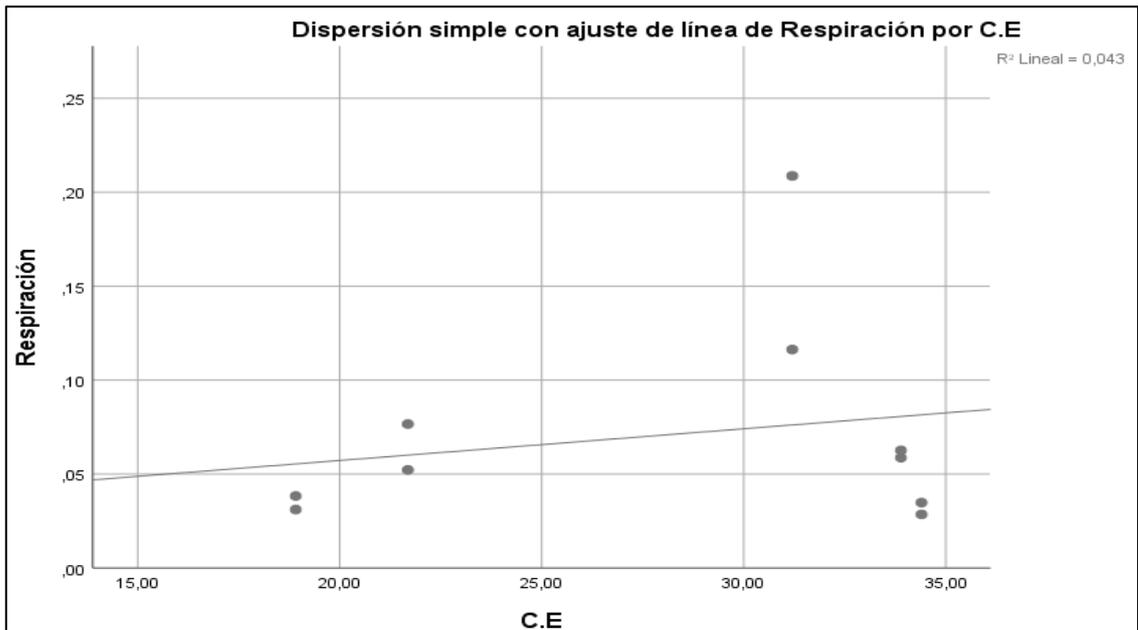


Gráfico 13-3: Relación entre la respiración edáfica y la CE

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

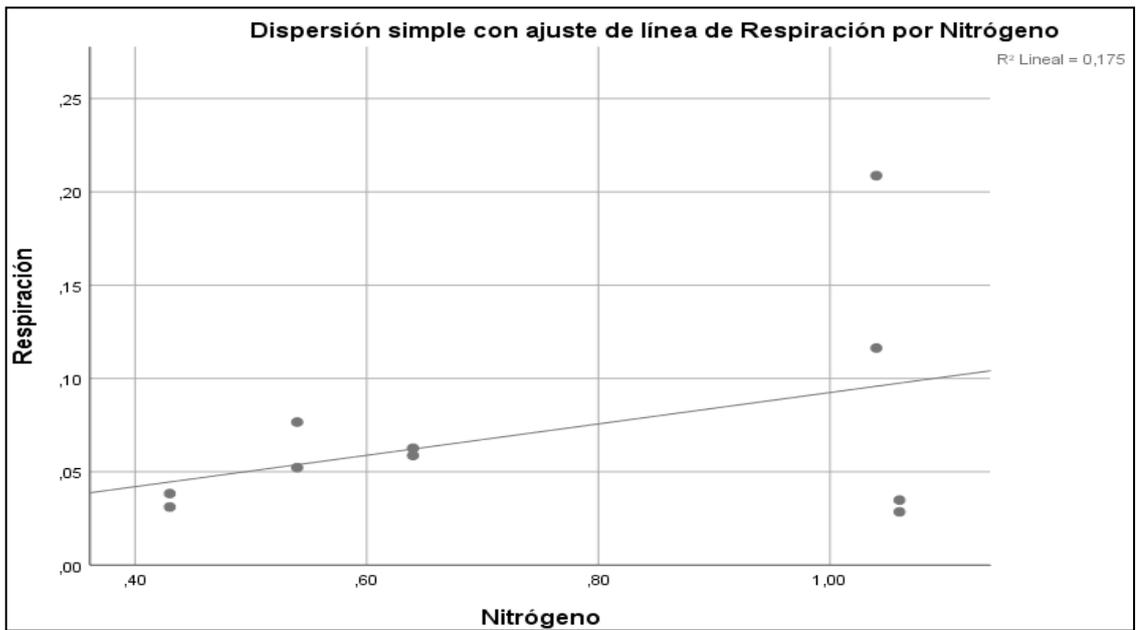


Gráfico 14-3: Relación entre la respiración edáfica y el nitrógeno (N)

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

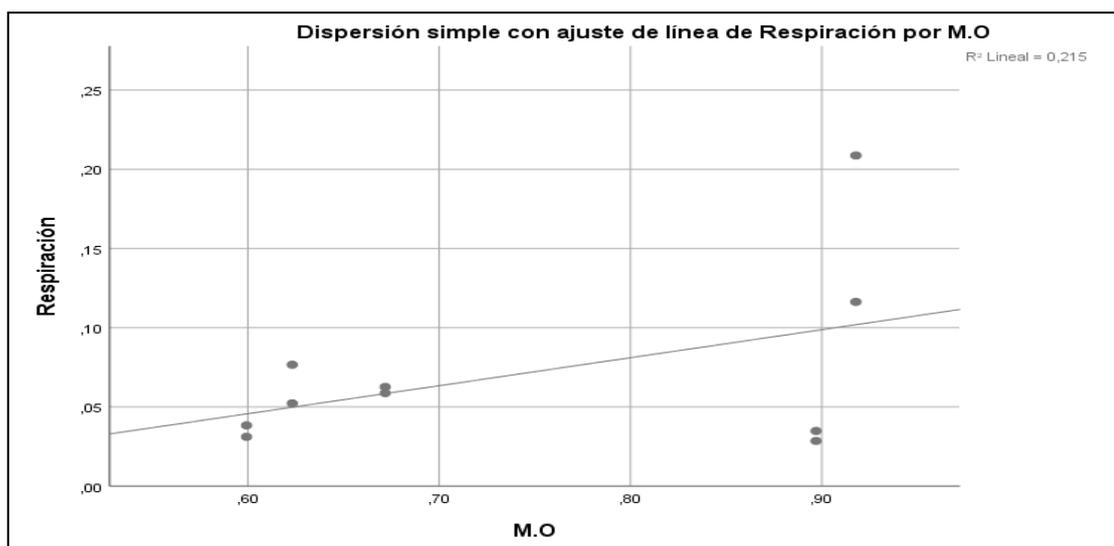


Gráfico 15-3: Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica (MO).

