



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA COMO  
MEDIDA DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN SUELOS DE LA  
MICROCUCIENCA DEL RIO CHIMBORAZO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORES: PAUCAR LALAMA PAOLA CATALINA**

**VELASTEGUI MAZÓN JUAN DIEGO**

**TUTORA: ING. NORMA SOLEDAD ERAZO SANDOVAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2019**

©2019, Paola Catalina Paucar Lalama y Juan Diego Velasteguí Mazón.

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.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: "CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA COMO MEDIDA DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN SUELOS DE LA MICROCUENCA DEL RIO CHIMBORAZO" de responsabilidad de los señores: Paola Catalina Paucar Lalama y Juan Diego Velastegui Mazón, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Norma Soledad Erazo Sandoval  
**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**



17-04-2019

Dra. Magdy Mileny Echeverría Guadalupe  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



17-04-2019

Nosotros, PAOLA CATALINA PAUCAR LALAMA y JUAN DIEGO VELASTEGUI MAZÓN, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Proyecto de Titulación y el patrimonio intelectual del Proyecto de titulación, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Paola Catalina Paucar Lalama

Juan Diego Velastegui Mazón

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Paola Catalina Paucar Lalama y Juan Diego Velastegui Mazón, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académicas de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 19 de febrero del 2019 fecha de defensa



Paola Catalina Paucar Lalama

C.I. 180506732-7



Juan Diego Velastegui Mazón

C.I. 060371942-8

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a Dios y a mi familia, en especial a mis padres Rosa y Carlos y a mis abuelitos Juan y Emperatriz quienes fueron y serán un pilar fundamental en mi vida y el motivo de seguir superándome cada día.

Paola

Dedico esta investigación a mis viejitos Juan, Ángel, Ana, porque su partida no ha sido motivo para no llevarlos en mis pensamientos en esta travesía, a mi segunda madre Mariana, que me acompañó en este sueño, a mi familia, en especial a mis padres Diego y Deisy, mi hermana Melanie, a Jorgito y Mele, con su ejemplo y apoyo motivaron a que cumpla esta importante meta.

Juan

## AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por que sin él no hubiera sido posible cumplir este objetivo.

A mi madre por su amor, apoyo y enseñanzas que han sido fundamentales en mi crecimiento personal y profesional, por ser mi mayor ejemplo a seguir y el mejor motivo de superación.

A mi padre que me enseñó que sin importar lo difícil que sea nunca es tarde para cumplir sueños y metas.

A mis hermanas por su paciencia, cuidado y apoyo incondicional.

A mis profesores Norma Erazo y Magdy Echeverría, por su ayuda, su valioso tiempo y su paciencia brindada durante la investigación.

Al Grupo de Investigación De cambio Climático y Ambiente de la ESPOCH, con quienes compartimos buenas experiencias y nos brindaron sus conocimientos en el desarrollo de este trabajo.

A Moncerrath, Elsa, Lesly, Estefanía y Juan Diego quienes fueron mi segunda familia y que de una u otra forma siempre serán parte importante de mi vida.

Paola

A mis padres, por su apoyo, entrega, comprensión, y amor, durante mi desarrollo personal y profesional, por motivarme a superarme cada día y por la persona que soy hoy.

A mi hermana por su positivismo, por su amor incondicional y apoyo en esta travesía.

A mi familia por su preocupación, por acompañarme y guiarme en toda la carrera.

A Norma Erazo y Magdy Echeverría por su guía, tiempo y paciencia durante el desarrollo de esta investigación.

A cada uno de los miembros de GIDAC – CEAA de la ESPOCH, por su ayuda, sus conocimientos, y las experiencias durante esta investigación.

A los amigos que encontré durante este camino universitario, con quienes compartí experiencias únicas en la vida, los llevo siempre en el corazón, a mis amigos de toda la vida Kevin, Edwin, Joseline, Marllory, Guisselle, porque siempre han formado una parte importante en mi vida. A Paola por su apoyo incondicional, su motivación y fuerza en la adversidad.

Juan

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
SUMARY .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I.....	5
1 MARCO TEÓRICO .....	5
1.1 Cambio Climático.....	5
1.2 Suelo .....	5
1.3 Estado biológico del suelo.....	6
1.4 Actividad microbiana.....	6
1.5 Respiración edáfica .....	7
1.5.1 <i>Procesos de respiración del suelo</i> .....	8
1.5.2 <i>Factores que influyen sobre la tasa de respiración del suelo</i> .....	8
1.5.2.1 <i>Factores Bióticos:</i> .....	8
1.5.2.2 <i>Factores abióticos:</i> .....	9
1.6 Zona de estudio.....	10
1.6.1 <i>Clima</i> .....	10
1.6.2 <i>Ubicación Altitudinal</i> .....	11
1.6.3 <i>Suelos</i> .....	11
1.6.4 <i>Características físicas de los suelos de la MCRCH</i> .....	12
1.7 Páramo .....	12
1.7.1 <i>Servicios ambientales de los páramos</i> .....	13
1.7.2 <i>Caracterización del páramo de la provincia de Chimborazo</i> .....	14
1.7.3 <i>El páramo en la Microcuenca Río Chimborazo</i> .....	14
CAPITULO II .....	15
2 METODOLOGIA .....	15
2.1 Hipótesis y especificación de las variables .....	15
2.1.1 <i>Hipótesis</i> .....	15
2.1.2 <i>Variables</i> .....	15
2.1.2.1 <i>Variable dependiente</i> .....	15
2.1.2.2 <i>Variables independientes</i> .....	15
2.2 Tipo y Diseño de la Investigación .....	15
2.2.1 <i>Diseño de la investigación</i> .....	15
2.3 Unidad de análisis .....	16
2.4 Población de estudio.....	16



<b>2.5</b>	<b>Tamaño de la muestra .....</b>	<b>16</b>
<b>2.6</b>	<b>Selección de la muestra.....</b>	<b>16</b>
<b>2.7</b>	<b>Localización .....</b>	<b>16</b>
<b>2.8</b>	<b>Técnicas de recolección de datos.....</b>	<b>18</b>
<b>2.8.1</b>	<b><i>Fase de campo .....</i></b>	<b><i>18</i></b>
<b>2.8.1.1</b>	<b><i>Identificación de usos de suelo en la MCRCH.....</i></b>	<b><i>18</i></b>
<b>2.8.1.2</b>	<b><i>Diseño de muestreo.....</i></b>	<b><i>19</i></b>
<b>2.8.1.3</b>	<b><i>Recolección de muestras .....</i></b>	<b><i>20</i></b>
<b>2.8.2</b>	<b><i>Fase de laboratorio.....</i></b>	<b><i>21</i></b>
<b>2.8.2.1</b>	<b><i>Preparación de reactivos .....</i></b>	<b><i>21</i></b>
<b>2.8.2.2</b>	<b><i>Valoración de CO2 .....</i></b>	<b><i>22</i></b>
<b>2.8.2.3</b>	<b><i>Cálculo de respiración edáfica .....</i></b>	<b><i>23</i></b>
<b>2.8.2.4</b>	<b><i>Análisis de parámetros físico-químico del suelo.....</i></b>	<b><i>25</i></b>
<b>2.8.3</b>	<b><i>Análisis estadístico .....</i></b>	<b><i>26</i></b>
	<b>CAPITULO III.....</b>	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>Marco de resultados, discusión y análisis de resultados. ....</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Determinación de los usos de suelo de la Microcuenca del Río Chimborazo ....</b>	<b>28</b>
<b>3.2</b>	<b>Caracterización de los usos de suelo de la Microcuenca del Río Chimborazo ..</b>	<b>29</b>
<b>3.3</b>	<b>Muestreo .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.1</b>	<b><i>Ubicación de los puntos de monitoreo.....</i></b>	<b><i>30</i></b>
<b>3.4</b>	<b>Evaluación de la actividad microbiana mediante respiración .....</b>	<b>30</b>
<b>3.4.1</b>	<b><i>Páramo.....</i></b>	<b><i>31</i></b>
<b>3.4.2</b>	<b><i>Cultivos .....</i></b>	<b><i>34</i></b>
<b>3.4.3</b>	<b><i>Plantaciones .....</i></b>	<b><i>36</i></b>
<b>3.4.4</b>	<b><i>Pastizales .....</i></b>	<b><i>37</i></b>
<b>3.5</b>	<b>Relaciones entre parámetros estudiados.....</b>	<b>40</b>
<b>3.5.1</b>	<b><i>Relaciones entre valores de respiración y parámetros estudiados en páramo.....</i></b>	<b><i>42</i></b>
<b>3.5.2</b>	<b><i>Relaciones entre valores de respiración y parámetros estudiados en cultivos.....</i></b>	<b><i>43</i></b>
<b>3.5.3</b>	<b><i>Relaciones entre valores de respiración y parámetros estudiados en pastizales....</i></b>	<b><i>46</i></b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>49</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>50</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICES DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Tipos de suelos en la Microcuenca del Río Chimborazo.....	12
<b>Tabla 2-1:</b> Impacto del cambio climático en el páramo .....	13
<b>Tabla 1-2:</b> Método de análisis de materia orgánica y nitrógeno .....	26
<b>Tabla 1-3:</b> Número de muestras recolectadas por uso de suelo de la microcuenca .....	30
<b>Tabla 2-3:</b> Resultados de respiración edáfica en páramo .....	31
<b>Tabla 3-3:</b> ANOVA de respiración edáfica en páramos .....	32
<b>Tabla 4-3:</b> Prueba de Tukey de respiración en relación a las alturas de páramos .....	33
<b>Tabla 5-3:</b> Resultados de respiración edáfica en cultivos .....	34
<b>Tabla 6-3:</b> ANOVA de respiración edáfica respecto a alturas en cultivos.....	35
<b>Tabla 7-3:</b> Estadístico de Levene para datos de cultivos .....	35
<b>Tabla 8-3:</b> Resultado de respiración edáfica en plantaciones .....	36
<b>Tabla 9-3:</b> Resultados de respiración edáfica en pastizales .....	37
<b>Tabla 10-3:</b> ANOVA de respiración edáfica respecto a alturas en pastizales .....	38
<b>Tabla 11-3:</b> Tabla descriptiva prueba ANOVA - Usos de suelo MRCH.....	39
<b>Tabla 12-3:</b> ANOVA de Respiración Edáfica en relación a los usos de suelo de la MRCH .....	39
<b>Tabla 13-3:</b> Resultados de respiración y parámetros químicos de estudio de cada uso de suelo. .....	41
<b>Tabla 14-3:</b> Análisis de correlación de respiración edáfica y parámetros estudiados en páramo. .....	42
<b>Tabla 15-3:</b> Análisis de correlación de respiración edáfica y parámetros estudiados en cultivos. .....	44
<b>Tabla 16-3:</b> Análisis de correlación de respiración edáfica y parámetros estudiados en pastizales. .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Ciclo de dióxido de carbono .....	7
<b>Figura 1-2:</b> Mapa de ubicación de la Microcuenca del Río Chimborazo .....	17
<b>Figura 2-2:</b> Usos de suelo en la Microcuenca del Río Chimborazo.....	19
<b>Figura 3-2:</b> Diseño de muestreo para determinar el estrato a investigar.....	20
<b>Figura 1-3:</b> Mapa de usos de suelo de la Microcuenca del Río Chimborazo.....	28
<b>Figura 2-3:</b> Mapa de ubicación de puntos de muestreo .....	30

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica .....	42
<b>Gráfico 2-3:</b> Relación entre la respiración edáfica y nitrógeno total .....	43
<b>Gráfico 3-3:</b> Relación entre la respiración edáfica y humedad .....	43
<b>Gráfico 4-3:</b> Relación entre respiración edáfica y temperatura.....	44
<b>Gráfico 5-3:</b> Relación entre respiración edáfica y pH.....	45
<b>Gráfico 6-3:</b> Relación entre respiración edáfica y materia orgánica.....	45
<b>Gráfico 7-3:</b> Relación entre respiración edáfica y nitrógeno total .....	45
<b>Gráfico 8-3:</b> Relación entre respiración edáfica y conductividad eléctrica.....	46
<b>Gráfico 9-3:</b> Relación entre respiración edáfica y humedad .....	47

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

**ANEXO A** Compilación fotográfica

**ANEXO B** Datos utilizados para la preparación de reactivos.

**ANEXO C** Hoja de registro de datos para cálculo de respiración edáfica.

**ANEXO D** Resultados de análisis de materia orgánica y nitrógeno

## ABREVIATURAS

<b>MRCH:</b>	Microcuenca del Río Chimborazo.
<b>PDA-UOCIC:</b>	Programa de Desarrollo de Área - Unión de Organizaciones Campesinas Indígenas Interculturales Chimborazo Rey de los Andes.
<b>C:</b>	Carbono.
<b>CO<sub>2</sub>:</b>	Dióxido de Carbono.
<b>qCO<sub>2</sub>:</b>	Cociente metabólico para CO <sub>2</sub> .
<b>GIDAC:</b>	Grupo de Investigación y Desarrollo para el Medio Ambiente y Cambio Climático.
<b>INIAP:</b>	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
<b>PNF:</b>	Instituto Nacional de Forestería.
<b>PRONAREG:</b>	Programa Nacional de Regionalización Agraria.
<b>SENPLADES:</b>	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
<b>PDOT:</b>	Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorial.
<b>UCASAJ:</b>	Unión de Organizaciones Campesinas de San Juan.
<b>CEGESPU:</b>	Centro de Estudios de Gestión Pública.
<b>MO:</b>	Materia orgánica.
<b>pH:</b>	Potencial de hidrógeno.
<b>CE:</b>	Conductividad Eléctrica.
<b>FAO:</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
<b>NaOH:</b>	Hidróxido de Sodio.
<b>HCl:</b>	Ácido Clorhídrico.
<b>Pss:</b>	Peso de suelo eco.
<b>mmol:</b>	milimol - milésima de una mol.

12 ABR 19

**RESUMEN**

El Objetivo de este estudio fue cuantificar la respiración edáfica ( $R_s$ ) como medida de la actividad microbiana en suelos de la Microcuenca del Río Chimborazo (MRCH). Para ello primeramente se identificó los 4 usos de suelo de estudio (páramo, pastizales plantaciones forestales y cultivo) en la MRCH. Estos se estimaron utilizando una imagen satelital "LANDSAT 8" de 2017 y herramientas cartográficas como Earth Explorer (USGS 2017) y arcGIS para el procesamiento de imágenes. Se evaluó para cada uso la  $R_s$  mediante el método Anderson (1982) y cada ensayo se realizó por triplicado, asimismo se analizó pH, conductividad, % de humedad, materia orgánica y nitrógeno de cada muestra. Como resultado se identificaron los usos de estudio en la MRCH, páramo con 4309,9 ha, 167,6 ha de plantaciones forestales, 2158 ha de pastizales y cultivos con 2384,5ha. El suelo de páramo presentó valores máximos de respiración edáfica como medida indirecta de la actividad microbiana de (1,0193 C-CO<sub>2</sub> mg/g suelo), seguido por suelo de pastizales (0,5925 C-CO<sub>2</sub> mg/g), cultivo (26,54 C-CO<sub>2</sub> mg/g suelo) y plantaciones (0,1142 C-CO<sub>2</sub> mg/g suelo). Se concluye que no existe una diferencia significativa de la  $R_s$  con respecto a los usos de suelo, sin embargo, se pudo determinar que en usos de suelo como páramo existe una diferencia significativa de la  $R_s$  a 3600 m s.n.m. en el que se obtuvo el valor máximo de  $R_s$ . Se determinó que, de los factores abióticos estudiados la materia orgánica presento correlación significativa con la  $R_s$  en suelos de cultivo (sig. 0.03), siendo este el factor de mayor influencia en la  $R_s$  puesto que los otros factores abióticos presentan correlaciones moderadas con la respiración.

**Palabras claves:** <BIOTECNOLOGIA>, <RESPIRACIÓN EDÁFICA>, <ACTIVIDAD MICROBIANA>, <SUELO>, <MICROCUEENCA RIO CHIMBORAZO>



## Abstract

The objective of this study was to quantify edaphic respiration ( $R_s$ ) as a measure of microbial activity in soils of the Chimborazo River Micro-Basin (CHRM). To do this, the four land study uses (paramo, pastures, forest plantations, and cultivation) were first identified in the CHRM. These were estimated using a "LANDSAT 8" satellite image of 2017 and mapping tools such as Earth Explorer (USGS 2017) and ArcGIS for image processing. The  $R_s$  were evaluated for each use by means of the Anderson method (1982) and each test was carried out in triplicate, as well as pH, conductivity, percentage of humidity, organic matter and nitrogen of each sample were analyzed. As a result, study uses were identified in the CHRM, with 4309.9 ha; 167.6 ha of forest plantations; 2158 ha of pastures and crops with 2384.5 ha. Paramo soil showed maximum values of edaphic respiration as an indirect measure of the microbial activity of (1.0193 C-CO<sub>2</sub> mg / g soil) followed by grassland soil (0.5925 C-CO<sub>2</sub> mg / g), culture (26, 54 C-CO<sub>2</sub> mg / g soil) and plantations (0,1142 C-CO<sub>2</sub> mg / g soil). It is concluded that there is no significant difference of the  $R_s$  with respect to land uses, however, it could be determined that in land uses as páramo there is a significant difference of the  $R_s$  at 3600 m above sea level where the maximum value of  $R_s$  was obtained. It was determined that of the abiotic factors studied the organic matter presented significant correlation with the  $R_s$  in cultivation soils (sig 0.03), this being the factor of greatest influence in the  $R_s$  since the other abiotic factors have moderate correlations with the breathing.

**Keywords:** <BIOTECHNOLOGY>, <EDAPHIC RESPIRATION>, < MICROBIAL ACTIVITY>, <SOIL>, < CHIMBORAZO RIVER MICRO-BASIN>





## INTRODUCCIÓN

Actualmente varias zonas de la provincia de Chimborazo se encuentran bajo una importante amenaza de sus recursos naturales por las actividades humanas, según (Jácome y García, 2015) el plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, de la parroquia San Juan señala que en la Microcuenca del río Chimborazo existen problemas sociales, económicos y ambientales, a causa del desconocimiento sobre el valor real que tienen sus recursos culturales y naturales. De acuerdo al Diagnóstico Participativo Comunitario del PDA-UOCIC (2006), es evidente que en los últimos años principalmente en la Parroquia de San Juan se han venido dando algunos cambios en el tema de Manejo y Conservación de estos recursos, especialmente en el recurso suelo, del 33% de los suelos usados en la agricultura, solamente un 15 % están protegidos o manejados adecuadamente, los páramos se han reducido un 50% sea por el avance de la frontera agrícola, explotación pecuaria (sobre carga animal que a su vez generó un sobrepastoreo) o por las quemadas excesivas existentes en la zona, y solo un 7% de plantaciones existentes en la zona son aprovechadas adecuadamente (Cunalata y Córdor, 2012).

Los suelos son la mayor fuente y, a su vez, reservorio de carbono en los ecosistemas terrestres, sin embargo, actividades humanas mencionadas anteriormente revierten el flujo de C convirtiéndose en una fuente muy importante de emisiones de dióxido de Carbono o respiración del suelo (Rs) (Covaleda, et al., 2009). Estas emisiones derivadas de los cambios de uso de suelo representan la segunda fuente antrópica de carbono a la atmósfera más importante y uno de los flujos más grandes dentro del ciclo global del carbono: 55 Petagramos C año<sup>-1</sup> (1 Pg = 1015 g), lo cual equivale a 9-10 veces la cantidad que se emite por la quema de combustibles fósiles. (Palacio y Hurtado, 2008). Lo anterior sugiere que pequeños cambios en la magnitud de la respiración del suelo debido al cambio de uso de suelo a nivel global, podrían tener un enorme efecto sobre la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, lo que puede agudizar el calentamiento global (Rodríguez et al., 2007).

Consecuentemente a la situación manifestada, puesto que ha sido un tema poco investigado en un lugar tan estratégico como lo es la Microcuenca del Río Chimborazo, es necesario un estudio de la situación actual de la microbiota, con el fin de evaluar la actividad microbiana, el reciclaje de nutrientes, los flujos de carbono y energía, la dinámica de las raíces, y otros procesos que tienen lugar en los suelos de esta zona y el papel que ésta desempeña en un ecosistema tan importante para la generación de los distintos servicios ambientales a las comunidades y sus pobladores.

## ANTECEDENTES

Las tasas de respiración del suelo han sido medidas en gran variedad de ecosistemas con el fin de evaluar la actividad microbiana, el reciclaje de nutrientes, los flujos de carbono y energía, la dinámica de las raíces, y otros procesos que tienen lugar allí (Singh y Gupta, 1977; Burbano, 1989; Palma, 2011).

(Peña, 2016) con el afán de verificar el estado de las propiedades dinámicas del suelo en el páramo de Guerrero en Colombia, realizó un estudio de respiración en 5 distintas coberturas de suelo, como: suelo de páramo, vegetación de páramo cultivos de papa, y 2 zonas de arado. Mediante incubación de muestras de suelo sustraídas de los diferentes usos de suelo logró determinar la variabilidad de flujo de respiración, donde que el flujo fue la más baja en el páramo  $0.42 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , comparado en otros usos del suelo, probablemente debido al alto contenido de humedad 57,1% en promedio, por otra parte las prácticas de labranza mostraron un efecto físico principal, seguido por el aumento de la velocidad de procesos biológicos y químicos conducido por los microorganismos del suelo, tales como la respiración microbiana ( $0.34 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) y la mineralización de la materia orgánica, en cuanto a los cultivos de papa la tasa de respiración fue de  $0.31 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , concluyendo así que estadísticamente no existe diferencias significativas de flujo de  $\text{CO}_2$  entre coberturas de suelo, al mismo tiempo estableció que la humedad y la temperatura no son factores que controlen el flujo de  $\text{CO}_2$ .

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

## JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se realizó con el propósito de aportar elementos sobre la actividad microbiana en los diferentes usos de suelo de la MRCH puesto que la información base actual referente al tema es débil. La importancia de conocer esta información radica en que estas comunidades microbianas consideradas como el motor de los ecosistemas terrestres (Rodríguez et al., 2007) y la actividad de las mismas mantienen funciones ecológicas esenciales que determinan en gran medida la sustentabilidad a largo plazo de los agro ecosistemas (Mendoza, 2014). Las emisiones de CO<sub>2</sub> edáfico han sido escasamente estudiadas en Chimborazo y constituyen un componente importante de las emisiones totales de los ecosistemas, además de representar la estimación de la actividad microbiana en el suelo por ello surgió la necesidad de conocer y cuantificar la respiración edáfica en los suelos de la MRCH, y cómo esta varía de acuerdo a su uso.

Los resultados generados a partir de la investigación constituirán una herramienta de consulta y contribuirá al proyecto “Building a Resilient Future for the Andean Paramo Ecosystem of Ecuador” realizado por el Grupo de Investigación y Desarrollo para el Medio Ambiente y Cambio Climático (GIDAC), además propone información para estudios o proyectos de conservación, protección y manejo del ecosistema suelo que a la postre redundará en el beneficio de la comunidad.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Cuantificar la respiración edáfica como medida de la actividad microbiana en suelos de la Microcuenca del Río Chimborazo.

### **Específicos**

- Identificar los diferentes usos de suelo dentro de la Microcuenca del Río Chimborazo.
- Evaluar la actividad microbiana del suelo a través de la respiración edáfica en diferentes sistemas de uso de suelo en la Microcuenca del Río Chimborazo.
- Determinar la relación entre la respiración edáfica y los factores abióticos en diferentes sistemas de uso de suelo en la Microcuenca del Río Chimborazo.

## CAPITULO I

### 1 MARCO METODOLÓGICO

#### 1.1 Cambio Climático

En los últimos años el interés sobre temas relacionados con el cambio climático ha tomado relevancia no solo en la comunidad científica sino también en el resto de la sociedad. Dentro de este marco el suelo juega un papel crucial en el cambio climático ya que la tierra almacena 25.109 toneladas de carbono aproximadamente, elemento que forma parte del CO<sub>2</sub> el cual representa uno de los gases responsables del cambio climático. (Moran, 2018).

Por ello además de prestar otros servicios eco sistémicos claves para todas las expresiones de vida en el planeta, el suelo desempeña un rol estratégico e insustituible en el ciclo del carbono en la Tierra (Burbano Orjuela, 2018, p. 83).

Los suelos sanos son el mayor almacén de carbono terrestre cuando se gestionan de manera sostenible y juegan un papel importante en la mitigación del cambio climático a través del almacenamiento de carbono y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Por el contrario, si los suelos se manejan mal o se cultivan mediante prácticas agrícolas no sostenibles, el carbono del suelo puede liberarse a la atmósfera en forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), lo que puede contribuir al cambio climático (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura., 2015).

#### 1.2 Suelo

Como se sabe, el suelo es un cuerpo natural de gran importancia que proporciona servicios ambientales, permite el crecimiento de las plantas, almacena agua y retiene nutrientes, además es un reservorio de organismos como bacterias, hongos, nematodos, etc. Para lograr que el suelo funcione de forma correcta, es importante el uso de prácticas de manejo encaminados a mejorar la salud del suelo y con ello lograr beneficios agronómicos (aumentar productividad y la rentabilidad de los cultivos) y ambientales, inmediatos y en el futuro (INTAGRI, 2018).

### **1.3 Estado biológico del suelo**

La calidad y la salud en el sentido de la degradación del suelo a partir del C-CO<sub>2</sub>, de los residuos de plantas y animales en el suelo, constituyen un proceso básicamente biológico y un ente central de cambios que ocurren dentro de procesos de calentamiento global como ecológicos globales, ya que se comporta en todo evento de suceso como fuente o sumidero del CO<sub>2</sub> en el suelo (Ortiz et al., 2013, p. 3; Sánchez et al., 2018, p. 6; Vásquez et al., 2013, p. 3). El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo. (Doran y Parkin, 1994).

- Salud física del suelo. Este concepto hace relación al equilibrio que tiene el suelo en conservar y drenar agua, así como su capacidad de no restringir el crecimiento de las raíces de los vegetales. Lo anterior está relacionado con la textura del suelo, permeabilidad, porosidad y drenaje, principalmente (INTAGRI, 2018).
- Salud química del suelo. Se define como la capacidad que tiene el suelo para que los nutrientes estén en equilibrio y disponibles para las plantas. Además, que la acidez y alcalinidad del suelo se encuentre en un rango óptimo para el cultivo, y que no existan problemas de salinidad o sodicidad (INTAGRI, 2018).

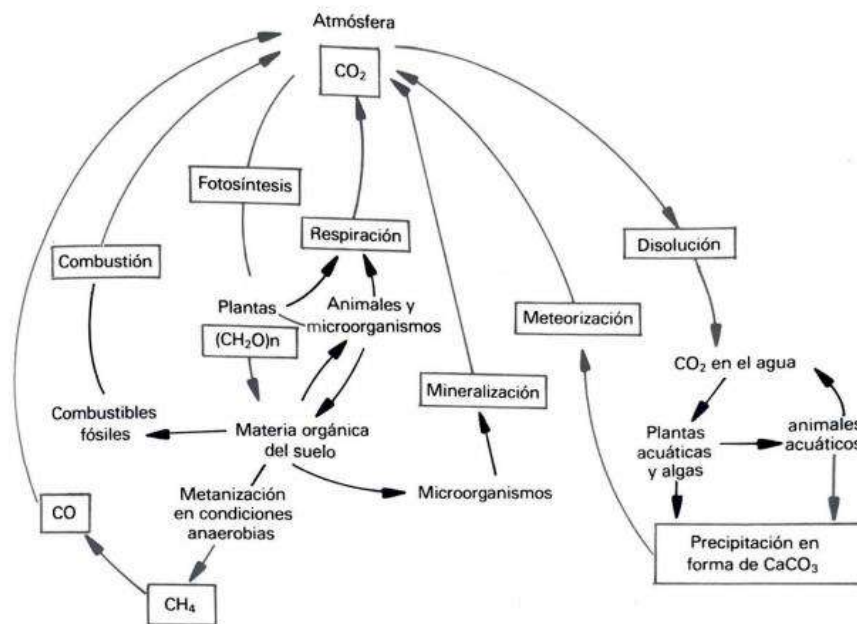
### **1.4 Actividad microbiana.**

Es la actividad que los microorganismos realizan en cualquier proceso de descomposición y como resultado de este se produce CO<sub>2</sub>. La actividad microbiana es esencial para la liberación de los nutrientes contenidos en los materiales vegetales muertos. Sin tal liberación, los nutrientes disponibles serían pronto agotados y el suelo se haría estéril. Los microorganismos completan el ciclo, de manera que los nutrientes absorbidos por las plantas puedan volver al suelo. Así los mismos iones pueden ser utilizados una y otra vez. (Louis et al., 2008).

Una población microbiana activa suele ser un buen indicador de fertilidad del suelo (Louis et al., 2008), siendo también muy sensible a cualquier cambio edáfico (Welp y Brümmer 1999 citado en Torri et al., 2018). Su estudio permite analizar el impacto de los contaminantes sobre las comunidades microbianas presentes, estimar la degradación del contaminante y determinar la factibilidad del tratamiento de biorremediación (de Souza Pohren et al. 2016 citado en Torri et al., 2018). La respiración es uno de los parámetros más frecuentemente utilizados para cuantificar en forma indirecta la actividad microbiana del suelo (Celis et al. 2009 citado en Torri et al., 2018).

## 1.5 Respiración edáfica

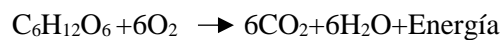
Según Moreira (Krebs Reginatto, 2003) la respiración es uno de los parámetros más antiguos para cuantificar la actividad microbiana y representa la oxidación de la materia orgánica hasta  $\text{CO}_2$  por acción de los microorganismos del suelo. Es uno de los mayores flujos de  $\text{CO}_2$  en el ciclo del carbono, y cualquier variación que se produzca en este flujo puede incrementar las emisiones de  $\text{CO}_2$  con un importante efecto sobre la temperatura del planeta (Schlesinger y Andrews, 2000; citado en Campo Rodrigo, 2018, p. 3).



**Figura 1-1: Ciclo de dióxido de carbono**

Fuente: Porta et al., 1999, p.415

Bajo condiciones aerobias la respiración genera energía a partir de la oxidación de azúcares, principalmente glucosa u otros carbohidratos. La reacción química completa se describe como:



En el cual a partir de la oxidación de una molécula de glucosa se producen seis moléculas de dióxido de carbono y seis de agua. En este sentido la respiración del suelo se refiere a los procesos metabólicos que los organismos vivos del suelo llevan a cabo y por tanto se consume  $\text{O}_2$  y se genera  $\text{CO}_2$ . (Lou y Zhoy, 2006; citado en Paredes García, 201, p.3)

La respiración edáfica determina un amplio rango de fenómenos ecológicos que van desde el funcionamiento individual de las plantas hasta la concentración global del  $\text{CO}_2$  atmosférico,

presentando numerosas ventajas frente al empleo de indicadores físico-químicos, entre las que destacan su mayor sensibilidad, su carácter integrador, y su rápida velocidad de respuesta (Palma, 2011).

### **1.5.1 Procesos de respiración del suelo**

Es importante conocer las propiedades físicas y químicas del suelo ya que éstas influyen sobre la cantidad de microorganismos, la concentración de sustratos, enzimas y nutrientes inorgánicos en el suelo y en consecuencia sobre las actividades biológicas como lo son la respiración edáfica y biomasa microbiana (Stotzky y Burns, 1982; citado en Palma, 2011, p. 45).

En la respiración del suelo se involucran diferentes procesos: bióticos, químicos y físicos.

- Procesos bióticos: respiración rizosfera (raíces y exudados de la raíz), la respiración microbiana; respiración fauna
- Proceso químico: la oxidación química de los minerales del suelo, que es relativamente pequeño en comparación con otras fuentes, pero pronunciado a altas temperaturas.
- Proceso físico: desgasificación de CO<sub>2</sub> del suelo y transporte de CO<sub>2</sub> a través del suelo hacia la superficie. (Palma, 2011, p. 29).

### **1.5.2 Factores que influyen sobre la tasa de respiración del suelo**

Uno de los factores más importantes que afectan a la actividad microbiana es el suministro de energía (Louis et al., 2008, p. 145). Es decir, la calidad y cantidad de materia orgánica al ser el principal aporte de energía y de carbono, junto con las variables ambientales y propiedades físico-químicas del suelo como: la aireación, el aporte de agua al suelo, la temperatura, el pH y el suministro de nutrientes adecuados (N, Ca, P, K, etc.), además de ello la actividad microbiana es regulada por la composición de los materiales orgánicos y por la naturaleza de la comunidad microbiana. Estos factores varían con los cambios en el uso de la tierra y con la fertilidad del suelo (Álvarez Solís y Anzueto Martínez, 2003).

#### *1.5.2.1 Factores Bióticos:*

Comprende todos los seres vivos existentes en un ecosistema, y las interrelaciones que se forma entre ellos, plantas, animales (incluido el hombre) y microorganismos (Ochoa Luzuriaga, 2015),



asimismo la estructura de la vegetación, la actividad fotosintética o el desarrollo fenológico de la planta así como por la biomasa de raíces finas y microbiana (Murcia Rodríguez y Ochoa Reyes, 2008).

#### *1.5.2.2 Factores abióticos:*

##### *Temperatura del suelo*

Es un factor crítico en el control del crecimiento microbiano; muchos estudios muestran una correlación positiva entre la respiración del suelo (R) y la temperatura (T) (Lloyd y Taylor, 1994). Un incremento de 10°C a partir de temperatura sub-óptimas pueden duplicar la respiración y crecimiento de las bacterias (Krebs Reginatto, 2003), (Thamdrup et al., 1998). Para los biomas en áreas donde las temperaturas del suelo son bajas, la tasa de respiración del suelo es relativamente más sensible a las fluctuaciones de la temperatura (Lloyd y Taylor, 1994).

##### *Humedad del suelo*

Es una variable importante para predecir la descomposición de la materia orgánica y la formación de gases invernadero. Los valores de humedad del suelo que proporcionan valores óptimos de descomposición de la materia orgánica y, por tanto, de los procesos de mineralización se encuentran en el rango -0,01 a -0,05 MPa. Hay varios mecanismos interrelacionados que causan un descenso en la actividad microbiana de un suelo totalmente seco como una difusión reducida de sustratos solubles, una reducida movilidad microbiana y del consecuente acceso al sustrato, así como un efecto directo sobre el crecimiento microbiano. En suelos muy húmedos el descenso de actividad de los microorganismos aeróbicos se atribuye a la ausencia de oxígeno causada por su lenta difusión (Gutiñas Rodríguez, 2009).

##### *La temperatura del suelo y la humedad*

A menudo interactúan para controlar la tasa de respiración de este, por lo general es difícil separar los efectos de ambos. Los estudios demuestran que la respiración del suelo responde a la mayoría de factor limitante, la temperatura o la humedad (Palma, 2011, p. 29).

##### *Conductividad*

Determina la calidad y fertilidad de un suelo agrícola es el contenido de sales presentes. Estas sales reducen el potencial osmótico de la solución del suelo, reduciendo al mismo tiempo la

disponibilidad de agua para las plantas, a pesar de que el suelo muestre niveles razonables de humedad. Los problemas de salinidad son más acentuados en regiones áridas y semiáridas. La manera en la que se mide dicha salinidad en los suelos es mediante la conductividad eléctrica (CE). (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura - INTAGRI, 2017).

### *pH*

El pH del suelo regula la reacción y una multiplicidad de enzimas en microorganismos. (Yiqi y Zhou, 2010).

### *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. (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura-FAO, 2017)

### *Nutrientes*

Los organismos están formados por materia orgánica y necesitan constantemente de nutrientes para crecer, reproducirse y regular sus funciones corporales. Los principales componentes del tejido viviente son el carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, fósforo y sulfuro. (Campos Gómez, 2003).

## **1.6 Zona de estudio**

La microcuenca abarca gran cantidad del territorio de la parroquia San Juan a pesar de que cuenta con numerosas cuencas que son un apoyo para la producción agrícola de esta zona (Centro de estudios la gestión pública - CEGESPU, 2015). Cuenta con una superficie de 12.162 hectáreas incluyendo la reserva de la producción de la fauna de Chimborazo perteneciente a la parroquia San Juan, cantón Riobamba. (Admin, 2018; Red Consultora Socio Ambiental-TZEDAKA CIA. LTDA, 2012, p. 13).

### **1.6.1 Clima**

La microcuenca del río Chimborazo tiene una temperatura promedio de 11°C, una precipitación de 637,35 mm y una evapotranspiración de 450,57 mm, es decir existe un remanente en la cuenca de 186,78 mm por año que equivale a 20 millones de metros cúbicos de agua aproximadamente. (Admin, 2018; Red Consultora Socio Ambiental-TZEDAKA CIA. LTDA, 2012, p. 13).

### 1.6.2 Ubicación Altitudinal

Desde el punto de vista altitudinal, la microcuenca del río Chimborazo, se ubica en las cotas 3260 m s. n. m. que corresponde al sitio de descarga de las aguas, previo a la unión con el río La Calera y la cota de 6310 m s. n. m. que corresponde a la cumbre del Nevado Chimborazo (Red Consultora Socio Ambiental-TZEDAKA CIA. LTDA, 2012, p. 7).

### 1.6.3 Suelos

En la zona de San Juan, sobre terrenos de moderada inclinación se encuentra un verdadero mosaico de pequeños campos cultivados, con cultivos transitorios como la papa, zanahoria, cebada, haba, melloco y en ellos se ven pueblos comunidades y viviendas aisladas de la población indígena. (PDL UCASAJ 1999; citado en Gonzalez Ponce, 2009, p. 32).

Sobre los terrenos más inclinados, la ganadería es la principal actividad, en menor escala se encuentra cultivos. La hierba y los pastizales invaden rápidamente los campos en descanso, lo cual es aprovechado por el ganado. Existen aún extensiones considerables que pertenecen a grandes haciendas particulares (PDL UCASAJ 1999; citado en Gonzalez Ponce, 2009, p. 32).

Actualmente existen pocas tierras en sistema de propiedad comunal, donde se cultiva solo una parte de su superficie y el resto se encuentra en descanso o barbecho. Existen áreas considerables de páramos y casi nada de montes o bosques naturales. Se tiene poca área forestal en todas las comunidades (Tabla 4-1) (PDL UCASAJ 1999; citado en Gonzalez Ponce, 2009, p. 32).