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

3.3.3. *Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del suelo agrícola*

En el caso del suelo agrícola se realizó una prueba correlación de Pearson bilateral, que se determinó relaciones entre respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos analizados anteriormente, la misma que es representada los valores en la siguiente Tabla 7-3: Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del suelo agrícola.

Tabla 7-3: Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del suelo agrícola

Parámetros FQ		Correlación				
		Humedad	pH	CE	N	MO
Respiración edáfica	Correlación de Pearson	0,213	0,315	0,633	-0,420	-0,679
	Significancia (bilateral)	0,685	0,543	0,177	0,407	0,138

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

En la Tabla 7-3: Correlación entre la respiración edáfica y los parámetros fisicoquímicos del suelo agrícola se demuestra que en los suelos agrícolas existe una correlación media entre la respiración del suelo y la conductividad eléctrica con un valor de 0.633, mientras que la correlación con el pH y la humedad es baja alcanzando valores de 0.315 y 0.213 respectivamente evidenciando que estos parámetros tienen una relación directamente proporcional con la respiración edáfica.; por otra parte los parámetros fisicoquímicos como el nitrógeno total y la materia orgánica (MO)

presentan correlaciones nulas con valores de -0.679 y -0.420 respectivamente, llegando a la conclusión que la relación con la respiración edáfica es inversamente proporcional.

Se presenta las gráficas de dispersión de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la respiración edáfica en el suelo agrícola.