**Tabla 1-1:** Cobertura y Uso de Suelo de la Parroquia San Juan

<b>Cobertura vegetal y uso de suelo</b>	<b>Extensión (en Ha)</b>	<b>ÁREA TOTAL (%)</b>
Afloramiento rocosos	21.21	0.10
Centro poblado	30.71	0.14
Cuerpo de agua	0.77	0.00
Cultivos	50.14	0.23
Nieve	260.85	1.18
Paramo de almohadillas y pajonal	1868.06	8.45
Paramo de arenal	999.87	4.52
Paramo de pajonal	8342.95	37.72
Paramo de pajonal intervenido	1761.31	7.96
Pastos	54.05	0.24
Pastos y cultivos	5410.54	24.46
Plantaciones forestales	881.71	3.99
Superparamo	2107.27	9.53
Sin cobertura vegetal	327.53	1.48

**Fuente:** (Centro de estudios la gestión pública - CEGESPU, 2015, p. 66)

**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019.

El 84,06% del suelo de la parroquia San Juan de acuerdo a la susceptibilidad erosiva va entre moderada, alta y severa representando el 20,65%, 34,18% y 29,23% respectivamente, lo cual indica que se caracteriza en su mayoría por ser altamente erosivo debido a que la mayor parte del territorio se encuentra en fuertes pendientes y con escasa vegetación, provocando susceptibilidad a erosión por lluvia y vientos (Centro de estudios la gestión pública - CEGESPU, 2015, p. 66).

#### 1.6.4 Características físicas de los suelos de la MCRCH

Entre tipos de suelo de la Microcuenca del Río Chimborazo se encuentran suelos principalmente en mayor extensión por hectárea suelo de tipo Inceptisol.

**Tabla 1-1:** Tipos de suelos en la Microcuenca del Río Chimborazo

<b>Los tipos de suelos de la microcuenca del Río Chimborazo.</b>		
<b>Orden</b>	<b>Extensión (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Entinsol	625	5,0
Inceptisol	8410	67,3
Mollisol	8	0,1
Nieve y hielo	925	7,4
Eriales o afloramientos rocosos	2522	20,2
<b>TOTAL</b>	<b>12491</b>	<b>100,0</b>

**Fuente:** Diagnóstico INIAP-PNF; 2009 y PRONAREG, 1984; citado en Centro de estudios la gestión pública - CEGESPU, 2015).

**Elaboración:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

#### 1.7 Páramo

Es un ecosistema donde predomina la vegetación, por lo que se clasifica como una pradera o matorral de montaña. Tienden a ubicarse en altitudes hasta de 5000 m s. n. m. El páramo más conocido en la actualidad es, el páramo andino que se encuentran en América del Sur cubierta en su mayor tiempo con las nieves perpetuas (Luteyn 1999; citado en Peyre, 2018, p. 2; Una trompada de información, 2018).

Tiene como función la retención de aguas y la regulación hídrica durante todo el año, siendo grandes reguladores del agua que permiten en épocas de sequía y durante los veranos, que el agua retenida a esas altitudes sea aportada por escurrimiento y gradualmente a las tierras bajas, dado que en estas zonas son donde se generan los ríos, riachuelos, acueductos o quebradas (OVACEN, 2018).

En el Ecuador se usa comúnmente la altitud de 3.500 m como límite inferior, pero las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas hacen que este límite varíe mucho y que se encuentren a veces

páramos desde los 2.800 m, especialmente en el sur del país, o bosques cerrados hasta por sobre los 4.000 m (Medina y Mena., 2001).

### 1.7.1 Servicios ambientales de los páramos

El páramo puede brindar servicios ambientales gracias a características ecológicas especiales pero ciertas acciones humanas están limitando sus capacidades y las posibilidades de aprovecharlas sustentablemente debido a que es un elemento poco conocido y subvalorado (Hofstede, Segarra, y Vásquez, 2003).

Entre estos servicios se pueden mencionar la acumulación de grandes cantidades de carbono orgánico en el suelo la mitigación del cambio climático como sumideros de carbono. Otras funciones, como la regulación hídrica, que es de gran importancia en la zona de estudio, pueden verse favorecidas por los altos contenidos de materia orgánica (Camargo García, Dossman, Rodríguez, Arias, y Quintero, 2012).

Un tercer servicio ambiental puede contener oportunidades interesantes para garantizar el buen funcionamiento de los otros dos servicios: la gran diversidad biológica y agrícola del páramo. Al conservar y manejar sustentablemente esta diversidad, no solamente sus especies únicas y sus paisajes espectaculares de pantanos, pajonales y glaciares, sino también su diversidad en usos de la tierra, cultivos tradicionales y sistemas ganaderos poco intensivos, podremos asegurar la conservación de la vegetación y del suelo, y así a la par la regulación hídrica y el almacenamiento de carbono (Hofstede, Segarra, y Vásquez, 2003).

**Tabla 2-1:** Impacto del cambio climático en el páramo

	<b>Cambios esperados</b>	<b>Respuesta del ecosistema</b>
<b>Sub-páramo</b>	- Mas temperatura y precipitación - Mas actividades antropogénicas	- Perdida de diversidad - Perdida de hábitat
<b>Mid-páramo</b>	- Mas temperatura y precipitación - Mas actividades antropogénicas	- Aumenta productividad - Aumenta riqueza - Especies oportunistas
<b>Super-páramo</b>	- Más productivo baja altitud - Mas insolación, viento y extremos a alta altitud	- Amplia super-páramo bajo - Reduce super-páramo alto - Extinciones importantes - Ecosistemas no-análogos
<b>Humedales, Pantanos</b>	- Aumenta evaporación, se seca - Alimentación agua de glaciación	- Perdida de hábitat y diversidad - Cambio físico-químico

Fuente: (Peyre, 2018, p. 4)

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

### **1.7.2 Caracterización del páramo de la provincia de Chimborazo**

La provincia de Chimborazo cuenta con una extensión de 648.124 ha y la transformación de áreas naturales en la provincia para la agricultura, pastoreos, centros urbanos, infraestructura y otros usos abarca el 48% del territorio, incluyendo áreas sobre los 3400 metros de altitud que constituyen el límite altitudinal del páramo (Huilcapi, 2015, p. 5).

En todos los páramos del mundo se ha reportado un total de 3.595 especies, de las cuales 1.534 se encuentran en el Ecuador, este valor ubica al Ecuador como el país con la flora del páramo más diversa en relación a su tamaño (Sklenar, 2005). En la provincia de Chimborazo existen 361 especies, lo que equivale alrededor del 24% del total de la flora del páramo en el país (Huilcapi, 2015, p. 5), las plantas de los páramos de Chimborazo, así como las de otros páramos del Ecuador, se han desarrollado como adaptaciones a climas, característica que no se encuentran en otras partes del mundo (Hofstede R., 2001, p. 98).

### **1.7.3 El páramo en la Microcuenca Río Chimborazo**

Cubre un área de 8.430 hectáreas, algunas acciones se han realizado para recuperar la fauna nativa como la reintroducción de alpacas con un hato de 368 animales que está distribuido en las comunidades de San Luis de Chinigua, Asociación Chorrera Mirador Alto, Tambo Huasha, Cooperativa Agrícola Santa Teresita, Pulinguí San Pablo y la propiedad de Marco Cruz y que actualmente no reciben buen manejo (Red Consultora Socio Ambiental-TZEDAKA CIA. LTDA, 2012, p. 13). El Río Chimborazo y el agua de consumo humano tiende a mayor contaminación de coliformes fecales por la razón que existe animales de crianza en su entorno (Red Consultora Socio Ambiental-TZEDAKA CIA. LTDA, 2012, p. 14).

## CAPITULO II

### 2 METODOLOGIA

#### 2.1 Hipótesis y especificación de las variables

##### 2.1.1. *Hipótesis*

Existen diferencias en la cuantificación de la respiración edáfica como medida de la actividad microbiana dependiendo los usos de suelo en la Microcuenca del Río Chimborazo.

##### 2.1.2. *Variables*

###### 2.1.2.1. *Variable dependiente*

Usos de suelo en la MRCH

###### 2.1.2.2. *Variables independientes*

Actividad Microbiana

#### 2.2 Tipo y Diseño de la Investigación

La investigación es de tipo Descriptiva –Correlacional debido a que describe el área de estudio en la que se trabajó y a la postre las condiciones microbiológicas del suelo, además de ello se realizó una correlación entre los factores físicos químicos del suelo y la actividad microbiana para determinar si estos influyen o no en ella.

##### 2.2.1 **Diseño de la investigación**

El diseño característico de la investigación es el diseño experimental con variables fijas.

### **2.3 Unidad de análisis**

Suelo procedente de la MRCH, parroquia San Juan cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador. Cada unidad experimental consta de 1kg de muestra compuesta de suelo de la MRCH.

### **2.4 Población de estudio**

Se consideró como población de estudio el área de la Microcuenca del Río Chimborazo, con énfasis edáfico.

### **2.5 Tamaño de la muestra**

Mediante un muestreo probabilístico estratificado se obtuvo un “n” de 526 puntos a muestrear.

### **2.6 Selección de la muestra**

Se tomó en cuenta el número de puntos de muestreo total, del cual se procedió al cálculo del tamaño de muestra en cada uso de suelo con la siguiente ecuación.

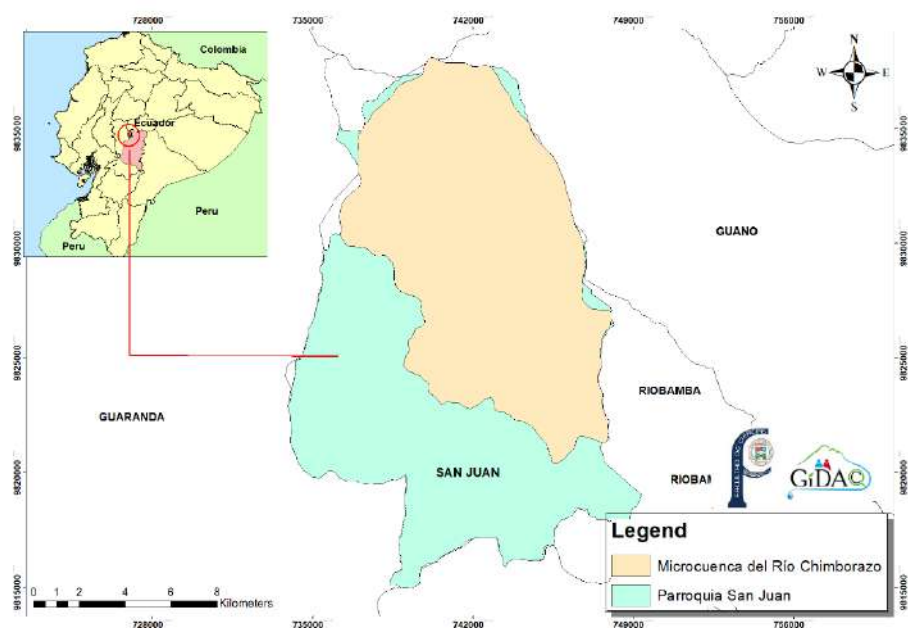
$$n_i = n \left( \frac{N_i}{N} \right)$$

Se estableció la recolección de 1 muestra compuesta de plantaciones forestales, 8 muestras de pastizales, 17 muestras de suelo de páramo y finalmente 9 muestras compuestas de cultivos. En total 35 muestras compuestas de suelo procedentes de diferentes usos de suelo de la MRCH.

### **2.7 Localización**

La Microcuenca del Río Chimborazo políticamente se ubica en las parroquias San Juan y Calpi del cantón Riobamba y en la parroquia San Andrés del cantón Guano provincia de Chimborazo. Sin embargo, jurídicamente pertenece a la parroquia San Juan, situada al norte del Cantón Riobamba a 18 km de la ciudad. La parroquia cuenta con 6 barrios en la cabecera parroquial y 26 comunidades distribuidas en la zona baja, media y baja.





**Figura 1-2:** Mapa de ubicación de la Microcuenca del Río Chimborazo  
**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

### *Altitud*

La MCRCH tiene una ubicación altitudinal inferior de 3260 m s. n. m. y superior de 6310 m s. n. m. Que comprende la zona alta y van desde los 3800 m s. n. m. hasta los 6310 m s. n. m. La zona media se localiza entre los 3600 a 3800 m s. n. m. y la zona baja va desde los 3260 a 3600 m s. n. m., se hallan cultivos de altura y pastizales, son zonas agrícolas y con fuerte tendencia a la ganadería.

### *Asentamientos humanos*

La superficie total dentro de la MCRCH es de 12.161,77 ha y cuenta con una población total de 5.425 personas.

### *Condiciones Climatológicas*

La temperatura promedio es de 12-16°C, presenta precipitaciones de 500-1000mm y una humedad relativa de 07-1.88. (PDOT San Juan)

## *Características del suelo*

Entre la clasificación de suelos de estas comunidades prevalece dos tipos de suelos: Suelo franco arenosos muy sueltos con poca retención de humedad y suelos alofónicos con mayor retención de humedad y negros.

## **2.8 Técnicas de recolección de datos**

La presente investigación se realizó en 3 fases que se describen a continuación

### **2.8.1 Fase de campo**

#### *2.8.1.1 Identificación de usos de suelo en la MCRCH*

#### *Reprocesamiento de las imágenes*

Los usos del suelo se estimaron utilizando una imagen satelital “LANDSAT 8” de 2017, con una resolución espacial (30 x30) m, mismas que fueron descargadas de Earth Explorer, perteneciente a la base de datos de la United State Geological Survey (USGS 2017), configurando los parámetros que proporcionan la ubicación de la escena path 10 y row 62 que contiene al área de estudio. Las imágenes fueron contrastadas mediante el uso de SIG y cartografía de libre acceso del Instituto Geográfico Militar (IGM), y del Instituto de Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC) a escala normalizada, las cuales corresponden a límites provinciales y cantonales, información de vías, poblaciones, cobertura, curvas de nivel, corresponden a la escena de inicios del invierno local, en principios del mes de septiembre de 2017.

Se usó el formato GeoTiff con proyección Universal Transversal Mercator (UTM) y en Datum WGS-84. Fue necesario verificar las imágenes descargadas, teniendo en cuenta las condiciones de visibilidad de la Microcuenca del Río Chimborazo y que disponga del conjunto de archivos completo, ya que estos contienen la información de los metadatos de la imagen.

#### *Clasificación supervisada*

En la clasificación supervisada se empleó el algoritmo de máxima verosimilitud, con el fin de distinguir los distintos usos de suelo de la MRCH. El procedimiento de clasificación supervisada consistió, primero, en la construcción de “verdad terreno” (sites test) (F) y luego, en la construcción de las categorías de coberturas como: P (Páramo), Pt (Plantaciones), C (Cultivos),

Pz (Pastizales), para generar mapas de uso de suelo dentro de una superficie de 9020,5 ha correspondiente al año 2017.



**Figura 2-2:** Usos de suelo en la Microcuenca del Río Chimborazo  
Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

### *Validación de resultados*

La incertidumbre en la clasificación supervisada se calculó mediante la comparación de los resultados obtenidos y un muestreo aleatorio estratificado, para lo cual se seleccionaron 210 píxeles para la validación con un 95% de confianza. La validación fue realizada mediante una matriz de confusión, con la que se evaluó la incertidumbre de la clasificación, situando en las filas las clases o categorías obtenidas en el mapa y en las columnas las mismas clases con datos reales del terreno o campo.

#### *2.8.1.2 Diseño de muestreo*

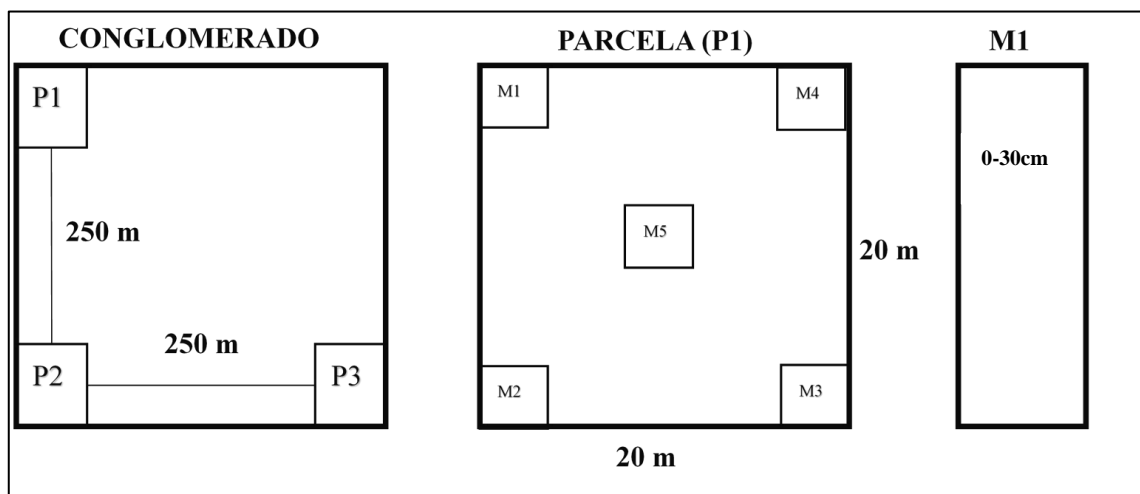
Para realizar el muestreo se utilizó la metodología establecida en el Manual de campo 2012 del Programa de las Naciones Unidas para la Reducción de las Emisiones por la Deforestación y Degradación del Bosque que aplica el Ministerio del Ambiente Ecuatoriano y en los Países en Desarrollo. Este consistió en definir una rejilla de 500m x 500m utilizando herramientas cartográficas y en cada punto se estableció un conglomerado de parcelas en forma de L. La rejilla se sobrepuso en el mapa de estratificación y cada conglomerado fue asignado a un estrato basado en el estrato dominante dentro de las parcelas.

La forma y distribución de las parcelas dentro del conglomerado fue la siguiente: tres parcelas consideradas en la fase preliminar y hasta cinco parcelas cuadradas para el futuro si es necesario (especialmente para aquellos estratos con mayor variabilidad y diversidad). Para el establecimiento se debe iniciar en el punto inferior derecho y luego forma la L. (Ministerio del ambiente del Ecuador, 2012, p. 6)

Utilizando la cartografía del área de estudio se realizó la distribución espacial de los puntos de muestreo para cada sitio en particular, se tomaron en cuenta las características y el objetivo del muestreo; además de lo mencionado anteriormente como son: alturas, pendientes y la accesibilidad.

### 2.8.1.3 Recolección de muestras

En cada muestreo se establecieron 3 parcelas de 20m x 20m cada una, separadas por una distancia de 250m. Se recolectó 15 muestras simples congregadas en una muestra compuesta por cada conglomerado a una profundidad de 0-30cm.



**Figura 3-2:** Diseño de muestreo para determinar el estrato a investigar

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2018.

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

- Se utilizó un GPS para llegar al punto de muestreo establecido.
- Se usó una pala para limpiar la superficie de toma de muestra.
- Se introdujo el barreno hasta 30 cm de profundidad y se colocó la muestra de suelo en bolsas ziploc debidamente etiquetadas.
- Una vez recolectadas todas las submuestras del conglomerado se mezclaron homogéneamente y se sometieron al método de cuarteo, el mismo que consistió en reducir el

tamaño haciendo un montón cónico con el suelo mezclado, se cortó por el centro con una espátula o pala en cuatro partes, se mezclaron dos cuartos y se descartan dos y se repitió el proceso hasta llegar a la cantidad de material necesario en este caso 1kg, esto se realizó con el fin de obtener una muestra representativa.

- Se tomó un porcentaje para la realización de tres réplicas por conglomerado para respiración edáfica y el resto se destinó a los análisis físico-químicos.

## **2.8.2 Fase de laboratorio**

### *2.8.2.1 Preparación de reactivos*

Se consideraron algunos datos importantes (ver ANEXO B) para calcular la cantidad necesaria para preparar cada reactivo.

#### **Solución BaCl<sub>2</sub> 1,25M**

- Se pesaron 39,44g de BaCl<sub>2</sub> químicamente puro o su porción equivalente conforme la pureza del reactivo y se llevó a un balón de aforo de 100 ml y 50ml
- Se añadió agua hasta disolver
- Una vez disuelto se aumentó agua hasta la marca de aforo y se agitó
- Se envasó el reactivo a una botella color ámbar.

#### **Solución HCL 0,2M**

- Se midió en una probeta un volumen de 19.93 ml de ácido clorhídrico químicamente puro o su equivalente de acuerdo a su pureza para preparar 1200ml de solución a una concentración a 0,2M
- Se llevó aun matraz aforado y se agitó, posteriormente se trasvasó el reactivo a una botella color ámbar y se colocó en un lugar oscuro

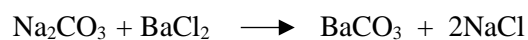
#### **Solución NaOH 1M**

- Se pesó 20,20g para preparar 500 ml a 1M
- Llevamos a un balón de aforo
- Se agregó agua para disolver
- Una vez disueltos se añadió agua hasta la marca de aforo y agitamos.

### 2.8.2.2 Valoración de CO<sub>2</sub>

La actividad microbiana se evaluó mediante la medida del desprendimiento de CO<sub>2</sub> por la actividad de los microorganismos del suelo siguiendo el procedimiento descrito por Anderson (1982).

- Se prepararon las muestras de suelo, retirando material vegetal que se encuentren en las mismas, como hojas, raíces, y remanentes rocosos.
- Se pesó 10g de suelo y se colocó en la estufa a 105°C por 24h y se determinó el % de humedad y con ello el factor de humedad.
- Se realizaron tres repeticiones por muestra de suelo
- Se etiquetaron los frascos con tapa de rosca con su debida codificación.
- Se colocaron 10 g de suelo con el contenido de humedad original en frascos con tapa de rosca (hermética)
- Se preparó viales con 2 ml de NaOH 1 M
- Se introdujo cada vial en cada uno de los frascos con suelo. Los frascos fueron cerrados herméticamente y se colocaron en oscuridad a temperatura del laboratorio (21 ± 3 °C), por un periodo de 8 días.
- Se retiró los viales y se precipitó el CO<sub>2</sub> absorbido con 800ul de BaCl<sub>2</sub> 1,25M. El CO<sub>2</sub> liberado por respiración biológica es recuperado en el recipiente con el NaOH mediante la aplicación de BaCl<sub>2</sub> el CO<sub>2</sub> absorbido se precipita como BaCO<sub>3</sub>.



- Como blanco se utilizó frascos de vidrio sin suelo que solo contenían el vial con 2ml NaOH 1M.
- El CO<sub>2</sub> desprendido se midió indirectamente por medio de una titulación del exceso de NaOH con ácido clorhídrico (HCl)
- Se Añadió 1 o 2 gotas de fenolftaleína a cada vial.
- Cada vial fue valorado mediante titulación con HCl 0.2M en agitación continua (viraje de rosado a transparente).
- Se registró el volumen de HCl gastado en cada vial, incluyendo el blanco.
- Se determinó la respiración en cada muestra de suelo y se comparó con el blanco.

### 2.8.2.3 Cálculo de respiración edáfica

La cantidad de CO<sub>2</sub> desprendido desde las cámaras incubadas fue calculada mediante la fórmula de Anderson (1982). Para ello se consideró algunos datos importantes que posteriormente fueron necesarios para el cálculo de la respiración (ver ANEXO D) los cuales son:

- Peso suelo (g): se registró el peso exacto del suelo medido en la balanza analítica que se colocaron en los frascos con tapa rosca.
- Factor de humedad: Se calculó el Factor de humedad de suelo seco al aire necesario para expresar todos los resultados sobre suelo seco a 105°C durante un día. Para ello se utilizó la siguiente expresión:

$$f = \frac{Pss105}{Pssaire}$$

Donde:

$f$  = factor de humedad

Pss105 = peso de suelo seco a 105°

Pssaire = peso del suelo al aire

- Molaridad de NaOH: para este ensayo fue 1M
- Factor de molaridad de NaOH: El factor de molaridad del NaOH se obtuvo multiplicando el promedio de volúmenes de HCl gastados en los blancos (por cada uso de suelo) por su molaridad y por el factor de molaridad del HCl y se dividió por el volumen de NaOH que se puso en el vial multiplicado por su molaridad. Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$f_{NaOH} = \frac{Prom. volumen blancos \times M_{HCl} \times f_{HCl}}{volumen_{NaOH} vial \times M_{NaOH}}$$

- Molaridad de HCL: para este ensayo se preparó una solución de 0,2M
- Factor de molaridad de HCl: Para obtener el factor de molaridad hay que tener en cuenta que al no ser el HCl un patrón primario, al preparar una solución su concentración no será exactamente conocida, y será necesario estandarizarla frente a un patrón primario. Por lo que en nuestro caso el factor fue de 1,017

Una vez registrados los valores necesarios se procedió a realizar los cálculos

- Se calculó el peso de suelo seco, por medio de la fórmula:

$$P_{ss} = \text{Peso suelo (g)} \times f_h$$

Donde:

$P_{ss}$  = peso suelo seco (g)

$f_h$  = factor de humedad

- Se calculó las mmoles de NaOH iniciales, con la siguiente ecuación:

$$mmol NaOH_{iniciales} = M_{NaOH} \times 2 \text{ ml} \times f_{NaOH}$$

Donde:

$M_{NaOH}$  = molaridad de NaOH

$f_{NaOH}$  = factor de molaridad de NaOH

- Se registraron los mililitros de HCl que se gastaron en la titulación inversa.
- Se calculó las mmol de HCl consumidos, mediante la ecuación:

$$mmol HCl = M_{HCl} \times f_{HCl} \times V_{titulación}$$

$M_{HCl}$  = molaridad de HCl.

$f_{HCl}$  = factor de molaridad de HCl.

$V_{titulación}$  = volumen gastado en la titulación.

- Se calculó las mmol de NaOH que reaccionó con el CO<sub>2</sub>, mediante una diferencia:

$$mmol NaOH - CO_{2reaccion} = mmol NaOH_{iniciales} - mmol HCl_{consumidos}$$

- Se calculó las mmol de CO<sub>2</sub> producido, mediante la ecuación:

$$mmol CO_2 \text{ producido} = \frac{mmol NaOH - CO_{2reaccion}}{mmol NaOH_{iniciales}}$$



- Se obtuvo la masa de C-CO<sub>2</sub>, con la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{masa C} - \text{CO}_2}{\text{g de suelo}} = \frac{\text{mmol CO}_2 \text{ producido} \times 12}{P_{ss}}$$

Donde:

P<sub>ss</sub>= peso de suelo seco

12= 1 mmol de CO<sub>2</sub> contiene 12 mg de Carbono

#### 2.8.2.4 *Análisis de parámetros físico-químico del suelo*

Para la caracterización físico- química del suelo se consideraron los siguientes parámetros:

- pH
- Conductividad
- Porcentaje de humedad
- Materia orgánica
- Nitrógeno total

##### *pH*

- Se preparó un extracto acuoso pesando 20g de suelo seco al aire y se colocó en un vaso de extracción.
- Se agregó agua destilada al suelo con una bureta en proporción 1:25 es decir 45mL, se agitó con una espátula durante 10 minutos y se dejó reposar durante la noche.
- El pH se midió con el Fisher Scientific Accumet AB150 pH mV-metro El pH-metro fue previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4.00, 7.00 y 10.00.
- Se introdujo el electrodo en el extracto acuoso y se procedió a realizar la lectura de pH y se registró el valor

##### *Conductividad*

- Se utilizó un conductímetro Hach 51800-10sensION 5.
- Se preparó un extracto acuoso en proporción

- Se agitó con una espátula y se dejó reposar la solución
- Se introdujo el potenciómetro en la solución y se registró el valor de conductividad y temperatura

*Porcentaje de humedad*

- Se registró el peso de la cápsula vacía y posteriormente se pesaron en ella 10 gramos de suelo,
- Luego se introdujo la muestra a la estufa a 105°C por 24 horas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua. El contenido de humedad CH se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{(W1 - W2)}{(W2 - WC)} * 100$$

Donde:

CH: Contenido de agua %

W1= Peso del recipiente y del espécimen húmedo g.

W2= Peso del recipiente y del espécimen seco g.

WC= Peso del recipiente g

*Materia orgánica y Nitrógeno*

La materia orgánica y Nitrógeno fueron analizados por el Laboratorio CESTTA mediante los siguientes métodos.

**Tabla 1-2:** Método de análisis de materia orgánica y nitrógeno

PARÁMETRO	MÉTODO DE ANALISIS
Nitrógeno total	PEE/CESTTA/81 Kjeldahl
Materia orgánica	PEE/CESTTA/195 NEN5754 2005

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2018

**2.8.3 Análisis estadístico**

Los datos se procesaron mediante análisis no paramétrico de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias significativas ente actividad microbiana y los sitios de estudio y las comparaciones de

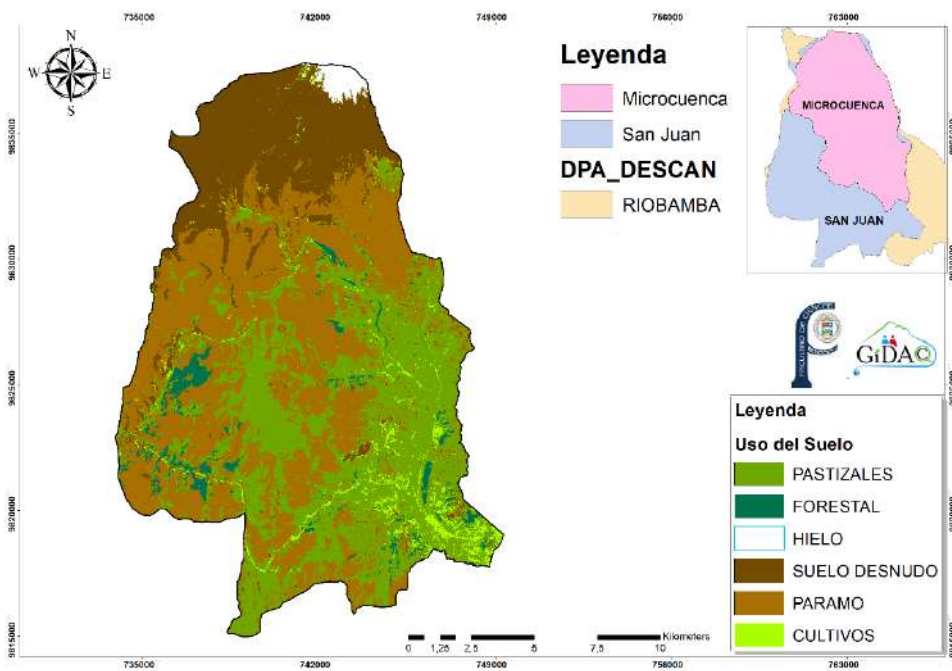
medidas fueron realizadas de acuerdo al test de Tukey, para determinar las correlaciones existentes de la respiración edáfica y los parámetros físicos químicos se utilizó el test de Pearson. Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics versión 19 para Windows y en todos los casos el nivel de significancia usado fue de  $P < 0.5$ .

## CAPITULO III

### 3 Marco de resultados, discusión y análisis de resultados.

#### 3.1 Determinación de los usos de suelo de la Microcuenca del Río Chimborazo

A partir del procesamiento de la imagen satelital LANDSAT 8 (2017), se logró identificar las categorías de coberturas de Páramo (P); Cultivos (C); Plantaciones (Pt); Pastizales (Pz), para generar un mapa de usos de suelo, dentro de una superficie de 9020,5 ha. Por lo tanto, se obtuvo que el área de (P) se encuentra en 4309,9 ha representado en 47,78%, en (C) se obtuvo un área de 2384,5 ha representado en 26,43%, para (Pt) se tuvo un área de 167,6 ha, representado en 1,86%, en (Pz) se obtuvo 2158 ha representado en 23,93%.



**Figura 1-3:** Mapa de usos de suelo de la Microcuenca del Río Chimborazo  
Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

### 3.2 Caracterización de los usos de suelo de la Microcuenca del Río Chimborazo

Se identificaron 4 usos de suelo de estudio en la MRCH

**Páramo.** – El cual se estableció a una altura inferior de 3600 m s. n. m. y una superior de 4600 m s. n. m., principalmente encontramos páramo de pajonal y páramo de almohadilla característicos de la zona alto andina. Debido a actividades agropecuarias, el avance de la frontera agrícola, la reducción de bosques nativos, el sobrepastoreo y la quema y demás actividades este ecosistemas corre riesgo de grave impacto ecológico (Yáñez Díaz et al., 2017).

**Plantaciones forestales.-** Se consideró las plantaciones de *pino –Pinus radiata* que se encuentran en las zonas altas de la MCRH situados principalmente en alturas entre 3600 y 3800 m s. n m, sirven para cercas vivas, como cortinas que rompe vientos, sin embargo hace algunos años atrás estas plantaciones ubicadas en esta zona tuvieron como objetivo producir madera para aserrío, esta actividad tiene impacto ya que las plantaciones de pino influyen en el contenido de humedad de los suelos, haciendo que esta disminuya. (Velepucha et al., 2018).

**Pastizales.** – se encuentran a alturas entre 3200 y 4200 m s. n. m, entre pastos tenemos pasto azul (*poa annua*), trébol blanco (*trifolium repens*) Los pastizales que esencialmente sirven para alimento de ganado vacuno, mismo que es rentable frente a la agricultura. (INTAGRI, 2018; Red Consultora Socio Ambiental-TZEDAKA CIA. LTDA, 2012).

**Cultivos.** –Ubicados en un rango de altura de 3200 y 4000 m s. n. m., las actividades realizadas en ellos que tiene incidencia sobre los páramos por el alto uso de químicos necesarios para los cultivos de alturas, encontramos principalmente los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) nativo de ecosistemas altos, cultivos de ajo (*Allium sativum*) y haba (*Vicia faba*).

### 3.3 Muestreo

Las muestras elegidas para la investigación se obtuvieron de los puntos de muestreo previamente identificados a diferentes alturas. En total se tomaron 35 muestras compuestas de suelo procedentes de diferentes usos de suelo de la MCRCH. Se recolectó 1 muestra compuesta de plantaciones de pino, 8 muestras compuestas de pastizales, 17 de páramo y finalmente 9 muestras compuestas de tres cultivos (papa, haba y ajo), como se muestran en la Tabla 1-3

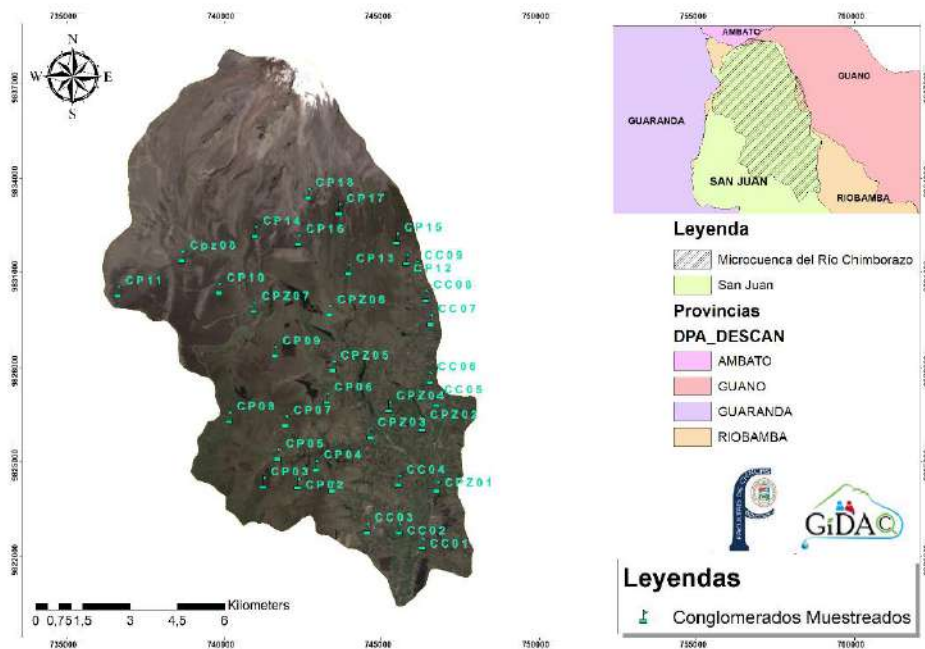
**Tabla 1-3:** Número de muestras recolectadas por uso de suelo de la microcuenca

USOS DE SUELO	Muestras Simples	Muestras compuestas
Plantación forestal	10	1
Pastizales	126	8
Vegetación Nativo de Paramo	251	17
Cultivos	139	9
Total	526	35

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2018

### 3.3.1 Ubicación de los puntos de monitoreo

Se determinaron 35 puntos de muestreo, en toda el área de la MRCH, en relación a los usos de suelo determinados anteriormente, y distribuyendo aleatoriamente cada punto de acuerdo a las alturas ya caracterizadas.



**Figura 2-3:** Mapa de ubicación de puntos de muestreo

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

### 3.4 Evaluación de la actividad microbiana mediante respiración

La actividad microbiana se estimó indirectamente en la determinación de la respiración edáfica, mediante el método de Anderson.

Una vez realizado la valoración de CO<sub>2</sub> en laboratorio de Protección Ambiental siguiendo la metodología establecida, se obtuvieron los resultados de respiración edáfica como medida de la actividad microbiana en 4 sistemas de uso de suelo de la MRCH.