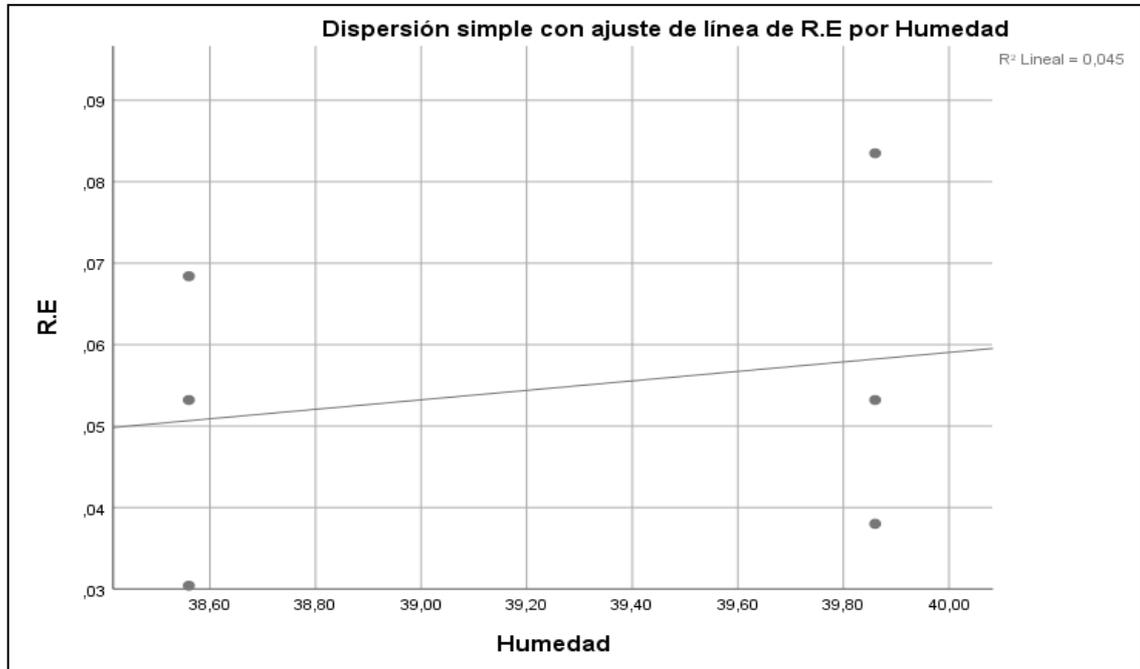


Gráfico 16-3: Relación entre la respiración edáfica y la humedad

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

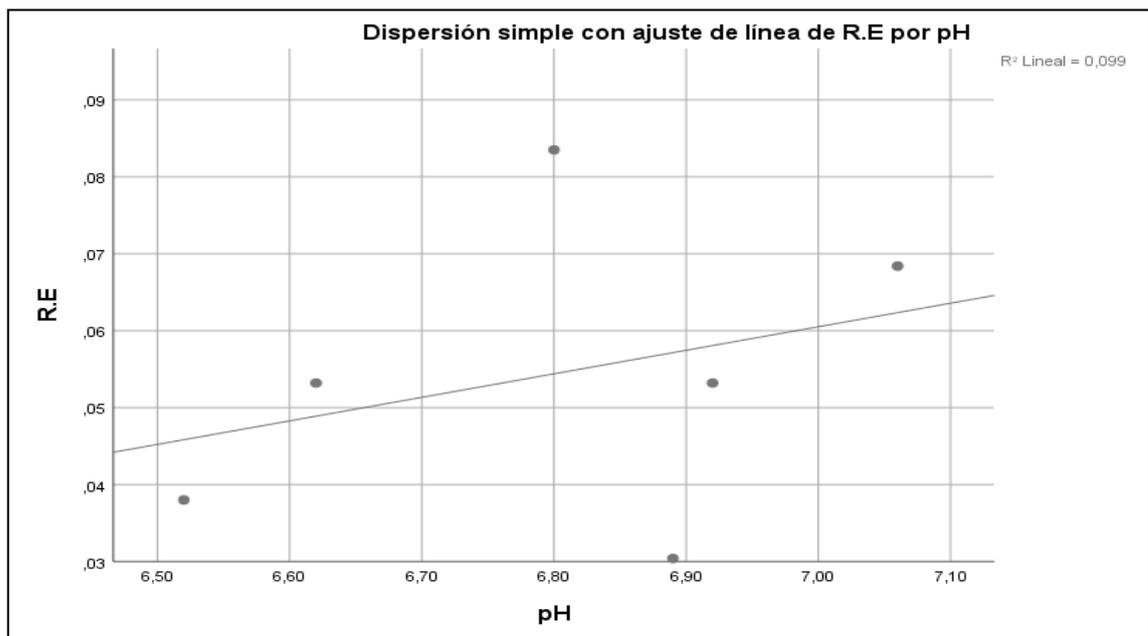


Gráfico 17-3: Relación entre la respiración edáfica y el pH

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

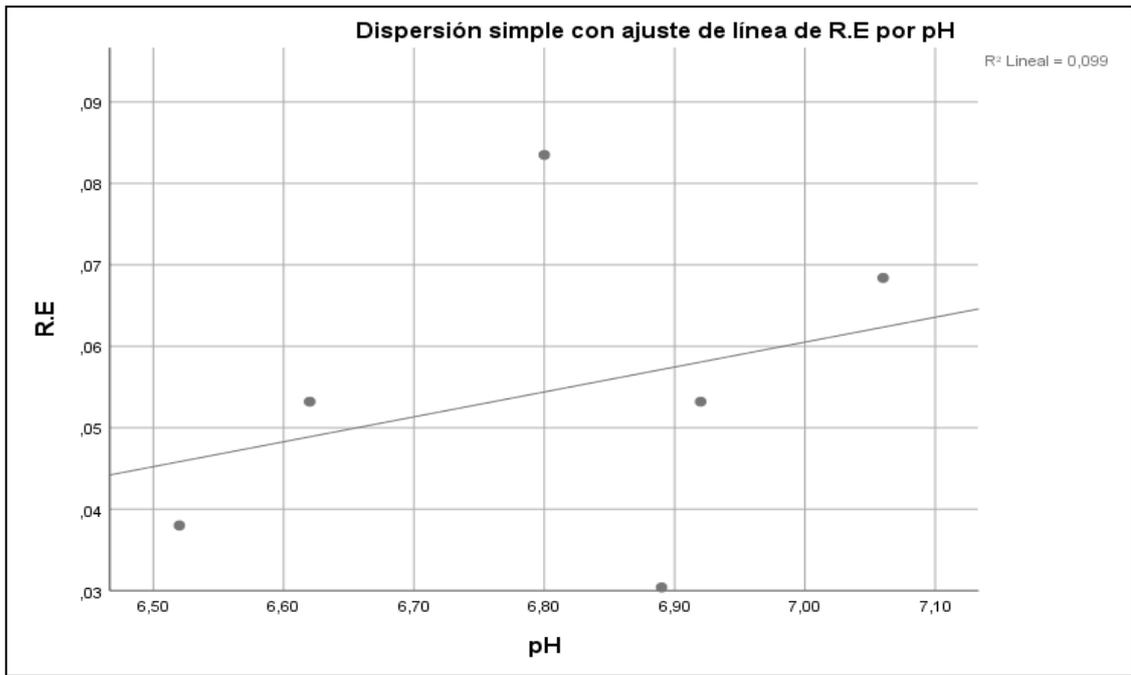


Gráfico 18-3: Relación entre la respiración edáfica y la CE

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

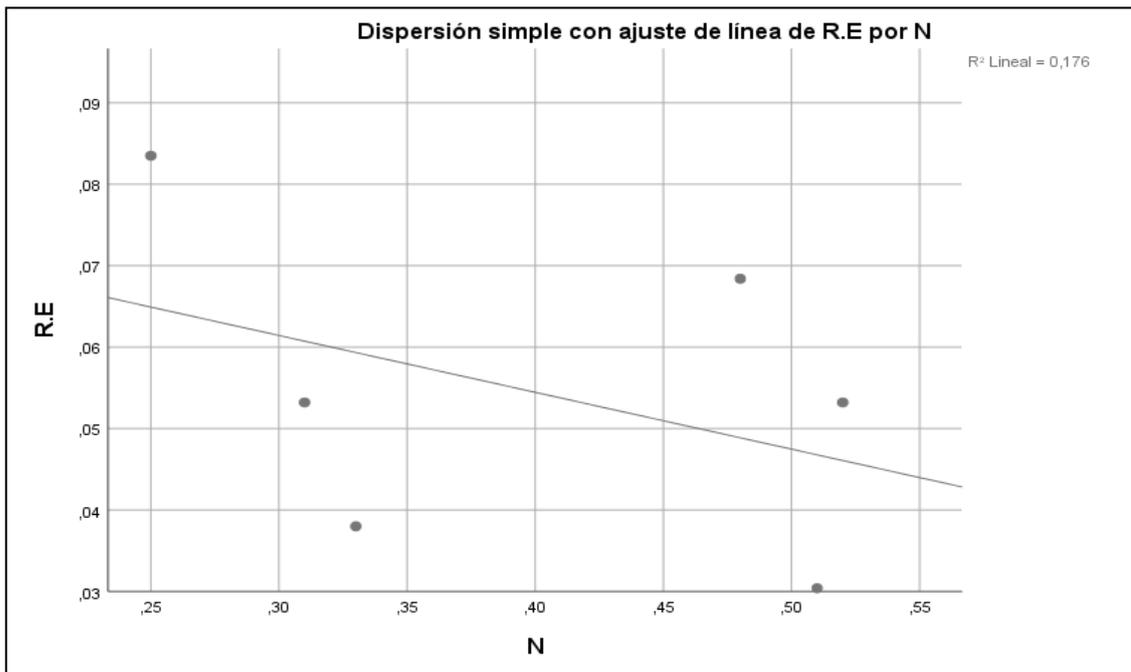


Gráfico 19-3: Relación entre la respiración edáfica y el nitrógeno (N)

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

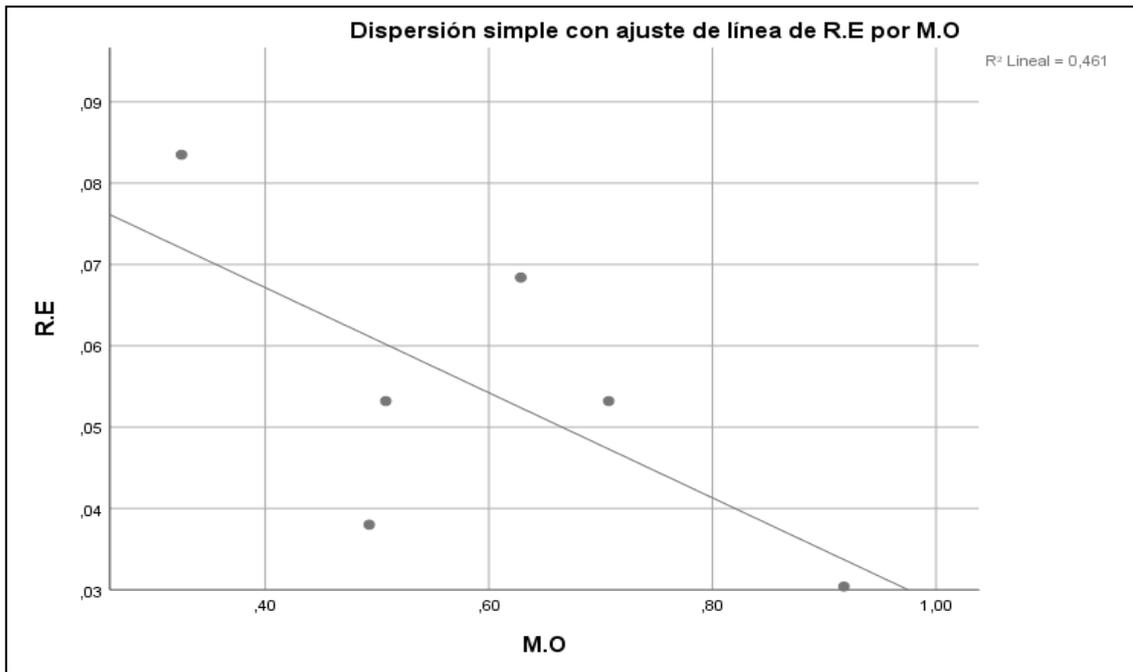


Gráfico 20-3: Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica (MO).

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

Matriz de dispersión R^2 , de parámetros fisicoquímicos, Índice de vegetación estandarizada (EVI) y respiración edáfica.

El diagrama de dispersión nos ayudó a identificar la relación existente entre dos variables de estudio.

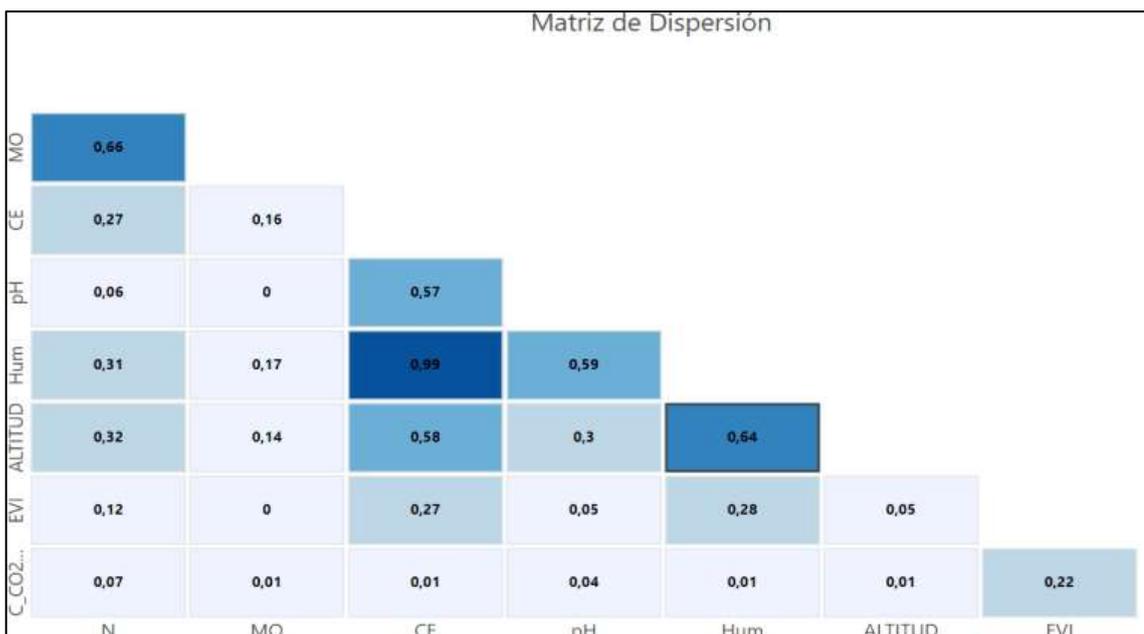


Gráfico 21-3: Matriz de correlación de los parámetros, EVI Y RS estudiados

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

En el gráfico 21-3 se puede observar que los parámetros que más correlacionados están son la humedad y la conductividad eléctrica con un valor de R^2 de 0.99, seguido de la materia orgánica con el nitrógeno, con un valor de R^2 de 0.66, así mismo, la altitud con la humedad está correlacionadas por un valor de R^2 de 0.64.

De la misma manera se puede establecer que el parámetro que más correlación tuvo con la respiración del suelo fue el Índice de vegetación estandarizada con un valor de R^2 de 0.22, haciendo referencia una leve correlación, de la misma manera el parámetro que menos correlación tuvo con la respiración del suelo fue la humedad, la altitud, la materia orgánica y la conductividad eléctrica con un valor de R^2 de 0.01 lo que da a entender que la correlación es prácticamente nula. Los resultados obtenidos en la matriz de dispersión con R^2 nos ayudan a tomar decisiones para que en futuros estudios de respiración edáfica se puedan analizar los parámetros con mayor índice de R^2 sobre la respiración del suelo, de esta manera poder agilizar los estudios en análisis puntuales.

(Gamarra, Díaz, Vera, Galeano, & Cabrera, 2017) indican que cuando la Relación C/N se encuentra entre los valores de 10-14, beneficia a la proliferación de microorganismos descomponedores de la materia orgánica, porque cuentan con suficiente carbono para utilizarlo como fuente de energía y nitrógeno para sintetizar sus proteínas, lo que estimula la mineralización de dicho elemento para ser aprovechado por los componentes vegetales del sistema; los resultados obtenidos de C/N en los distintos usos de suelo varían entre 12.20 a 15.26, estos resultados concuerdan con los obtenidos por (East & Felker, 1993) para la Relación C/N de 12 a 14; quienes indican que esta relación de C/N en suelos abiertos puede atribuirse al incremento de la actividad microbiana lo que lleva a una mayor liberación de nitratos.

3.4. Influencia de la respiración edáfica con el índice de vegetación estandarizada

El índice de vegetación estandarizada y respiración al tener mayor influencia se realiza un mapa donde se demuestra cual es la influencia.