### 3.4.1 Páramo

La determinación de la producción de CO<sub>2</sub> o respiración edáfica nos indica la actividad de los microorganismos registrada en suelo de páramo a diferentes alturas, estos datos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2-3:** Resultados de respiración edáfica en páramo

Código	SET	Peso suelo seco (g)	Mmol NaOH iniciales	Vol. HCl gastado (ml)	mmol HCl consumido	mmol NaOH reaccionado CO <sub>2</sub>	Mmol CO <sub>2</sub> producido	Masa de C-CO <sub>2</sub> (mg/g)	$\bar{X}$ C- CO <sub>2</sub> (mg/g)
<b>P1</b>	R1	7,2658	2,161	10,30	2,095	0,0658	0,0305	0,0503	0,0608
	R2	7,2435	2,161	9,90	2,014	0,1472	0,0681	0,1128	
	R3	7,2482	2,161	10,50	2,136	0,0251	0,0116	0,0193	
<b>P2</b>	R1	7,5268	2,161	8,40	1,709	0,4523	0,2093	0,3337	0,5393
	R2	7,4729	2,161	10,60	2,156	0,0048	0,0022	0,0036	
	R3	7,5173	2,161	2,10	0,427	1,7337	0,8023	1,2808	
<b>P3</b>	R1	7,2189	2,161	10,50	2,136	0,0251	0,0116	0,0193	0,3206
	R2	7,2444	2,161	5,20	1,058	1,1031	0,5105	0,8457	
	R3	7,2770	2,161	10,00	2,034	0,1268	0,0587	0,0968	
<b>P4</b>	R1	7,9476	2,161	2,80	0,570	1,5913	0,7364	1,1119	0,6339
	R2	7,9436	2,161	9,40	1,912	0,2489	0,1152	0,1740	
	R3	7,9305	2,161	6,30	1,281	0,8794	0,4070	0,6158	
<b>P5</b>	R1	7,4103	2,161	9,30	1,892	0,2692	0,1246	0,2017	1,0193
	R2	7,3891	2,161	0,90	0,183	1,9778	0,9153	1,4864	
	R3	7,4414	2,161	1,60	0,325	1,8354	0,8494	1,3697	
<b>P6</b>	R1	7,2693	2,161	10,20	2,075	0,0861	0,0399	0,0658	0,0913
	R2	7,3163	2,161	9,90	2,014	0,1472	0,0681	0,1117	
	R3	7,3160	2,161	10,00	2,034	0,1268	0,0587	0,0963	
<b>P7</b>	R1	7,2304	2,161	9,60	1,953	0,2082	0,0963	0,1599	0,1239
	R2	7,1911	2,161	10,10	2,054	0,1065	0,0493	0,0822	
	R3	7,1781	2,161	9,80	1,993	0,1675	0,0775	0,1296	
<b>P8</b>	R1	6,6770	2,161	10,30	2,095	0,0658	0,0305	0,0547	0,4431
	R2	6,6679	2,161	10,20	2,075	0,0861	0,0399	0,0717	
	R3	6,6905	2,161	3,50	0,712	1,4489	0,6705	1,2027	
<b>P9</b>	R1	7,2157	2,161	9,70	1,973	0,1878	0,0869	0,1446	0,1025
	R2	7,2742	2,161	9,90	2,014	0,1472	0,0681	0,1124	
	R3	7,2229	2,161	10,30	2,095	0,0658	0,0305	0,0506	
<b>P10</b>	R1	6,9599	2,161	10,20	2,075	0,0861	0,0399	0,0687	0,0848
	R2	6,9980	2,161	10,20	2,075	0,0861	0,0399	0,0684	
	R3	6,9626	2,161	9,90	2,014	0,1472	0,0681	0,1174	
<b>P11</b>	R1	7,4319	2,161	9,50	1,932	0,2285	0,1058	0,1708	0,1252

	R2	7,4482	2,161	10,10	2,054	0,1065	0,0493	0,0794	
	R3	7,4091	2,161	9,80	1,993	0,1675	0,0775	0,1256	
<b>P12</b>	R1	7,6583	2,161	10,30	2,095	0,0658	0,0305	0,0477	0,0738
	R2	7,4572	2,161	10,00	2,034	0,1268	0,0587	0,0944	
	R3	7,4639	2,161	10,10	2,054	0,1065	0,0493	0,0792	
<b>P13</b>	R1	7,0746	2,161	9,80	1,993	0,1675	0,0775	0,1315	0,1474
	R2	7,0787	2,161	9,50	1,932	0,2285	0,1058	0,1793	
	R3	7,0763	2,161	9,80	1,993	0,1675	0,0775	0,1315	
<b>P14</b>	R1	7,7891	2,161	9,70	1,973	0,1878	0,0869	0,1339	0,1191
	R2	7,7957	2,161	9,90	2,014	0,1472	0,0681	0,1048	
	R3	7,8509	2,161	9,80	1,993	0,1675	0,0775	0,1185	
<b>P15</b>	R1	6,6831	2,161	9,90	2,014	0,1472	0,0681	0,1223	0,1553
	R2	6,7388	2,161	9,30	1,892	0,2692	0,1246	0,2219	
	R3	6,7092	2,161	9,90	2,014	0,1472	0,0681	0,1218	
<b>P16</b>	R1	7,1349	2,161	9,40	1,912	0,2489	0,1152	0,1937	0,1569
	R2	7,1118	2,161	9,60	1,953	0,2082	0,0963	0,1626	
	R3	7,1427	2,161	9,90	2,014	0,1472	0,0681	0,1144	
<b>P17</b>	R1	7,3391	2,161	9,70	1,973	0,1878	0,0869	0,1421	0,1473
	R2	7,3453	2,161	9,50	1,932	0,2285	0,1058	0,1728	
	R3	7,3324	2,161	9,80	1,993	0,1675	0,0775	0,1269	

P1 punto número de muestreo en suelo de páramo

R1 número de repetición

**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

Se observaron los resultados promedio de las repeticiones de cada punto de muestreo a diferentes alturas. El suelo de páramo presentó valores de respiración mínimo de 0,0608 C-CO<sub>2</sub> (mg/g) registrada a 4400-4600m s. n. m., y un valor máximo de 1,0193 C-CO<sub>2</sub> (mg/g).

Para determinar si existen diferencias significativas de la respiración a diferentes las alturas de procedencia del suelo se realizó una prueba ANOVA unifactorial.

**Tabla 3-3:** ANOVA de respiración edáfica en páramos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,920	4	0,230	14,334	0,000
Intra-grupos	0,209	13	0,016		
Total	1,128	17			

**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

### Planteamiento de la hipótesis

**H<sub>0</sub>**= No existen diferencias significativas en la respiración por efecto de la altura de muestreo de páramo  $p \geq 0,05$ .



$H_1$ = Existen diferencias significativas en la respiración efecto de la altura de muestreo de páramo  
 $p < 0,05$ .

**Decisión:**

Como  $p < 0,05$  ( $p=0,0001$ ) si existen diferencias significativas en la respiración por efecto de la altura, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa.

Al existir diferencia de la respiración edáfica con relación a la altura, se realizó la prueba Post-HOC Tukey para determinar la altura o punto de muestreo que difiere de los demás.

**Tabla 4-3:** Prueba de Tukey de respiración en relación a las alturas de páramos

Alturas	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
4400 – 4600	2	0,061000	
4200 – 4400	2	0,079500	
4000 – 4200	5	0,112400	
3800 – 4000	6	0,228333	
3600 – 3800	3		0,730667
Sig.		0,521	1,000

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

La prueba de Tukey mostró que suelos de páramo dentro del el rango de altura de 3600 – 3800 m s. n. m. difiere de las demás, en esta altura se registró el valor más alto de respiración. Según Llambi (2012) la composición de los suelos en el páramo también puede depender de la altitud a la que se encuentran y mientras mayor altitud los suelos tienden a ser más rocosos, menos profundos, con altos porcentajes de arena y retención de agua menor, o en su defecto debido a las bajas temperaturas a medida que incrementa la altura, la descomposición de materia orgánica es muy lenta y como consecuencia de ello puede inhibir la tasa de respiración en las comunidades microbianas. En elevaciones medias, los suelos son relativamente húmedos, negros o cafés y ácidos, con una gran capacidad de retención de agua. Los páramos más bajos presentan suelos muy oscuros, una acidez moderada, bajos niveles de calcio, alto contenido de agua, potasio y nitrógeno total. Bajo estas condiciones las intensidades de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>.(Llambi et al., 2012).

### 3.4.2 Cultivos

**Tabla 5-3:** Resultados de respiración edáfica en cultivos

Código	SET	Peso suelo seco (g)	Mmol NaOH iniciales	Vol. HCl gastado (ml)	mmol HCl consumido	mmol NaOH reaccionado CO2	Mmol CO2 producido	Masa de C-CO <sub>2</sub> (mg/g)	$\bar{X}$ C- CO <sub>2</sub> (mg/g)
C1 Ajo	R1	7,5985	2,215	10,00	2,034	0,1808	0,0816	0,1289	0,1142
	R2	7,6299	2,215	10,30	2,095	0,1198	0,0541	0,0851	
	R3	7,6150	2,215	10,00	2,034	0,1808	0,0816	0,1286	
C2 Haba	R1	8,4880	2,215	10,30	2,095	0,1198	0,0541	0,0765	0,1628
	R2	8,4828	2,215	10,30	2,095	0,1198	0,0541	0,0765	
	R3	8,5046	2,215	8,30	1,688	0,5266	0,2378	0,3355	
C3 Haba	R1	8,4578	2,215	7,40	1,505	0,7096	0,3204	0,4546	0,2068
	R2	8,4945	2,215	10,40	2,115	0,0994	0,0449	0,0634	
	R3	8,4876	2,215	10,10	2,054	0,1605	0,0724	0,1024	
C4 Papa	R1	7,9093	2,215	10,00	2,034	0,1808	0,0816	0,1239	0,2256
	R2	7,9092	2,215	10,60	2,156	0,0588	0,0265	0,0403	
	R3	7,9295	2,215	7,20	1,464	0,7503	0,3388	0,5127	
C5 Ajo	R1	7,8446	2,215	5,70	1,159	1,0554	0,4765	0,7290	0,2654
	R2	7,8320	2,215	10,80	2,197	0,0181	0,0082	0,0125	
	R3	7,8499	2,215	10,50	2,136	0,0791	0,0357	0,0546	
C6 Papa	R1	7,6830	2,215	10,30	2,095	0,1198	0,0541	0,0845	0,1228
	R2	7,7046	2,215	10,70	2,176	0,0384	0,0173	0,0270	
	R3	7,6721	2,215	9,10	1,851	0,3639	0,1643	0,2570	
C7 Haba	R1	8,2698	2,215	10,70	2,176	0,0384	0,0173	0,0252	0,0609
	R2	8,2238	2,215	10,00	2,034	0,1808	0,0816	0,1191	
	R3	8,2809	2,215	10,60	2,156	0,0588	0,0265	0,0384	
C8 Papa	R1	8,3863	2,215	10,40	2,115	0,0994	0,0449	0,0642	0,0687
	R2	8,3761	2,215	10,60	2,156	0,0588	0,0265	0,0380	
	R3	8,3773	2,215	10,10	2,054	0,1605	0,0724	0,1038	
C9 Ajo	R1	8,6178	2,215	10,70	2,176	0,0384	0,0173	0,0242	0,0668
	R2	8,6149	2,215	10,80	2,197	0,0181	0,0082	0,0114	
	R3	8,6153	2,215	9,60	1,953	0,2622	0,1184	0,1649	

C1 punto de muestreo número uno en suelo de Cultivo  
R1 número de repetición

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

Al igual que con el páramo, se deseaba determinar si existen diferencias significativas de la respiración con relación a las alturas de procedencia del suelo, por lo que se realizó una prueba de ANOVA

**Tabla 6-3:** ANOVA de respiración edáfica respecto a alturas en cultivos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,039	3	0,013	5,123	0,043
Intra-grupos	0,015	6	0,003		
Total	0,055	9			

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

### Planteamiento de la hipótesis

$H_0$ = No existen diferencias significativas en la respiración por efecto de puntos de muestreo de cultivos  $p \geq 0,05$

$H_1$ = Existen diferencias significativas en la respiración por efecto de puntos de muestreo de cultivos  $p < 0,05$

### Decisión:

Como  $p < 0,05$  ( $p=0,043$ ) se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas mediante un estadístico de Levene para aceptar o rechazar la hipótesis nula.

**Tabla 7-3:** Estadístico de Levene para datos de cultivos

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,096	3	6	0,202

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

Al contraste de Levene, nos muestra que no existe homogeneidad en los datos (sig. 0,202), por lo que finalmente, se decidió aceptar la hipótesis nula, estableciendo que estadísticamente no existieron diferencias significativas de la respiración con respecto a la ubicación de los puntos de muestreo en cultivos. Sin embargo, existe ligeramente una reducción de los valores de respiración en los puntos más altos de cultivos dentro del rango de alturas de 3600 – 3800 m s. n. m. y 3800 – 4000 m s. n. m.

Es así que las muestras compuestas de cultivos a alturas de 3600 – 3800 (m s. n. m.) con el punto C9 de plantaciones de ajo y a 3800 – 4000 (m s. n. m.) con el punto C7 de plantaciones de haba, presentaron valores de respiración 0,0668 C-CO<sub>2</sub> mg/g y 0,0609 C-CO<sub>2</sub> mg/g, respectivamente, mismos que fueron pequeños con respecto al resto de puntos. Por el contrario, los puntos C5 (ajo), C4 (papa) y C2 (haba), con valores de respiración 0.2654 CO<sub>2</sub> mg/g, 0.2256 CO<sub>2</sub> mg/g, 0.1628 CO<sub>2</sub> mg/g respectivamente, fueron los más altos en cuanto a cultivos y se presentaron a alturas de 3200 – 3400 (m s. n. m.) y 3400 – 3600 (m s. n. m.).

El comportamiento de la respiración edáfica en estos suelos presenta cierta similitud a la situación del páramo donde la respiración del suelo sufre una reducción a medida que se aumenta la altitud, de acuerdo a (Peña et. al., 2016), explica la diferencia entre valores de respiración en cultivos debido a los sistemas de manejos agronómico; donde identifica dos períodos de comportamiento; por alguna práctica de labranza (aumento), utilización de arado con discos (estabilización); del mismo modo la labranza intensiva en cultivos de ciclo corto acelera el proceso de degradación física, química y biológica del suelo, reduciendo el stock de carbono debido a la pérdida de suelo causada por los diferentes tipos de erosión y oxidación (mineralización); además después del descanso del cultivo, muchas de las plantas nativas de páramo, no pueden volver a colonizar, ya que las condiciones del suelo han cambiado mucho.

### 3.4.3 Plantaciones

En la Tabla 8-3 se presentan los resultados de la respiración edáfica en plantaciones que se encuentran a una altura de 3600 a 3800 m s. n. m.

**Tabla 8-3:** Resultado de respiración edáfica en plantaciones

Código	SET	Peso suelo seco (g)	Mmol NaOH iniciales	Vol. HCl gastado (ml)	mmol HCl consumido	mmol NaOH reaccionado CO2	Mmol CO2 producido	Masa de C- CO2 (mg/g)	$\bar{X}$ C- CO2 (mg/g)
Pt1	R1	9,0132	2,217	10,80	2,197	0,0203	0,0092	0,0122	0,0734
	R2	8,9680	2,217	10,60	2,156	0,0610	0,0275	0,0368	
	R3	9,0126	2,217	9,50	1,932	0,2848	0,1284	0,1710	

Pt1 punto de muestreo número uno en suelo de plantación  
R1 numero de repetición

**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

En cuanto a plantaciones, se obtuvo una respiración edáfica de 0,0734 C-CO<sub>2</sub> mg/g, siendo esta la más baja en los usos de suelo estudiados, las muestras se tomaron en un área de plantaciones forestales de pino a una altura de 3600 – 3800 m s. n. m. Característicamente los pinos junto con eucaliptos, fueron introducidos en los ecosistemas de páramos como una alternativa de forestación y reforestación de bosques, ya que tienen un mayor crecimiento que especies nativas, llevando a una disminución de la cobertura natural en el páramo, y una rápida reproducción de las especies forestales. Para (Vargas y Velasco, 2011. p:82) las plantaciones de pino producen alteraciones en el ecosistema introducido, sus hojarascas (acículas) inmovilizan los nutrientes del suelo provocando indisponibilidad de estos para las plantas nativas, provocando infertilidad del suelo, además que estas no se descomponen fácilmente y no aporta de materia orgánica al suelo;

las raíces del pino producen una resina que acidifica el suelo; los pinos producen alteraciones del régimen hidrológico, conllevando a suelos secos. Todos estos factores mencionados por los autores explicarían la baja actividad microbiana en este uso de suelo.

### 3.4.4 Pastizales

En la Tabla 9-3 se presentan los resultados de la respiración edáfica en pastizales que se encuentran a una altura de 3200 a 4200 m s. n. m.

**Tabla 9-3:** Resultados de respiración edáfica en pastizales

Código	SET	Peso suelo seco (g)	Mmol NaOH iniciales	Vol. HCl gastado (ml)	mmol HCl consumido	mmol NaOH reaccionado CO <sub>2</sub>	Mmol CO <sub>2</sub> producido	Masa de C-CO <sub>2</sub> (mg/g)	$\bar{X}$ C-CO <sub>2</sub> (mg/g)
<b>Pz1</b>	R1	7,2758	2,153	6,00	1,220	0,9331	0,4333	0,7146	0,3199
	R2	7,2942	2,153	10,10	2,054	0,0992	0,0460	0,0758	
	R3	7,2763	2,153	9,50	1,932	0,2212	0,1027	0,1694	
<b>Pz2</b>	R1	7,4974	2,153	10,10	2,054	0,0992	0,0460	0,0737	0,1140
	R2	7,4970	2,153	9,70	1,973	0,1805	0,0838	0,1342	
	R3	7,4960	2,153	9,70	1,973	0,1805	0,0838	0,1342	
<b>Pz3</b>	R1	7,5117	2,153	6,70	1,363	0,7907	0,3672	0,5866	0,3000
	R2	7,5024	2,153	9,70	1,973	0,1805	0,0838	0,1341	
	R3	7,5083	2,153	9,40	1,912	0,2415	0,1122	0,1793	
<b>Pz4</b>	R1	8,1515	2,153	7,80	1,587	0,5670	0,2633	0,3876	0,1869
	R2	8,1347	2,153	10,10	2,054	0,0992	0,0460	0,0679	
	R3	8,4835	2,153	9,80	1,993	0,1602	0,0744	0,1052	
<b>Pz5</b>	R1	7,1676	2,153	8,90	1,810	0,3432	0,1594	0,2668	<b>0,5925</b>
	R2	7,1797	2,153	5,00	1,017	1,1365	0,5277	0,8821	
	R3	7,1915	2,153	6,60	1,342	0,8111	0,3766	0,6285	
<b>Pz6</b>	R1	8,7283	2,153	9,20	1,871	0,2822	0,1311	0,1802	0,1150
	R2	8,7467	2,153	10,20	2,075	0,0788	0,0366	0,0502	
	R3	8,7869	2,153	9,70	1,973	0,1805	0,0838	0,1145	
<b>Pz7</b>	R1	7,1479	2,153	9,50	1,932	0,2212	0,1027	0,1724	0,1090
	R2	7,1437	2,153	10,10	2,054	0,0992	0,0460	0,0773	
	R3	7,1500	2,153	10,10	2,054	0,0992	0,0460	0,0773	
<b>Pz8</b>	R1	9,3624	2,153	8,80	1,790	0,3636	0,1688	0,2164	0,0873
	R2	9,3722	2,153	10,40	2,115	0,0381	0,0177	0,0227	
	R3	9,3552	2,153	10,40	2,115	0,0381	0,0177	0,0227	

Pz1 punto de muestreo número uno en suelo de pastizales  
R1 número de repetición

**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

La cantidad de CO<sub>2</sub> desprendido en suelos de pastizales fue como máximo 0,5925 C-CO<sub>2</sub> (mg/g) de 3600-3800 m s. n. m. y un mínimo de 0,873 C-CO<sub>2</sub> (mg/g) a una altura de 4000-4200 m s. n. m.

Se realizó una prueba de ANOVA para establecer si existen diferencias entre las alturas en este uso de suelo y la respiración.

**Tabla 10-3:** ANOVA de respiración edáfica respecto a alturas en pastizales

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,091	4	0,023	0,263	0,892
Intra-grupos	0,518	6	0,086		
Total	0,609	10			

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

### Planteamiento de la hipótesis

**H<sub>0</sub>**= No existen diferencias significativas en la respiración por efecto de puntos de muestreo de pastizales  $p \geq 0,05$

**H<sub>1</sub>**= Existen diferencias significativas en la respiración por efecto de puntos de muestreo de pastizales  $p < 0,05$

### Decisión:

Como  $p > 0,05$  ( $p = 0,892$ ) se acepta la hipótesis nula, por tanto, no existió una diferencia significativa en las medias de respiración de pastizales con respecto a la altura de muestreo.

Este hecho puede corresponder a las tendencias actuales de manejo de estos suelos, la fuente y los aportes en la estructura que de este suelo en particular son semejantes, por lo que en gran parte se esperaba una igualdad en los valores de respiración, y aunque estadísticamente se acepta la hipótesis nula, al observar el punto más alto de muestreo se observó una disminución en la respiración en comparación con el resto, no necesariamente por la altura pero al estar cerca de una zona alto andina y de páramo de arenal posiblemente las condiciones de este influye en las características del suelo y cantidad de materia orgánica disponible. Lo cual puede explicarse con el análisis de materia orgánica que en este punto en especial fue muy baja. Al considerar cada uso de suelo individualmente se observó en algunos casos diferencias de valores de respiración con respecto a las alturas de muestreo

Una vez obtenido todos los valores de respiración edáfica en distintos usos de suelo y analizados individualmente, se realizó una prueba de ANOVA de un factor, esta vez con el fin de evaluar las diferencias significativas entre usos de suelo. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 11-3 como resultados de esta prueba.

**Tabla 11-3:** Tabla descriptiva prueba ANOVA - Usos de suelo MRCH

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Páramo	17	0,255559	,2613713	,0633919	0,121174	0,389944	0,0608	1,0193
Cultivo	9	0,139244	0,0786286	0,0262095	0,078805	0,199684	0,0609	0,2654
Pastizal	8	0,228075	0,1723375	0,0609305	0,083997	0,372153	0,0873	0,5925
Plantación	1	0,114200	.	.	.	.	0,1142	0,1142
Total	35	0,215329	0,2059084	0,0348049	0,144597	0,286061	0,0608	1,0193

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

**Tabla 12-3:** ANOVA de Respiración Edáfica en relación a los usos de suelo de la MRCH

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,091	3	0,030	0,697	0,561
Intra-grupos	1,350	31	0,044		
Total	1,442	34			

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

### Planteamiento de la hipótesis

**H<sub>0</sub>:** No existe diferencias significativas en la respiración edáfica con respecto a los usos de suelo  $p \geq 0,05$

**H<sub>i</sub>:** Existe diferencias significativas en la respiración edáfica con respecto a los usos de suelo  $p < 0,05$

### Decisión

Como  $p > 0,05$  ( $p=0,561$ ) se acepta la hipótesis nula, por tanto, no hubo diferencias significativas entre las medias de la respiración edáfica con respecto a los usos de suelo de la MRCH.

Estadísticamente se acepta la hipótesis nula, y puede atribuirse a que según Guerrero (2012) si bien los suelos de páramo en estado natural, sin intervención de esta zona 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 de pino 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 de pastizales y cultivos. La falta de ello puede observarse en la compactación de suelos debido a que pierden su capacidad de retención de humedad, los sitios 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.

### **3.5 Relaciones entre parámetros estudiados.**

En base a los valores recopilados durante el estudio tanto de respiración edáfica, como los parámetros fisicoquímicos, se decidió realizar pruebas de correlación entre la respiración de cada uso de suelo y los parámetros estudiando, aplicando una prueba de correlación de Pearson (bilateral), con ello se trató de valorar la asociación entre las variables cuantitativas. El coeficiente de correlación va entre  $-1$  y  $+1$  encontrándose en medio el valor  $0$ , lo cual indica que no existe una asociación lineal entre las variables de estudio. Un coeficiente de correlación bajo no necesariamente indica que no exista una relación, ya que pueden expresar que existen una relación no lineal. Los métodos no paramétricos (Pearson) estarían mejor utilizados en este caso para mostrar si las variables tienden a elevarse conjuntamente o a moverse en direcciones diferentes. El coeficiente de correlación ( $R$ ) nos 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.



**Tabla 13-3:** Resultados de respiración y parámetros químicos de estudio de cada uso de suelo.

Altura m s. n. m.	Punto de muestreo	Masa de C- CO <sub>2</sub> / masa suelo seco (mg/g)	pH	CE (uS/cm)	T° (°C)	% H	%MO	%Nt
<b>Páramo</b>								
4400 - 4600	P1	0,061	6,36	37,63	21,5	38,09	7,88	0,21
3600 - 3800	P2	0,539	5,70	15,15	20,6	33,95	7,34	0,23
3800 - 4000	P3	0,321	6,35	47,43	21,5	38,56	7,32	0,24
3600 - 3800	P4	0,634	5,21	16,00	20,9	26,38	7,30	0,22
3600 - 3800	P5	1,019	6,30	88,20	17,7	35,45	11,49	0,37
4000 - 4200	P6	0,091	6,08	82,33	17,7	37,73	8,81	0,24
4000 - 4200	P7	0,124	6,18	79,57	17,8	39,40	7,60	0,22
3800 - 4000	P8	0,443	6,30	97,17	18,7	50,22	11,63	0,36
4000 - 4200	P9	0,103	6,53	37,73	18,5	38,62	7,54	0,23
4200 - 4400	P10	0,085	5,45	14,88	17,3	43,78	8,26	0,26
4000 - 4200	P11	0,125	6,35	47,53	17,8	35,28	7,40	0,22
4200 - 4400	P12	0,074	5,21	16,09	18,4	34,33	7,37	0,25
3800 - 4000	P13	0,147	6,25	79,20	18,6	41,48	9,17	0,31
4000 - 4200	P14	0,119	6,28	64,40	17,5	28,45	7,16	0,26
3800 - 4000	P15	0,155	6,09	83,30	17,7	49,80	11,25	0,32
3800 - 4000	P16	0,157	6,52	88,83	17,8	40,87	7,82	0,26
3800 - 4000	P17	0,147	5,77	46,90	18,2	36,63	7,40	0,24
<b>Cultivos</b>								
3200 - 3400	C1	0,114	6,76	308,00	18,6	31,79	7,90	0,30
3200 - 3400	C2	0,163	6,62	153,97	18,6	18,14	5,45	0,17
3400 - 3600	C3	0,207	6,46	130,20	18,6	18,47	5,54	0,15
3400 - 3600	C4	0,226	6,36	118,70	18,7	26,61	6,10	0,20
3400 - 3600	C5	0,265	6,30	148,60	19,4	27,75	6,92	0,25
3400 - 3600	C6	0,123	6,41	119,03	19,4	30,76	7,44	0,24
3600 - 3800	C7	0,061	5,76	217,33	19,7	21,64	7,85	0,28
3600 - 3800	C8	0,069	5,90	118,93	19,5	19,42	7,70	0,28
3800 - 4000	C9	0,067	5,92	134,10	19,9	16,13	8,28	0,29
<b>Plantaciones</b>								
3600 - 3800	Pt1	0,073	5,85	124,17	19,8	11,64	8,48	0,25
<b>Pastizales</b>								
3200 - 3400	Pz1	0,320	6,32	72,27	20,4	37,66	10,29	0,47
3400 - 3600	Pz2	0,114	5,91	79,27	20,6	33,46	8,91	0,33
3400 - 3600	Pz3	0,300	6,83	263,00	19,2	33,63	6,85	0,26
3400 - 3600	Pz4	0,187	5,60	96,93	20,4	23,05	11,55	0,48
3600 - 3800	Pz5	0,593	5,68	153,20	20,6	39,68	10,40	0,40
3600 - 3800	Pz6	0,115	5,79	42,43	20,4	14,66	10,68	0,41
3800 - 4000	Pz7	0,109	5,66	138,50	20,4	40,11	13,76	0,77
4000 - 4200	Pz8	0,087	5,82	36,47	20,6	6,91	5,15	0,20

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

### 3.5.1 Relaciones entre valores de respiración y parámetros estudiados en páramo.

Para determinar relaciones entre respiración edáfica y los parámetros estudiados, se efectuó una prueba de correlación de Pearson bilateral,

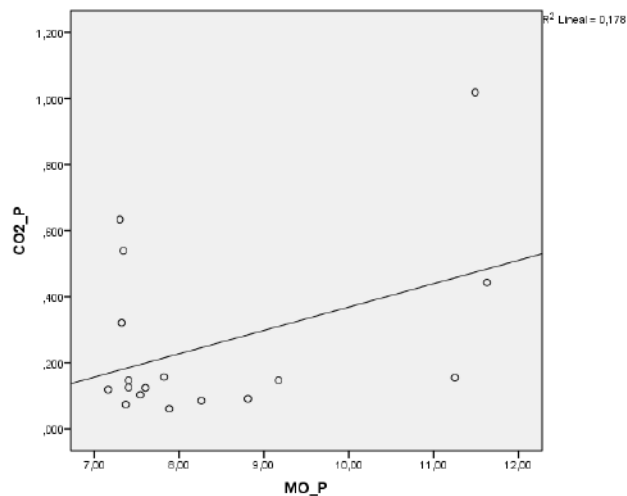
**Tabla 14-3:** Análisis de correlación de respiración edáfica y parámetros estudiados en páramo.

Parámetros	Coefficientes de correlación (R <sup>2</sup> )	Significancia
Temperatura	0,230	0,374
pH	-0,096	0,713
Conductividad Eléctrica	0,087	0,741
Humedad	-0,223	0,391
Materia Orgánica	0,422	0,092
Nitrógeno total	0,479	0,052

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).  
\* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

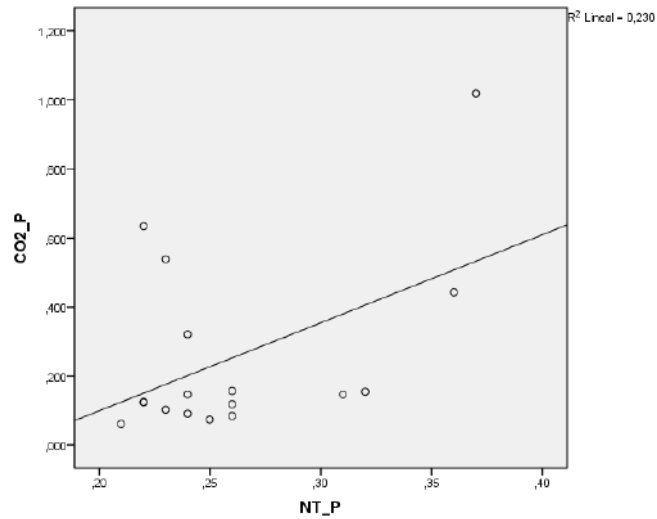
Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

Se mostró que existe una correlación baja pero positiva entre la respiración del suelo y los parámetros de materia orgánica y nitrógeno total, con un coeficiente de correlación de 0,422 y 0,479 respectivamente, de manera que las dos variables tienen una relación directamente proporcional con la respiración edáfica, por el contrario, se mostró una correlación nula de -0,096 entre el pH y la Rs, lo mismo ocurre con la humedad. La CE 0,087 tuvo una correlación baja pero positiva en dicha influencia.

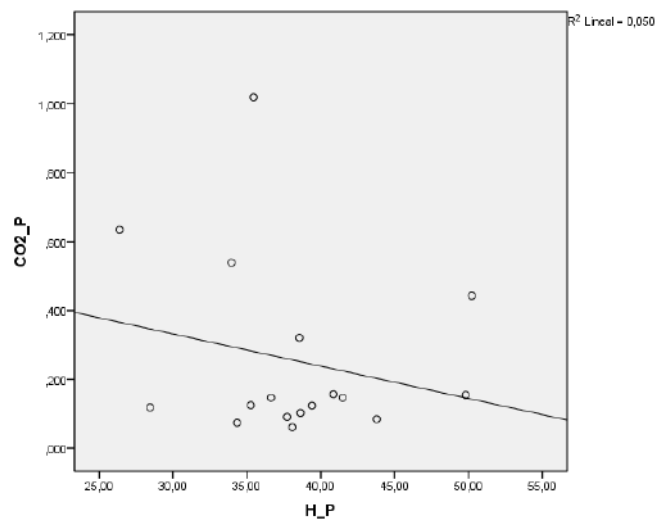


**Gráfico 1-3:** Relación entre la respiración edáfica y la materia orgánica

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019



**Gráfico 2-3:** Relación entre la respiración edáfica y nitrógeno total  
**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019



**Gráfico 3-3:** Relación entre la respiración edáfica y humedad  
**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

### 3.5.2 Relaciones entre valores de respiración y parámetros estudiados en cultivos.

En cuanto a cultivos por medio de la prueba de correlación de Pearson bilateral, se pudo determinar relaciones entre respiración edáfica y los parámetros estudiados, la cual se muestra en la siguiente tabla:

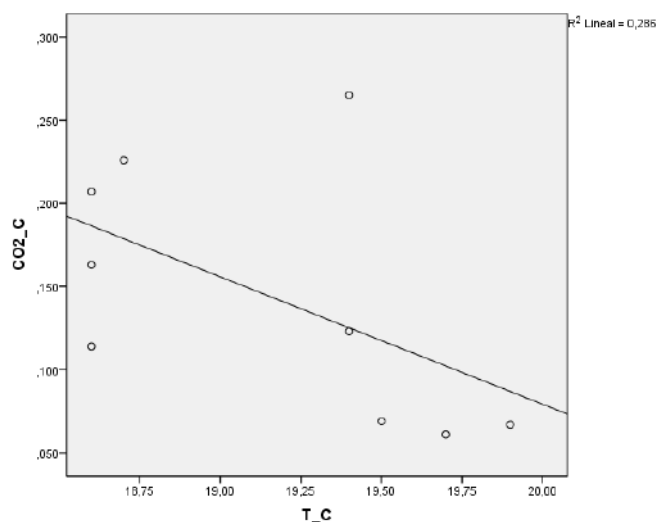
**Tabla 15-3:** Análisis de correlación de respiración edáfica y parámetros estudiados en cultivos.

Parámetros	Coefficientes de correlación (R <sup>2</sup> )	Significancia
Temperatura	-0,535	0,138
pH	0,526	0,146
Conductividad Eléctrica	-0,263	0,495
Humedad	0,275	0,474
Materia Orgánica	-0,715*	0,030
Nitrógeno total	-0,637	0,065

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).  
 \* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

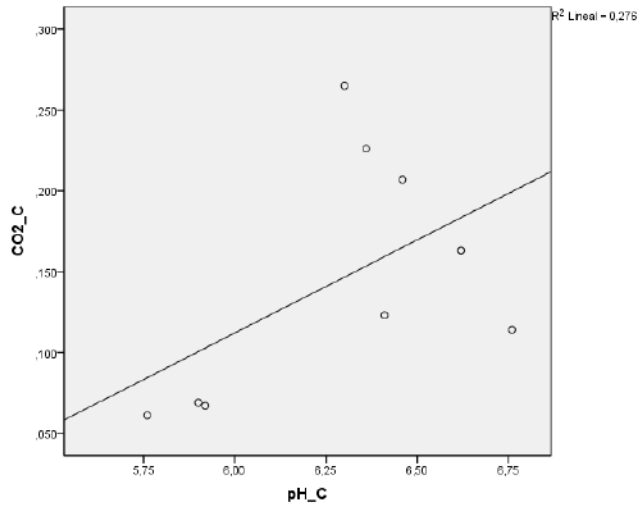
**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

Se muestra relación entre temperatura y pH, con coeficientes de -0,535 y 0,526 respectivamente, y una significancia de 0,138 para temperatura y 0,146 para pH, y se mostró también una alta correlación entre la respiración edáfica y materia orgánica y nitrógeno total, con un coeficiente de -0,715 para materia orgánica siendo la más alta y significativa a nivel 0,001, y para nitrógeno de -0,637 con una significancia de 0,065; por el contrario se mostró una baja correlación con conductividad eléctrica y humedad del suelo.

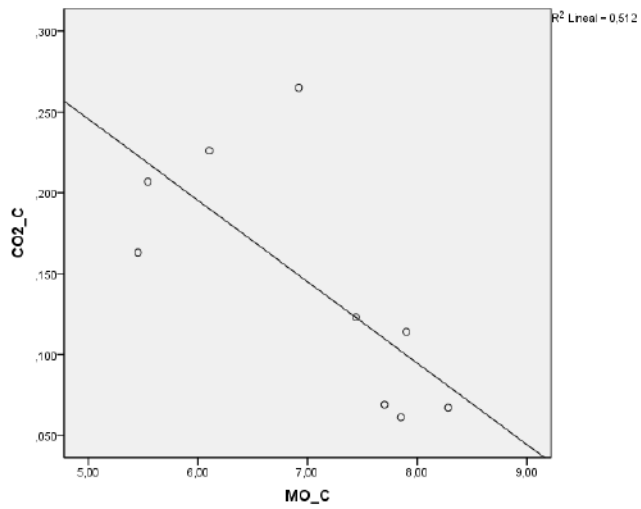


**Gráfico 4-3:** Relación entre respiración edáfica y temperatura

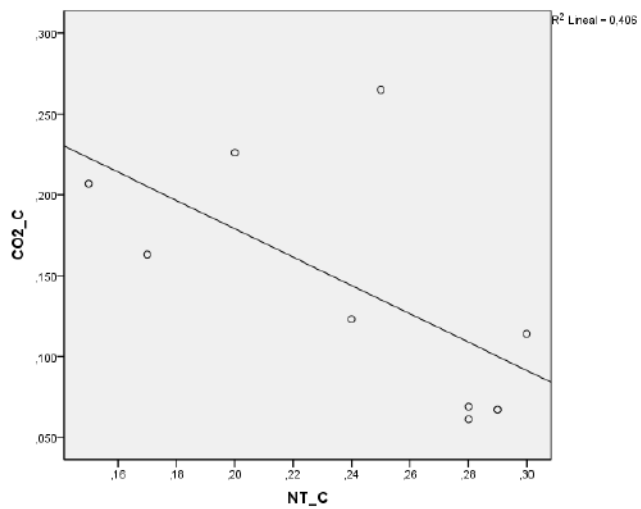
**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019



**Gráfico 5-3:** Relación entre respiración edáfica y Ph  
**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019



**Gráfico 6-3:** Relación entre respiración edáfica y materia orgánica  
**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019



**Gráfico 7-3:** Relación entre respiración edáfica y nitrógeno total  
**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

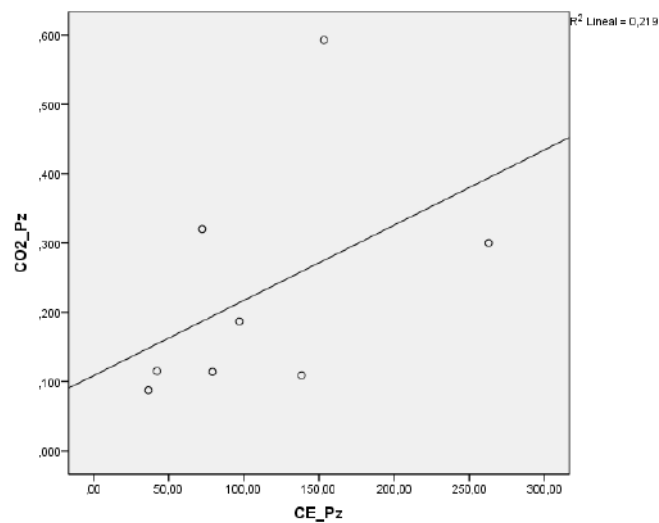
### 3.5.3 Relaciones entre valores de respiración y parámetros estudiados en pastizales.