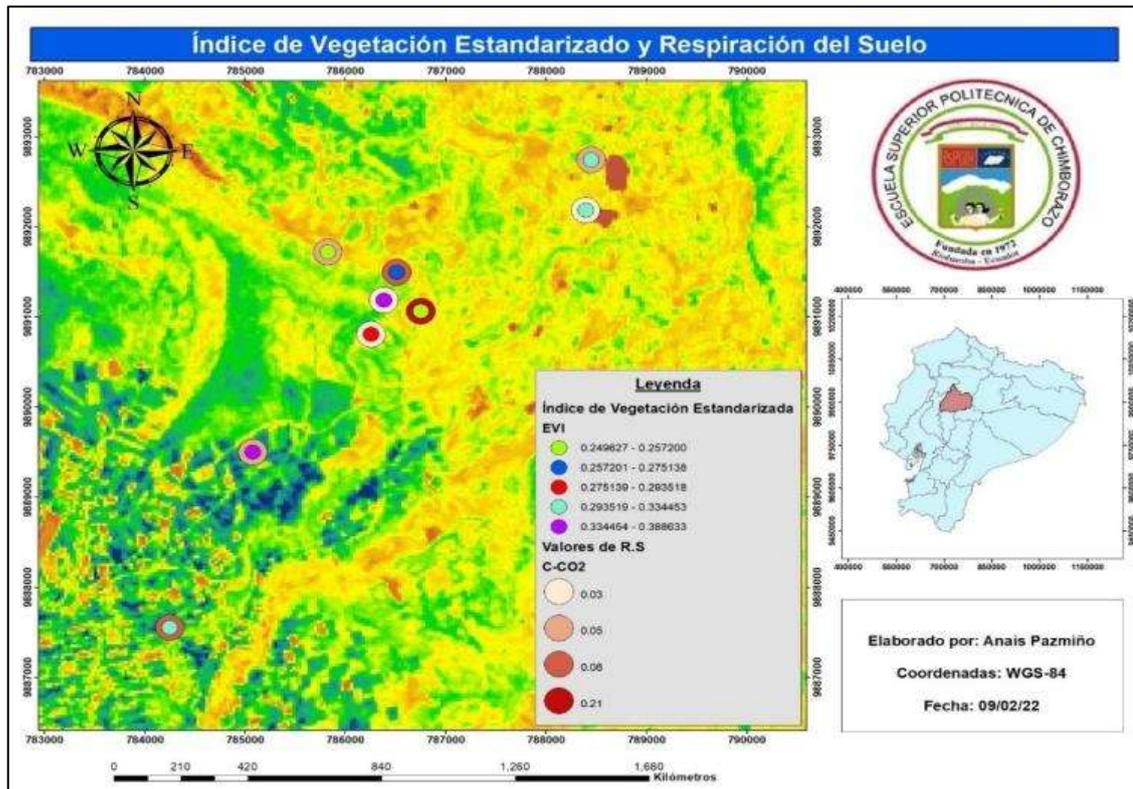


Figura 2-3: Mapa del índice de vegetación estandarizado y la respiración del suelo.

Realizado por: Pazmiño, Anais, 2022.

En el mapa mostrado se ha realizado una relación entre el EVI, parámetro que más ha influenciado sobre la respiración del suelo ($C-CO_2$); con el mapa se puede simplificar que en un rango de EVI de 0.249 a 0.257 existe una alta tasa de respiración del suelo con un valor de 0.21mg/g , de la misma manera, en un rango de EVI de 0.257 a 0.275 se puede obtener una respiración edáfica moderada, con un valor de 0.08mg/g ; mientras que para un rango de EVI de 0.275 a 0.293 se presenta un valor de respiración edáfica de 0.03mg/g ; en el rango de EVI de 0.293 a 0.334 se presenta una respiración edáfica de 0.08mg/g no obstante en el rango más alto obtenido para EVI (0.334 a 0.388) se presentó una respiración edáfica de 0.05.

Por otra parte, las áreas del mapa que tienen color azul son las que presentan un mayor índice de vegetación estandarizado, mientras que a más cálido el color, este índice disminuye progresivamente.

CONCLUSIONES

Se identificó los diferentes usos de suelo de la laguna de Anteojos zona de Panzarrumi del parque nacional Llanganates a través del uso de los Sistemas de Información Geográficas (SIG), obteniendo los siguientes usos: Herbazal de páramo, herbazal inundable y Tierras de cultivo de ciclo corto, a partir de las cuales se determinó el tamaño de la muestra y los puntos de muestreo con sus respectivas alturas y con ellos determinar los valores de la respiración edáfica de casa uso de suelo.

Los valores de respiración edáfica máxima se dieron en los suelos de herbazal inundable, con un valor de 0.209 mg/g, el mismo que se registró a una altura de 4000 a 4020m. s. n. m.; el valor mínimo del valor de respiración edáfica se encontró en los suelos de páramo con 0.0250 mg/g ubicados a una altura oscilante de 3940 a 3960m. s. n. m. cabe resaltar que en este ecosistema se identificaron los valores más altos del índice de vegetación estandarizada, haciendo una relación directamente proporcional con la respiración edáfica.

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre la respiración edáfica con los diferentes usos de suelo, no obstante, el gráfico de Scatter plot matle identifica que el índice de vegetación estandarizada (EVI) tiene más correlación con la respiración edáfica, presentando un valor de R^2 de 0.22; sin embargo los parámetros más correlacionados fueron: Humedad-Conductividad Eléctrica con un valor de R^2 de 0.99, la materia orgánica (M.O)-Nitrógeno con un valor de R^2 de 0.66 y la altura – humedad con un valor R^2 de 0.64.

Se detectó una actividad microbiana mayor en el transecto seis debido al mayor uso de suelo, y en el transecto siete existe actividad microbiana moderada por la presencia de humedad, sin embargo, en tiempo de secado no existe la presencia de microorganismo por ende la respiración edáfica es baja.

La correlación de los parámetros fisicoquímicos con respecto a la respiración edáfica del ecosistema herbazal páramo existe una relación baja entre la respiración del suelo con la conductividad eléctrica y la materia orgánica mientras que el pH con el nitrógeno sus valores son negativos, la correlación del ecosistema herbazal inundable entre la humedad, pH, nitrógeno total y materia orgánica existe una relación baja positiva siendo directamente proporcional y la correlación de los suelos agrícolas entre la respiración del suelo y la conductividad eléctrica, el pH con la humedad tienen una relación directamente proporcional mientras que el nitrógeno total y la materia orgánica (MO) la relación con la respiración edáfica es inversamente proporcional.

RECOMENDACIONES

Realizar estudios de respiración edáfica durante todas las estaciones del año con el fin de evaluar la influencia de las variaciones estacionales sobre la misma.

Ampliar los períodos de medición de respiración edáfica con el objetivo de identificar las variaciones de las emisiones.

Extender los estudios de respiración edáfica en más zonas del Parque Nacional “Los Llanganates” con el propósito de conocer la situación actual de la actividad microbiana en el Parque Nacional.

Realizar estudios de respiración edáfica con variables controladas con la finalidad de determinar las condiciones a las cuales los suelos presentan una mejor actividad microbiana.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ SOLÍS J., "Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas ". *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.*, vol. 38, no. 1, (2004), (México), pp. 13–21.

ARCHILA, M. *El agua del suelo y la actividad microbiana.* [en línea]. Metroflor agro, Colombia 2019. [Consulta: 20 enero 2022]. Disponible en: <https://www.metroflorcolombia.com/el-agua-del-suelo-y-la-actividad-microbiana/>

BELTRÁN PINEDA, M.E., et al., *Microorganismos funcionales en suelos con y sin revegetalización en el municipio de Villa de Leyva, Boyacá.* [Libro]. Boyacá – Colombia: 2017 vol. 20, no. 2, pp. 158–170.