En el caso de pastizales, se realizó una prueba de correlación de Pearson bilateral, misma que mostraron que la respiración edáfica tiene una correlación moderada con los parámetros de conductividad eléctrica y humedad, mismas que presentaron un coeficiente de correlación de 0,468 y 0,544, además que mostraron una significancia de 0,242 y 0,163 respectivamente. Por otro lado, la respiración edáfica en pastizales no guarda relación con los parámetros de materia orgánica y nitrógeno total, ya que dan valores de coeficiente de 0,050 y -0,076 respectivamente.

**Tabla 16-3:** Análisis de correlación de respiración edáfica y parámetros estudiados en pastizales.

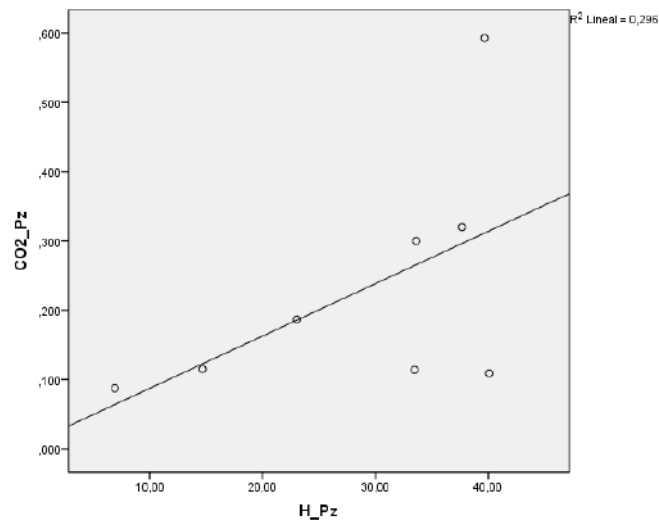
Parámetros	Coefficientes de correlación (R <sup>2</sup> )	Significancia
Temperatura	-0,115	0,787
pH	0,175	0,678
Conductividad Eléctrica	0,468	0,242
Humedad	0,544	0,163
Materia Orgánica	0,050	0,906
Nitrógeno total	-0,076	0,857
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).		
* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).		

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019



**Gráfico 8-3:** Relación entre respiración edáfica y conductividad eléctrica

Realizado por: Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019



**Gráfico 9-3:** Relación entre respiración edáfica y humedad  
**Realizado por:** Paola Paucar y Juan Velastegui, 2019

Después de aplicar la prueba de Pearson para determinar la correlación de la respiración edáfica con los parámetros de estudio para cada uso de suelo, se logró establecer que en los distintos usos de suelo de la microcuenca se guarda relación moderada proporcional (0,544) con la humedad como el caso de pastizales, baja, pero positiva en esa influencia (0,275) como es el caso de cultivos y baja e inversamente proporcional como es el caso en páramo, al contrario de (Yáñez, et. al. 2017) donde determinó que la humedad es la variable que más guarda relación con el flujo de  $\text{CO}_2$ , donde guarda una relación lineal ya que a un contenido mayor de humedad existe un aumento en la respiración edáfica, dando respuesta a la actividad microbiana en el suelo.

Igualmente (Srivastava et al., 2012; citados en Yáñez, et. al., 2017) ponen en evidencia que los factores que mayor influencia tienen en las emisiones de  $\text{CO}_2$  son la humedad y temperatura del suelo, muy por el contrario de nuestro estudio, donde la temperatura presenta una baja relación (0,230) positiva en páramo, inversamente proporcional (-0,535) en cultivos, y una baja relación inversa (-0,115) en pastizales, por otro lado (Yañéz, et. al. 2017) observó que la temperatura no se correlacionó con la respiración edáfica en sistemas de pastizales y agrícolas, debido a que la cobertura vegetal condiciona el microclima, manteniendo así la humedad en el suelo

En cuanto a pH (Amado, 2009; citado por Ochoa y Urroz, 2011) encontró que el pH del suelo no se correlacionó significativamente con la mineralización de carbono, refiriéndose a la respiración basal, explicando que existen microorganismo que se adaptan al pH del suelo, por lo que no se puede asegurar que a un determinado pH exista menor o mayor actividad microbiana. Contrastando en nuestro estudio donde el pH únicamente conserva una moderada relación en cultivos (0,526), es nula en páramos (-0,096) y una baja relación en pastizales (0,175). Para la

materia orgánica, nuestro estudio arrojó que no presenta una relación significativa (0,050) en pastizales, una buena relación proporcionalmente inversa (-0,715) en cultivos, y moderada (0,422) en páramo, (Vásquez et al. 2013; citados en Yáñez et. al. 2017) señalan que bajos contenidos de materia orgánica reflejan una disminuida actividad microbiana y esto se traduce a una menor emisión de CO<sub>2</sub>.



## CONCLUSIONES

- Se identificó los diferentes usos de suelo de la Microcuenca del Río Chimborazo, mediante herramientas cartográficas, obteniendo las siguientes superficies: 4309.9 ha de Páramo (P), 2384.5 ha de Cultivos (C), 2158 ha de Pastizales (Pz), y 167.6 ha de Plantaciones Forestales (Pt), a partir de las cuales se determinó el tamaño de la muestra, y los puntos de muestreo correspondientes a cada uso del suelo de la MRCH.
- Durante la época húmeda, el suelo de páramo presentó valores máximos de respiración edáfica (1,0193 C-CO<sub>2</sub> mg/g suelo) como medida indirecta de la actividad microbiana, seguido por suelo de pastizales (0,5925 C-CO<sub>2</sub> mg/g), cultivo (0,2654 C-CO<sub>2</sub> mg/g suelo) y plantaciones (0,1142 C-CO<sub>2</sub> mg/g suelo), Los valores mínimos registrados en orden ascendente fueron cultivos (0,0609 C-CO<sub>2</sub> mg/g suelo), páramo (0,0608 C-CO<sub>2</sub> mg/g suelo) y pastizales (0,0873 C-CO<sub>2</sub> mg/g suelo).
- Utilizando un análisis unifactorial ANOVA y test de Tukey se encontraron diferencias significativas entre la respiración edáfica y la altura de procedencia de las muestras en suelos de páramo, los valores máximos de respiración (1,0193 C-CO<sub>2</sub> mg/g suelo) se registraron a una altura de 3600 – 3800 m s. n. m. para el resto de usos no se encontró significancias a diferente altura. Estadísticamente no existieron diferencias significativas entre los usos de suelo y la respiración, pese a ello se mostró una actividad microbiana mayor en páramo y se registró valores óptimos de humedad (35,45%) y materia orgánica (11,49%) considerando que este es un sistema no intervenido, a diferencia del suelo de plantaciones donde se demostró incidencia de pino en el páramo, donde se registró una humedad del 6,91% y materia orgánica del 5,15% que se tradujo en un descenso de actividad microbiana (0,1142 C-CO<sub>2</sub> mg/g) entre usos de suelo. Estableciendo de este modo que en suelos de páramo se encontró una población microbiana activa la cual suele ser un buen indicador de la fertilidad y salud de un suelo, siendo además sensible a las perturbaciones edáficas como cambio de uso de suelo.
- Se encontró que los factores abióticos que presentaron mejor correlación con la Rs fueron la materia orgánica y nitrógeno en suelos de páramo y cultivos, mientras que la temperatura, pH, conductividad, y porcentaje de humedad solo presentaron correlación moderada y débil en estos usos suelos, no así en pastizales donde la conductividad y el porcentaje de humedad obtuvieron una correlación moderadamente fuerte con la Rs, concluyendo de este modo que los factores abióticos de estudio condicionan la Rs de manera diferente en cada uso de suelo, ocasionado por las distintas condiciones y actividades que en estas se realizan.

## RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de respiración edáfica durante la estación seca del año con el fin de evaluar la influencia de las variaciones estacionales sobre esta, además de ampliar los períodos de medición de respiración edáfica o desprendimiento de CO<sub>2</sub> con el objetivo de conocer a fondo las variaciones a largo plazo de las emisiones.
- Estudiar la microbiota del suelo de la Microcuenca del Río Chimborazo
- Continuar con estudios de respiración edáfica en zonas estratégicas de la región andina de la provincia de Chimborazo, con la finalidad de conocer la situación actual de la actividad microbiana en estos ecosistemas.
- Dado que este estudio se encuentra dentro del proyecto del Grupo de Investigación de Cambio Climático, es recomendable analizar los resultados obtenidos de esta investigación con datos obtenidos de investigaciones de carbono, con el fin de establecer si el suelo de la MCRCH se comporta como fuente o sumidero de carbono, dicho estudio mejorará la comprensión sobre el ciclo del carbono, ya que se trata de una vía importante por la cual el carbono fluye desde los ecosistemas terrestres a la atmósfera.
- 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.

## BIBLIOGRAFIA

**Admin,** Evento de cierre del proyecto de manejo de recursos naturales. *Los Andes* [en línea]. 2018.://diariolosandes.com.ec/evento-de-cierre-del-proyecto-de-manejo-de-recursos-naturales/.

**Álvarez Solís, J.D. Y Anzueto Martínez, M. De J.,** Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. [en línea]. *ResearchGate*, 2003. vol. 1, no. 38, pp. 13-22. [Consulta: 18 enero 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/28134252\\_Actividad\\_microbiana\\_del\\_suelo\\_bajo\\_diferentes\\_sistemas\\_de\\_produccion\\_de\\_maiz\\_en\\_los\\_altos\\_de\\_chiapas\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/28134252_Actividad_microbiana_del_suelo_bajo_diferentes_sistemas_de_produccion_de_maiz_en_los_altos_de_chiapas_Mexico)

**Bautista Cruz, A., et al.** La calidad del suelo y sus indicadores. *Asociación Española de Ecología Terrestre*, [en línea]. vol. 2, no. 13, pp. 90-97. [Consulta: 18 enero 2019]. ISSN 1697-2473. Disponible en: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8708/1/ECO\\_13\(2\)\\_15.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8708/1/ECO_13(2)_15.pdf)

**Camargo García, J.C., et al.** Cambios en las propiedades del suelo, posteriores a un incendio en el Parque Nacional Natural de Los Nevados, Colombia. *Acta Agronómica*, [en línea]. 2012.vol. 61, no. 2, pp. 151-165. [Consulta: 18 enero 2019]. ISSN 2323-0118. Disponible en: [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/35618](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/35618)

**Campo Rodrigo, M.** Caracterización edáfica de diferentes elementos de infraestructura verde en el distrito de Benicalap (Valencia). *Ingeniería del agua*, [en línea]. 2018. vol. 18, no. 1, pp. 1-72. [Consulta: 18 enero 2019]. ISSN 1886-4996, 1134-2196. DOI 10.4995/ia.2014.3293. Disponible en: <http://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/3293>

**Campos Gómez, I.** *Saneamiento Ambiental* [en línea]. San José, Costa Rica: EUNED. 2003. [Consulta: 18 enero 2019]. ISBN 978-9968-31-069-7. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=lsgrGBGIGeMCyprintsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_rycad=0#v=onepage&qyf=false](https://books.google.com.ec/books?id=lsgrGBGIGeMCyprintsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_rycad=0#v=onepage&qyf=false).

**Centro De Estudios La Gestión Pública – CEGESPU** *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial* [en línea]. 2019 2015. S.l.: s.n. [Consulta: 18 enero 2019]. Disponible en: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0660823500001\\_ACTUALIZACI%C3%92N%20PDYOT%20SAN%20JUAN%202015-2019\\_30-10-2015\\_22-28-53.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660823500001_ACTUALIZACI%C3%92N%20PDYOT%20SAN%20JUAN%202015-2019_30-10-2015_22-28-53.pdf).

**Chagñay Lema, V.E. Y Ricaurte Pulgar, P.R.** *Plan De protección de las microcuencas maguazo y bocatomas como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba.* [en línea]. Riobamba-Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Ambiental. 2018. [Consulta: 2 noviembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4607/1/UNACH-EC-ING-AMB-2018-0005.pdf>.

**Covaleda, S., et al.** Flujos de CO<sub>2</sub>, Edáfico en un transepto de bosques de Pino-Encino afectados por actividad antrópica en la microcuenca de Atécuro. *1* [en línea], 2009. [Consulta: 2 noviembre 2018]. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/35560/1/EmisionesG2009123.pdf>.

**Cunalata Rugel, C.G. Y Inga Córdor, C.P.** *Cuantificación de Carbono Total Almacenado En Suelos De Páramos En Las Comunidades Shobol-Chimborazo, San Juan Chimborazo* [en línea]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias - Escuela de Ciencias Químicas. 2012. [Consulta: 2 noviembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2012/1/236T0065.pdf>.

**De La Cruz R., R., et al.** *Gente y ambiente de páramo: realidades y perspectivas en el Ecuador* [en línea]. 1. Quito, Ecuador: EcoCiencia, Proyecto Páramo Andino: Abya-Yala : Condesa : GEF : PNUMA. 2009. [Consulta: 2 noviembre 2018]. ISBN 978-9978-22-823-4. Disponible en: <http://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=49240>. QH123 G46 2009

**Di Ciocco, C.A., et al.** Actividad microbiológica de un suelo sometido a distintos usos y su relación con variables físico- químicas. [en línea]. 2013. [Consulta: 2 noviembre 2018]. Disponible en: [http://revista.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com\\_contentyview=articleid=259:actividad-microbiologica-de-un-suelo-sometido-a-distintos-usos-y-su-relacion-con-variables-fisico-quimicasycatid=17:en-prensayItemid=18](http://revista.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com_contentyview=articleid=259:actividad-microbiologica-de-un-suelo-sometido-a-distintos-usos-y-su-relacion-con-variables-fisico-quimicasycatid=17:en-prensayItemid=18).

**Diario Regional Los Andes.** *Evento de cierre del proyecto de manejo de recursos naturales.* [en línea]. Riobamba-Ecuador: s.n. 2018 [Consulta: 9 diciembre 2018]. Proyecto de Manejo de los Recursos Naturales (PROMAREN). Disponible en: <https://diariolosandes.com.ec/evento-de-cierre-del-proyecto-de-manejo-de-recursos-naturales/>.

**Fernández, R., et al.** *Evaluación de indicadores biológicos en suelos de la región semiárida pampeana central.* [en línea]. Argentina: s.n. 2017. [Consulta: 9 diciembre 2018]. Disponible en: [digital.bl.fcen.uba.ar/download/ecologiaaustral/ecologiaaustral\\_v028\\_n01\\_p145.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/download/ecologiaaustral/ecologiaaustral_v028_n01_p145.pdf).

**González Ponce, J.J.** *Evaluación de tres sistemas silbo pastoriles para la gestión sostenible de los recursos naturales de la microcuenca del Río Chimborazo* [en línea]. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales - Escuela de Ingeniería Agronómica. 2009. [Consulta: 17 noviembre 2018]. Disponible en: <https://docplayer.es/31415335-Evaluacion-de-tres-sistemas-silvopastoriles-para-la-gestion-sostenible-de-los-recursos-naturales-de-la-microcuenca-del-rio-chimborazo.html>.

**Guerrero Ortiz, P.L., et al.** Respiración de CO<sub>2</sub> como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de *Lupinus*. *Terra Latinoamericana*, [en línea]. 2012. vol. 30, no. 4, pp. 355-362. [Consulta: 17 noviembre 2018]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57325814007.pdf>

**Gutiñas Rodríguez, M.E.,** *Influencia de la temperatura y de la humedad en la dinámica de la materia orgánica de los suelos de Galicia y su relación con el cambio climático* [en línea]. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela, Facultad de Farmacia - Departamento de Edafología y Química Agrícola. 2009. [Consulta: 17 noviembre 2018]. Disponible en: [https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2624/9788498873245\\_content.pdf?sequence=1](https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2624/9788498873245_content.pdf?sequence=1).

**Haro Olivo, M.F.** *Estudio hidráulico del río chibunga para la determinación de la conductancia entre río-acuífero y zonas de inundación*. [en línea]. Riobamba-Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Ambiental. 2018. [Consulta: 17 noviembre 2018]. Disponible en: <dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4788/1/UNACH-EC-ING-AMB-2018-0007.pdf>.

**Hofstede, R., Segarra, P. Y Mena, P.** Los Páramos del Mundo. [en línea], 2003. [Consulta: 17 noviembre 2018]. ISSN 9978-43-505-0. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2003-081.pdf>.

**Huilcapi López, I.J.** *Previa a la obtención del título de ingeniera en biotecnología ambiental* [en línea]. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias - Escuela de Ciencias Químicas. 2015. [Consulta: 18 noviembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4064/1/236T0126%20UDCTFC.pdf>.

**Instituto Nacional De Estadística Y Geografía,** Diseño de la muestra en proyectos de encuesta. [en línea]. 2011. vol. 1, no. 2, pp. 1-23. [Consulta: 18 noviembre 2018]. ISSN 018001114634. Disponible en:

[https://www.snieg.mx/contenidos/espanol/normatividad/doctos\\_genbasica/muestra\\_encuesta.pdf](https://www.snieg.mx/contenidos/espanol/normatividad/doctos_genbasica/muestra_encuesta.pdf)

**Instituto Para La Innovación Tecnológica En Agricultura-Intagri**, La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos. [en línea]. 2017. [Consulta: 18 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>.

**Jácome, E.A.M., et al.** Metodología para la evaluación del nivel tecnológico del cultivo de Rye grass en los Andes ecuatorianos, microcuenca del río Chimborazo. [en línea]. 2015. vol. 4, pp. 30. [Consulta: 18 noviembre 2018]. ISSN 2007-9990. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5236397>

**Jácome, E.M. Y García, G.T.,** Potencial turístico de la microcuenca del río Chimborazo, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador. [en línea]. 2015. vol. 11, no. 23, pp. 18. [Consulta: 18 noviembre 2018]. ISSN 1857-7881. Disponible en: <https://eujournal.org/index.php/esj/article/viewFile/6088/5865>

**Jumbo Salazar, C.A., et al.** Medición de carbono del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza, Ecuador. *La Granja*. [en línea]. 2017. vol. 27, no. 1, pp. 51-63. [Consulta: 18 noviembre 2018]. ISSN 1390-8596, 1390-3799. DOI 10.17163/lgr.n27.2018.04. Disponible en: <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/27.2018.04>

**Krebs Reginatto, L.** *Respiración del suelo como herramienta para evaluar calidad de fondos en acuicultura. I. Desarrollo de un protocolo estándar para medir dióxido de carbono.* [en línea]. Guayaquil-Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2003. [Consulta: 18 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8666/1/lkrebs.pdf>.

**La Salud Del Suelo**, [sin fecha]. *La salud del suelo actividad microbiana* [en línea]. S.l.: fertilab. [Consulta: 18 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/La-Salud-Del-Suelo-Actividad-Microbiana.pdf>.