BENAVIDES, O. *Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789588067322, 2007. [Consulta: 01 de enero del 2022]. Disponible en:
www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf

BLANQUER, J. M., & RAMÓN, H. *La textura de un suelo.* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789588067322, 2010. [Consulta: 01 de enero del 2022]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf?sequence1>

CIAT. *Como medir la salud del suelo de manera simple y a bajo costo .* [en línea]. *Blog de la Alianza Biversity International y Ciat.* [Consulta: 10 de enero del 2022]. Disponible en: <https://blog.ciat.cgiar.org/es/como-medir-la-salud-del-suelo-de-manera-simple-y-a-bajo-costo/>

CONTRERAS & RIVERO, C. "Efecto de la adición de enmiendas orgánicas sobre la cinética de la mineralización del carbono en suelos del municipio Rivas Dávila", *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Vol. 31, (2019),* (Mérida - Venezuela.) , pp. 37-52.

CUEVA-RODRÍGUEZ, A., et al., "Diseño y uso de un sistema portátil para medir la respiración de suelo en ecosistemas". *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal,* vol. 30, no. 4, (2012), (Colombia) pp. 327–336.

CURIEL, J., et al. "Looking deeper into the soil: biophysical controls and seasonal lags of soil CO₂ production and efflux". *Ecological Applications*, vol.20, no. 6, (2010), (México) pp. 1569-1582.

CHAVARRÍA, D. *Las comunidades microbianas del suelo ante la diversidad edáfica*. [en línea]. Repositorio Universidad Nacional de Córdoba, 2018. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/6320/Chavarr%C3%ADa%20D.%20N.%20Las%20comunidades%20microbianas%20del%20suelo%20ante%20la%20diversificaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

EAST, R., & FELKER, P., "Forage production and quality of 4 perennial grasses grown under and outside canopies of mature *Prosopis glandulosa* Torr". *var. glandulosa (mesquite)* . *Agroforestry Systems*, Vol.22, no 6 (1998), (Texas), pp 91-110.

GAMARRA, C., & CABRERA, A. "Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 9, no. 46,(2017), (Paraguay), pp. 4-26.

HANEY, R.L., et al. *Soil CO₂ respiration: Comparison of chemical titration, CO₂ IRGA analysis and the Solvita gel system*. *Renewable Agriculture and Food Systems*, México, 2013 vol. 23, no. 2. ISSN 17421705. DOI 10.1017/S174217050800224X. pp. 171-176.

HENRY OSWALDO BENAVIDES. *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. 2007. S.l.: s.n.

HOFSTEDER ROBERT., *Los páramos del mundo*. ISSN 17421705. DOI 10.1017/S174217050800224X. pp. 171-176. Quito : Sara, 2003. Pp. 22-25.

HOWELL, J., 2011. *Carbon to Nitrogen Ratios in Cropping Systems*. [libro electrónico], vol. 7, no. 2. Ecuador, 2011. [Consulta: 25 febrero 2022], Disponible en: <http://www.nm.nrcs.usda.gov/Technical/tech-notes/agro/>.

INÉS MARÍA YÁÑEZ DÍAZ, et al. Respiración del suelo en cuatro sistemas de uso de la tierra. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 8, no. 42, (2011), (México), pp. 1–27.

JOSE LUIS URREA, *¿Cómo medir la salud del suelo de manera simple y a bajo costo?* CIAT *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, (2018), (México), pp. 1–7.

JUDITH DURAN VAZQUEZ, *Análisis de los factores causales de la erosión hídrica, y su aplicación para el desarrollo de una propuesta de recuperación de suelos en la reserva del parque natural sierra nanchititla*. 2014, México: s.n.

L. RUCKS. Et al. Propiedades Físicas del Suelo. *Revista Montevideo de Ciencias Forestales*, vol.5, no 5, (2004), (Montevideo), pp. 5-12.

LLAMBÍ, LUIS, et al. *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. [ed.] Programa de Capacitación Técnica. Proyecto Páramo Andino-CONDESAN. Venezuela : s.n., 2012.

LÓPEZ, L., *Valoración económica de los bienes y servicios ambientales estéticos y recreativos e hídricos del Parque Nacional Llanganates, periodo 2018*. Quito: s.n.

LUIS EDUARDO SALCEDO MARTÍNEZ, *Tasa anual de respiración edáfica en cuatro usos de suelo en el campus de la universidad de sucre –sede puerta roja*. (2017) Sincelejo: s.n.

MIRANDA, G. *Composicion y clasificación del suelo*. [en línea]. Repositorio Universidad Nacional de 2018. [Consulta: 19 enero 2022]. Disponible en: <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/composicion-y-clasificacion-de-los-suelos-1293271.html>

MIGUEL A. VÁZQUEZ, et al. *Parque nacional Llanganates: visión general y perspectivas de conservación*. [en línea], ResearchGate, 2015. [Consulta: 23 enero 2022]. pp. 1–14. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/266245702>.

MORAL SEGUNDO G., *Relación de la respiración edáfica con las propiedades físico-químicas de los suelos de la microcuenca del río guano, provincia de Chimborazo*. (2020), Riobamba: s.n.

MOREIRA, M. Y SIQUEIRA, J. *Microbiología e bioquímica do solo*. Ed. UFLA. Brasil. Vol. 3, no 6, (2002), (Brasil), pp. 25-36.

NATALIA RODRÍGUEZ. *Evaluación de la actividad microbiana global de un suelo bajo dos sistemas de manejo, orgánico y convencional Gutiérrez*. 2014 Chile: s.n.

OCHOA, RITA. *Trabajo de investigación previo al título de bioquímico farmacéutico*. Universidad técnica particular de Loja, Loja : 2015.

OSCAR MAURICIO ARCHILA, *El agua del suelo y la actividad microbiana*. Metroflor - Metroflor, vol. IV, (2020), (Ecuador) pp. 1–13.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. *Propiedades del Suelo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [en línea]. Para la alimentación y la agricultura-fao, 2017. [Consulta: 01 de enero del 2022]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/es/>.

PAOLINI GOMEZ, J.E., *Actividad microbiológica y biomasa microbiana en suelos cafetaleros de los Andes venezolanos*. Revista tierra latinoamericana ISSN 0187-5779. DOI 10.28940., vol. 36, no. 1, (2018), (Venezuela) pp. 13-37.

PAUCAR PAOLA & VELASTEGUI JUAN, Cuantificación de la respiración edáfica como medida de la actividad microbiana en suelos de la microcuenca del río Chimborazo. (Trabajo de titulación) (ESPOCH) Riobamba – Ecuador, 2019, pp. 52-97-

ORTEGA GRACIELA, *Composición y clasificación de los suelos*. [en línea]. Para la alimentación y la agricultura-fao, 2022. [Consulta: 25 de enero del 2022]. Disponible en: <https://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/composicion-y-clasificacion-de-los-suelos-1293271.html>.

RAMOS E. & DÁVILA, D., 2008. *Efecto de la humedad, temperatura y ph del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio*. Ecología Aplicada ISSN 2002-5474., vol. 7, no. 1. (2008), (Ecuador), pp. 26-38.

RYAN, M. Y LAW, B. *Interpreting, measuring and modeling soil respiration*. Biogeochemistry, vol. 7, no. 3: (2005), (Argentina) pp. 3-27.

COVALEDA SARA. *Flujos de CO2 Edafico en un trasecto de bosques de Pino-encino afectados por actividad antròpica en la microcuenca de Atècuaro* (2009), (Michoacàn, Mèxico). pp. 123–146.

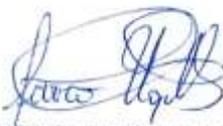
SOTO, J. M., et al. *Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para la evaluación de color en suelos*. Revista Mexicana de ciencias agrícolas, vol. 3, no. 1, (2012), (México), pp. 141-155.

GARCÍA SUSANA., *Respiración microbiana del suelo en sitios con diferente cobertura arbórea en el bosque de Abies religiosa en la cuenca del río Magdalena, (2016).* F., MÉXICO. D. F. MÉXICO: s.n.

VARGAS ET AL., *Parques nacionales del Ecuador.* [en línea]. Parque Nacional Llanganates Baños 2022. [Consulta: 28 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://banos-ecuador.com/es-ec/tungurahua/banos-de-agua-santa/parques-nacionales/parque-nacional-llanganates-af8y7hbyy>.

VÁZQUEZ, M.A., et al., *Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas,* 2000. S.l.: EcoCiencia. ISBN 9978416382.

YAÑEZ, MARÍA. *Respiración del suelo en cuatro sistemas de uso de tierra.* Revista Mexicana de ciencias forestales, Vol. 8, (2017), (Ecuador), pp. 123-149.



DIRECCION DE BIBLIOTECAS
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACION
Ing. Jhanatan Parreno Ugullas MBA
ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

ANEXOS

ANEXO A: CÁLCULOS PARA LA PREPARACIÓN DE REACTIVOS

Solución Hidróxido de sodio (NaOH) 1M

Masa molar de NaOH = 39.9969 g/mol

En 300 ml de agua

$$300\text{ml} * \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} * \frac{1\text{M}(\text{NaOH})}{1\text{L}} * \frac{39.996\text{g}(\text{NaOH})}{1\text{mol}(\text{NaOH})} = 11.9990 \text{ g}(\text{NaOH})$$

Se calculó: 11.9990 g NaOH

Se peso: 12.0001 g NaOH

Cloruro de Bario (BaCl₂) 1.25M

Masa molar BaCl₂ = 208.25 g/mol

En 100 ml de agua

$$100\text{ml} * \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} * \frac{1\text{M}(\text{BaCl}_2)}{1\text{L}} * \frac{208.25\text{g}(\text{BaCl}_2)}{1\text{mol}(\text{BaCl}_2)} = 26.02875 \text{ g}(\text{BaCl}_2)$$

Se calculó: 26.02875 g BaCl₂

Se peso: 26.0298 g BaCl₂

Ácido Clorhídrico (HCl) 0.2 M

Masa molar HCl = 36.45 g/mol

En 800 ml de agua

$$800\text{ml} * \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} * \frac{0.2\text{M}(\text{HCl})}{1\text{L}} * \frac{36.45\text{g}(\text{HCl})}{1\text{mol}(\text{HCl})} = 5.832 \text{ g}(\text{HCl})$$
$$5.832 \text{ g}(\text{HCl}) * \frac{100\text{g}(\text{HCl})}{37\text{g}(\text{HCl})} * \frac{1 \text{ ml}(\text{HCl})}{1.14 \text{ g}(\text{HCl})} = 12.7596 \text{ L}(\text{HCl})$$

Se calculó: 12.7596 g HCl

Se peso: 12.8096 g HCl

Fenolftaleína 1 %

Se calculó: 1 g fenolftaleína = 100 ml etanol

Se peso: 1.0000 g fenolftaleína

ANEXO B: FÓRMULAS UTILIZADAS PARA HALLAR DE RESPIRACIÓN EDÁFICA

Suelo real

SUELO REAL	1	2	3	4	5	6	7
	Peso de suelo real (g)	mmol de NaOH inicial	Volumen de HCl gastado (ml)	mmol de HCl consumido	mmol de NaOH que ha reaccionado con el CO ₂	mmol CO ₂ producido	Masa de C-CO ₂ / masa suelo real (mg/g)
	10 g de suelo	$f_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}$ inicial	Valor de titulación en ml (HCl)	$M_{\text{HCl}} * f_{\text{HCl}}$ columna 3	Columna 3-Columna 5	Columna 6/Columna 3	(Columna 7*12) / columna 2

Suelo seco

SUELO SECO	1	2	3	4	5	6	7	8
	Peso de suelo seco (g)	Peso de suelo seco (g)	mmol de NaOH inicial	Volumen de HCl gastado (ml)	mmol de HCl consumido	mmol de NaOH que ha reaccionado con el CO ₂	mmol CO ₂ producido	Masa de C-CO ₂ / masa suelo real (mg/g)
	10 g de suelo	Columna 1 * f_{humedad}	$f_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}$ inicial	Valor de titulación en ml (HCl)	$M_{\text{HCl}} * f_{\text{HCl}}$ columna 3	Columna 3-Columna 5	Columna 6/Columna 3	(Columna 7*12) / columna 2

ANEXO C: RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE NITRÓGENO Y CARBONO TOTALES



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

"Saber para Ser"



REPORTE DE RESULTADOS DE ANÁLISIS Analizador elemental orgánico Flash-2000

Riobamba, 1ro. de Febrero de 2022

Con atención: Tesista: Anaís Pazmiño.

Tutor: Ing. Carlos Rosero, tema de tesis: Evaluación de la actividad microbiana mediante la cuantificación de la respiración del suelo en la zona de Panzarumi, laguna de Anteojos del Parque Nacional Llanganates.

Estándares utilizados: BBOT (Elemental Microanalysis Ltd.); Sulfanilamida (Thermo Scientific).

BBOT. 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.

Sulfanilamida: Contenido en porcentaje: C= 41.80% (\pm 0.25), N=16.33% (\pm 0.20), H=4.68% (\pm 0.04), S=18.62% (\pm 0.15). *. Incertidumbres al 95% de confianza, 2 sigma.

Resultados de análisis

Fecha de análisis	Muestras-estándares	Elemento (%)	
		N	C
18 Enero 2022	Estándar sulfanilamida	16.57	40.63
	TR1-GTILL Anaís P	1.11	15.41
	MEDIA A.P	1.06	12.93
27 Enero 2022	TR2-GTILL AP	1.01	15.41
	TR4-GTILL AP	0.64	8.61
	TR7-GTILL AP	0.51	6.96



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

"Saber para Ser"



	MEDIANA AP	0.43	6.11
	Estándar BBOT	6.62	73.85
	TR3 GTILL A.P.	1.04	14.35
	TR5 - GTILL A.P	0.54	7.87
	TR6 - GTILL A.P	0.33	4.70

Atentamente.

Ing. José Luis Herrera R. MSc.

Recibido por:

Firma:

Nombres y apellidos: Libeth Alexis Pazmino Treise

Fecha: 08-02-2022

Hora: 11:01 a.m.

ANEXO D: CÁLCULO DE RESPIRACIÓN EDÁFICA

Herbazal de páramo

Código	SET	Peso del suelo real (g)	Mmol NaOH iniciales	Vol. HCl gastado (ml)	mmol HCl consumido	mmol NaOH reaccionado	Mmol CO2 producido	Masa de C-CO2 (mg/g)	Promedio C-CO2 (mg/g)
TR1-GTILL-Real	TR1	10	1,95264	9,4	1,91196	0,04068	0,0208333	0,025	0,0417
	TR2	10	1,95264	9,3	1,89162	0,06102	0,03125	0,0375	
	TR3	10	1,95264	9,1	1,85094	0,1017	0,0520833	0,0625	
TR2-GTILL-Real	TR1	10	1,95264	9,5	1,9323	0,02034	0,0104167	0,0125	0,0250
	TR2	10	1,95264	9,3	1,89162	0,06102	0,03125	0,0375	
	TR3	10	1,95264	9,4	1,91196	0,04068	0,0208333	0,025	
TR5-GTILL-Real	TR1	10	2,3391	11	2,2374	0,1017	0,04348	0,05217	0,0522
	TR2	10	2,3391	11,1	2,2577	0,08136	0,03478	0,04174	
	TR3	10	2,3391	10,9	2,2171	0,12204	0,05217	0,06261	
TR1-GTILL-Seco	TR1	8,8886	2,34588	11,3	2,29842	0,04746	0,0202312	0,027313	0,0390
	TR2	8,8886	2,34588	11,4	2,31876	0,02712	0,0115607	0,0156074	
	TR3	8,8886	2,34588	10,9	2,21706	0,12882	0,0549133	0,0741354	
TR2-GTILL-Seco	TR1	9,3221	2,34588	10,9	2,21706	0,12882	0,0549133	0,0706879	0,0372
	TR2	9,3221	2,34588	11,2	2,27808	0,0678	0,0289017	0,0372042	
	TR3	9,3221	2,34588	11,5	2,3391	0,00678	0,0028902	0,0037204	
TR5-GTILL-Seco	TR1	9,6998	2,73912	12,4	2,5222	0,21696	0,07921	0,09799	0,0766
	TR2	9,6998	2,73912	12,6	2,5628	0,17628	0,06436	0,07962	
	TR3	9,6998	2,73912	12,9	2,6239	0,11526	0,04208	0,05206	

Herbazal Inundable

Código	SET	Peso del suelo real (g)	Mmol NaOH iniciales	Vol. HCl gastado (ml)	mmol HCl consumido	mmol NaOH reaccionado	Mmol CO2 producido	Masa de C-CO2 (mg/g)	Promedio C-CO2 (mg/g)
TR3-GTILL-Real	TR1	10	2,3391	9,2	1,8713	0,46782	0,2	0,24	0,2087
	TR2	10	2,3391	9,7	1,973	0,36612	0,15652	0,18783	
	TR3	10	2,3391	9,6	1,9526	0,38646	0,16522	0,19826	
TR4-GTILL-Real	TR1	10	2,3391	10,4	2,1154	0,22374	0,09565	0,11478	0,0626
	TR2	10	2,3391	11,1	2,2577	0,08136	0,03478	0,04174	
	TR3	10	2,3391	11,2	2,2781	0,06102	0,02609	0,0313	
TR3-GTILL-Seco	TR1	5,873	2,73912	12,4	2,5222	0,21696	0,07921	0,16184	0,1163
	TR2	5,873	2,73912	12,9	2,6239	0,11526	0,04208	0,08598	
	TR3	5,873	2,73912	12,8	2,6035	0,1356	0,0495	0,10115	
TR4-GTILL-Seco	TR1	7,087	2,73912	13,1	2,6645	0,07458	0,02723	0,0461	0,0587
	TR2	7,087	2,73912	12,9	2,6239	0,11526	0,04208	0,07125	
	TR3	7,087	2,73912	13	2,6442	0,09492	0,03465	0,05867	

Suelo Agrícola

Código	SET	Peso del suelo real (g)	Mmol NaOH iniciales	Vol. HCl gastado (ml)	mmol HCl consumido	mmol NaOH reaccionado	Mmol CO2 producido	Masa de C- CO2 (mg/g)	Promedio C- CO2 (mg/g)
TR6-GTILL-real	TR1	10	3,2137	14,7	2,9900	0,2237	0,0696	0,0835	0,0582
	TR2	10	3,2137	15,1	3,0713	0,1424	0,0443	0,0532	
	TR3	10	3,2137	15,3	3,1120	0,1017	0,0316	0,0380	
TR7-GTILL-real	TR1	10	3,2137	15,4	3,1324	0,0814	0,0253	0,0304	0,0506
	TR2	10	3,2137	15,1	3,0713	0,1424	0,0443	0,0532	
	TR3	10	3,2137	14,9	3,0307	0,1831	0,0570	0,0684	
TR6-GTILL-seco	TR1	9,6268	3,3629	16,1	3,2747	0,0881	0,0262	0,0327	0,0352
	TR2	9,6268	3,3629	15,9	3,2341	0,1288	0,0383	0,0477	
	TR3	9,6268	3,3629	16,2	3,2951	0,0678	0,0202	0,0251	
TR7-GTILL-seco	TR1	9,527	3,3629	15,9	3,2341	0,1288	0,0383	0,0482	0,0279
	TR2	9,527	3,3629	16,5	3,3561	0,0068	0,0020	0,0025	
	TR3	9,527	3,3629	16,1	3,2747	0,0881	0,0262	0,0330	

ANEXO E: COMPILACIÓN FOTOGRÁFICA



Reconocimiento del lugar de estudio



Toma de muestras



Preparación de muestras para la determinación de respiración edáfica (Incubación)



Titulación de muestras incubadas para la determinación de la respiración edáfica

Determinación de parámetros fisicoquímicos



Color y Textura



Potencial de hidrógeno y conductividad eléctrica



Materia orgánica y nitrógeno total



Humedad



epoch

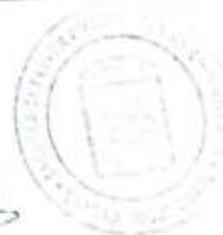
**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

*UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL*

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 30 / 05 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTORA (S)
Nombres – Apellidos: Lizbeth Anais Pazmiño Freire
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



0923-DBRA-UTP-2022