**Lizarazo Medina, P.X. Y Gómez-Vasquez, D.** Rizospheric Microbiota of Espeletia spp. from Santa Inés and Frontino-Urrao Paramos in Antioquia, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, [en línea]. 2015. vol. 20, no. 1, pp. 175-182. [Consulta: 18 noviembre 2018]. ISSN 1900-1649. DOI 10.15446/abc.v20n1.42827. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/42827>

**Lloyd, J. Y Taylor, J.A.** On the Temperature Dependence of Soil Respiration. *Functional Ecology*, [en línea]. 1994. vol. 8, no. 3, pp. 315-323. [Consulta: 18 noviembre 2018 ISSN 0269-8463. DOI 10.2307/2389824. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2389824>

**Louis, M., Troeh, Thompson, F.R. Y Tronch, F.** *Los suelos y su fertilidad* [en línea]. España: Editorial REVERTÉ. 2008. [Consulta: 18 noviembre 2018]. ISBN 9788429190011. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/ebook-los-suelos-y-su-fertilidad-ebook/9788429190011/1787087>.

**Mena Vásconez, P., Medina, G. Y Hofstede, R.** *Páramos del Ecuador: particularidades, problemas y perspectivas* [en línea]. Quito - Ecuador: Proyecto Páramo, Quito, EC. 2001. [Consulta: 17 noviembre 2018]. ISBN 978-9978-04-727-9. Disponible en: <https://hdl-bnc-idrc.dspace.direct.org/handle/10625/28875>.

**Ministerio Del Ambiente Del Ecuador** *Manual de campo manglar y moretal*. [en línea]. Quito - Ecuador: s.n. 2012. [Consulta: 18 noviembre 2018]. Disponible en: [https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/21/14042336324420/manual\\_de\\_campo\\_manglar\\_y\\_moretal.pdf](https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/21/14042336324420/manual_de_campo_manglar_y_moretal.pdf).

**Murcia Rodríguez, M.A. Y Ochoa Reyes, M.P.,** Pespiración del suelo en una comunidad sucesional de pastizal del bosque altoandino en la cuenca del río pamplonita, Colombia. *Caldasia*; 2008. Vol. 30, núm. 2 (2008); 337-353 *Caldasia*; Vol. 30, núm. 2 (2008); 337-353 2357-3759 0366-5232, vol. 30, no. 2, pp. 337-353. [Consulta: 17 noviembre 2018]. ISSN 337-353 2357-3759. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/37376/>

**Ochoa Luzuriaga, R.P.,** *Comparación de dos métodos para determinar el carbono de la biomasa microbiana en suelos provenientes del Sur del Ecuador*. [en línea]. Loja - Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja. 2015. [Consulta: 18 noviembre 2018. Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/13350/1/Ochoa%20Luzuriaga%20Rita%20Paulina.pdf>.

**Ojeda Huilca, E.J.,** 2017. *Impacto del cambio de uso en coberturas de bosque a pasto en suelos de la Comunidad de Lluçud provincia Chimborazo* [en línea]. Riobamba-Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. [Consulta: 18 noviembre 2018. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4178/1/UNACH-EC-ING-AMB-2017-0007.pdf>.

**Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura.,** Los suelos ayudan a combatir y adaptarse al cambio climático. [en línea]. *FAO*, 2015. vol. 1, no. 1, pp. 1.

[Consulta: 18 noviembre 2018. Disponible en: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/soils-2015/docs/Fact\\_sheets/Es\\_IYS\\_CICng\\_Print.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/soils-2015/docs/Fact_sheets/Es_IYS_CICng_Print.pdf)

**Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura-FAO,** Propiedades del Suelo. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* [en línea]. 2017. [Consulta: 18 noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/es/>.

**Ortiz, E., et al.** Evaluación del carbono respirado por los suelos en eucaliptales de Cantabria. *Sociedad Española de Ciencias Forestales.*, [en línea]. 2013. vol. 1, no. 1, pp. 1-11. [Consulta: 18 noviembre 2018]. ISSN 978-84-937964-9-5. Disponible en: <https://www.congresoforestal.es/actas/doc/6CFE/6CFE01-020.pdf>

**Palma, D., 2011.** *Evaluación de la actividad biológica (respiración y biomasa microbiana) como indicadores de la salud de suelos ubicados en San Joaquín, Estado Carabobo* [en línea]. Valencia: s.n. [Consulta: 18 noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/2777/1/TEG%20Derlys%20Palma.pdf>.

**Paolini Gómez, J.E.** Actividad microbiológica y biomasa microbiana en suelos cafetaleros de los Andes venezolanos. [en línea], 2018. vol. 36, no. 1. [Consulta: 8 diciembre 2018]. ISSN 2395-8030. DOI 10.28940/terra.v36i1.257. Disponible en: <http://terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/257>.

**Paredes García Sally Susana.** Respiración microbiana del suelo en sitios con diferente cobertura arbórea en el bosque de abies religiosa en la Cuenca del Río Magdalena, D. F., México (Tesis) [en línea]. Universidad Nacional Autónoma, Facultad de Ciencias, Biología, México, 2016. pp. 1-63 [Consulta: fecha de consulta]. Disponible en: <http://www.pincc.unam.mx/INFORMES%20PROYECTOS/21%20Tesis%202.pdf?fbclid=IwAR3AiYdAu80TL1nxOdoqcHcfqkul5wO8sAu9C-pFToNPUmMpew5jYTDdHE>

**Paz, F., Covalada, S., et al.** Teoría de estados y transiciones aplicada a suelos volcánicos sometidos a diferentes manejos iii: acoplamiento con la temperatura del suelo. [en línea], vol. 1, pp. 8. [Consulta: 8 diciembre 2018]. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/126778/1/Teoria%20de%20Estados%20III.pdf>

**Peyre, G.** El páramo Andino: vulnerabilidad frente al cambio global. [en línea], 2018. vol. 1, no. 2, pp. 52. [Consulta: 8 diciembre 2018]. Disponible en: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b08423a71dbc.pdf>



**Porta J., López Acevedo y C. Roquero.** *Edafología para la agricultura y el medio ambiente.* Madrid, Barcelo, Mexico: Editorial Printed In Spain. 2da. 1999, pp. página inicial – pagina final.

**Ramírez Palacio, Á.A. Y Moreno Hurtado, F.H.** Respiración microbial y de raíces en suelos de bosques tropicales primarios y secundarios (Porce, Colombia). [en línea]. 2008. vol. 61, no. 1, pp. 4381-4393. [Consulta: 18 enero 2019]. ISSN 2248-7026. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24738/25299>

**Red Consultora Socio Ambiental-Tzedaka CIA. LTDA** *Plan de manejo y cogestión para el territorio de la microcuenca del Río Chimborazo* [en línea]. 2012. S.l.: s.n. [Consulta: 18 enero 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/45914-060f46ef0d5931a02bf22fd97cd987a31.pdf>.

**Rodríguez Balza, M.Y.,** 2010. (PDF) *Evaluación de dos técnicas de selección de plantas tomadas de la teoría de muestreo para poblaciones finitas, en el estudio de la calidad y eficiencia de Aplicación De Fitosanitarios A Un Ensayo De Campo En El Cultivo De Maíz (Zea Mays L.)* [en línea]. Maraay- Venezuela.: Universidad central de Venezuela, Facultad de agronomía, Instituto de ingeniería agrícola, departamento de ingeniería agrícola. [Consulta: 9 diciembre 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/311923885\\_EVALUACION\\_DE\\_DOS\\_TECNICAS\\_DE\\_SELECCION\\_DE\\_PLANTAS\\_TOMADAS\\_DE\\_LA\\_TEOIRA\\_DE\\_MUESTREO\\_PARA\\_POBLACIONES\\_FINITAS\\_EN\\_EL\\_ESTUDIO\\_DE\\_LA\\_CALIDAD\\_Y\\_EFICIENCIA\\_DE\\_APLICACION\\_DE\\_FITOSANITARIOS\\_A\\_UN\\_ENSAYO\\_DE\\_CAM#pf4d](https://www.researchgate.net/publication/311923885_EVALUACION_DE_DOS_TECNICAS_DE_SELECCION_DE_PLANTAS_TOMADAS_DE_LA_TEOIRA_DE_MUESTREO_PARA_POBLACIONES_FINITAS_EN_EL_ESTUDIO_DE_LA_CALIDAD_Y_EFICIENCIA_DE_APLICACION_DE_FITOSANITARIOS_A_UN_ENSAYO_DE_CAM#pf4d).

**Rodríguez, J., et al.** Análisis molecular de la biodiversidad microbiana en suelos de Andalucía afectados por incendios. [en línea]. 2007. pp. 9. [Consulta: 8 diciembre 2018]. Disponible en: [http://www.gfmc.online/sevilla-2007/contributions/doc/cd/sesiones\\_tematicas/st8/Rodriguez\\_et\\_al\\_SPAIN\\_Andal.pdf](http://www.gfmc.online/sevilla-2007/contributions/doc/cd/sesiones_tematicas/st8/Rodriguez_et_al_SPAIN_Andal.pdf)

**San Emeterio, L.M.,** 2016. Balance del carbono en el suelo y los procesos que intervienen en él. [en línea]. [Consulta: 8 diciembre 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Balance-del-carbono-en-el-suelo-y-los-procesos-que-intervienen-en-el\\_fig1\\_314688545](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Balance-del-carbono-en-el-suelo-y-los-procesos-que-intervienen-en-el_fig1_314688545).

**Sánchez, B., Ruiz, M. Y Ríos, M.** Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del Río Maracay, Estado Aragua. [en línea]. 2018. vol. 55, no. 4, pp.

1-529. [Consulta: 8 diciembre 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/303911818\\_MATERIA\\_ORGANICA\\_Y\\_ACTIVIDAD\\_BIOLOGICA\\_DEL\\_SUELO\\_EN\\_RELACION\\_CON\\_LA\\_ALTITUD\\_EN\\_LA\\_CUENCA\\_DEL\\_RIO\\_MARACAY\\_ESTADO\\_ARAGUA](https://www.researchgate.net/publication/303911818_MATERIA_ORGANICA_Y_ACTIVIDAD_BIOLOGICA_DEL_SUELO_EN_RELACION_CON_LA_ALTITUD_EN_LA_CUENCA_DEL_RIO_MARACAY_ESTADO_ARAGUA)

**Sklenar, P., et al.** Flora Genérica de los Páramos: guía ilustrada de las plantas vasculares (Memoirs of the New York Botanical Garden 92). *Botanical Journal of the Linnean Society*, [en línea]. 2005. vol. 154, no. 4, pp. 609-609. [Consulta: 8 diciembre 2018]. ISSN 077-8931. DOI 10.1111/j.1095-8339.2007.00655.x. Disponible en: <https://academic.oup.com/botlinnean/article/154/4/609/2420189>

**Thamdrup, B., Hansen, J.W. Y Jorgensen, B.B.** Temperature dependence of aerobic respiration in a coastal sediment. *FEMS Microbiology Ecology*, [en línea], 1998. vol. 25, no. 2, pp. 189-200. [Consulta: 8 diciembre 2018]. ISSN 0168-6496. DOI 10.1016/S0168-6496(97)00095-0. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168649697000950>

**Torri, S.I., Cabrera, M.N. Y Alberti, C.** Respiración potencial durante la bioestimulación de un suelo contaminado con hidrocarburos aromáticos policíclicos. [en línea], 2018. vol. 34, no. 1. [Consulta: 8 diciembre 2018]. ISSN 0188-4999. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992018000100127](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992018000100127).

**Vásquez, J.R., Macías, F. Y Menjivar, C.,** Respiración del suelo según su uso y su relación con algunas formas de carbono en el departamento del Magdalena, Colombia. [en línea], 2013. vol. 25, no. 3, pp. 175-180. Consulta: 8 diciembre 2018]. ISSN 1316-3361. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/857/85730395004.pdf>

**Yáñez Díaz, M.I., et al.** Respiración del suelo en cuatro sistemas de uso de la tierra. [en línea], 2017. vol. 8, no. 42. [Consulta: 8 diciembre 2018]. ISSN 2207-1132. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322017000400123&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322017000400123&script=sci_arttext).

**Yiqi, L. Y Zhou, X.** *Soil Respiration and the Environment* [en línea]. San Diego, California USA: Elsevier. 2010. [Consulta: 8 diciembre 2018]. ISBN 978-0-08-046397-1. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=yid=BILt0bdU6AsC&oi=fnd&ypg=PP1&dq=Soil+respiration+and+the+environment&ots=r4yxYjdVi8&sig=4JyqJYd5fEaYdJsdy\\_nAOIS9AZk#v=onepage&q=Soil%20respiration%20and%20the%20environment&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=yid=BILt0bdU6AsC&oi=fnd&ypg=PP1&dq=Soil+respiration+and+the+environment&ots=r4yxYjdVi8&sig=4JyqJYd5fEaYdJsdy_nAOIS9AZk#v=onepage&q=Soil%20respiration%20and%20the%20environment&f=false).

## ANEXOS

### ANEXO A Compilación fotográfica



**Fotografía 1A: Sitios de muestreo de la MRCH**



**Fotografía 2A: Recolección de muestras de suelo**





**Fotografía 3A: Instalación de cámaras estáticas**



**Fotografía 4A: Preparación de equipo de titulación**



**Fotografía 3A: Titulación inversa**



**Fotografía 5A: Análisis de parámetros fisicoquímicos**

**ANEXO B Datos utilizados para la preparación de reactivos.**

Compuesto	Pureza	Peso molecular		Molaridad	Cantidad necesaria/trat.	Cantidad necesaria
BaCl <sub>2</sub>	99%	Ba	137,34	1,25M	800 ul	150ml
		Cl	35,453			
HCl	37.1%	H	1,00797	0,2M	-	1200ml
		Cl	35,453			
NaOH	99%	Na	22,989	1M	2ml	500m
		O	15,9994			
		H	1,00797			

**ANEXO C Hoja de registro de datos para cálculo de respiración edáfica.**

	1	2	3	4	5	6	7	8
Suelo	Peso suelo (g)	Peso suelo seco (g)	mmol de NaOH iniciales	Volumen de HCl gastado (ml)	mmol de HCl consumido	mmol de NaOH que ha reaccionado con el CO <sub>2</sub>	mmol de CO <sub>2</sub> producido	Masa de C-CO <sub>2</sub> / masa suelo seco (mg/g)
		$C1 \times f_{\text{humedad}}$	$M_{\text{NaOH}} \times 2\text{ml} \times f_{\text{NaOH}}$	ml	$M_{\text{HCl}} \times f_{\text{HCl}} \times C4$	C3 – C5	C6 / C3	$(C7 \times 12) / C2$

## ANEXO D Resultados de análisis de materia orgánica y nitrógeno

	<p style="text-align: center;"><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p style="text-align: center;"><b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b></p> <p style="text-align: center;">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOC II (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	<p style="text-align: center;">LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE</p> <p style="text-align: center;">ACREDITACIÓN Nº OAE LE.2C 06-008</p>
---	--	--

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	S-019-19
<b>ST:</b>	008-19 ANALISIS DE SUELOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	N.A
<b>Atn.</b>	Paola Paucar
<b>Dirección:</b>	Ambato Ambato-Tungurahua
<b>FECHA:</b>	07 de Febrero del 2019
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2019/01/22 – 11:45
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2018/12/22
<b>FECHA DE ANALISIS:</b>	2019/01/22 – 2019/02/07
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Suelo
<b>CÓDIGO CESTTA:</b>	LAB-S 019-19
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	P6
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Chimborazo San Juan Páramo
<b>ANALISIS SOLICITADO:</b>	Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Paola Paucar y Juan Velasteguí
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANALISIS:</b>	T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Materia Orgánica	PEE/CESTTA/195 NEN 5754.2005	%	8,81	=5% <sub>ii</sub>	-
*Nitrógeno Total	PEE/CESTTA/88 Kjeldahl	%	0,24	-	-

### OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.
- "Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE".

### RESPONSABLES DEL INFORME:

  
**Dr. Mauricio Álvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



	<p align="center"><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p align="center"><b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b></p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE</p> <p align="center">ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
---	---	--

INFORME DE ENSAYO No: S-033-19  
ST: 008-19 ANÁLISIS DE SUELOS

Nombre Peticionario: N.A  
Atn: Paola Paucar  
Dirección: Ambato  
Ambato-Tungurahua

FECHA: 07 de Febrero del 2019  
NUMERO DE MUESTRAS: 1  
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2019/01/22 – 11:45  
FECHA DE MUESTREO: 2018/12/11  
FECHA DE ANALISIS: 2019/01/22 – 2019/02/07  
TIPO DE MUESTRA: Suelo  
CÓDIGO CESTTA: LAB-S 033-19  
CÓDIGO DE LA EMPRESA: PTI  
PUNTO DE MUESTREO: Chimborazo San Juan Plantaciones  
ANALISIS SOLICITADO: Químico  
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Paola Paucar y Juan Velastegui  
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25.0 °C; T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Materia Orgánica	PEE/CESTTA/195 NEN 5754.2005	%	8.48	±5%	-
*Nitrógeno Total	PEE/CESTTA/88 Kjeldahl	%	0.25	-	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, esta fuera del alcance de la acreditación del SAE.
- "Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**





	<b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b>  <b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE</b>  <b>ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</b>
---	---	---

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	S-041-19
<b>ST:</b>	008-19 ANÁLISIS DE SUELOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	N/A
<b>Atn.</b>	Paola Paucar
<b>Dirección:</b>	Ambato Ambato-Tungurahua
<b>FECHA:</b>	07 de Febrero del 2019
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2019/01/22 – 11:45
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2018/12/18
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2019/01/22 – 2019/02/07
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Suelo
<b>CÓDIGO CESTTA:</b>	LAB-S 041-19
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	Pz8
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Chimborazo San Juan Pastizales
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Paola Paucar y Juan Velastegui
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:</b>	T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C


**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Materia Orgánica	PEE/CESTTA/195 NEN 5754.2005	%	5.15	±5%	-
*Nitrógeno Total	PEE/CESTTA/88 Kjeldahl	%	0.20	-	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.
- "Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE".

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Álvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**







**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y  
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA  
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :  
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)  
RIOBAMBA - ECUADOR  
Telefax: (03) 3013183

**LABORATORIO DE  
ENSAYO  
ACREDITADO POR  
EL SAE**

**ACREDITACIÓN  
Nº OAE LE 2C 06-008**

**INFORME DE ENSAYO No:**  
**ST:**

S-026-19  
008-19 ANÁLISIS DE SUELOS

**Nombre Peticionario:**  
**Atn.**  
**Dirección:**

N.A  
Paola Paucar  
Ambato  
Ambato-Tungurahua

**FECHA:**  
**NUMERO DE MUESTRAS:**  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:**  
**FECHA DE MUESTREO:**  
**FECHA DE ANÁLISIS:**  
**TIPO DE MUESTRA:**  
**CÓDIGO CESTTA:**  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:**  
**PUNTO DE MUESTREO:**  
**ANÁLISIS SOLICITADO:**  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:**

07 de Febrero del 2019  
1  
2019/01/22 – 11:45  
2018/12/05  
2019/01/22 – 2019/02/07  
Suelo  
LAB-S 026-19  
C3  
Chimborazo San Juan Cultivos  
Químico  
Paola Paucar y Juan Velastegui  
T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Materia Orgánica	PEE/CESTTA/195 NEN 5754:2005	%	5.54	±5%	-
*Nitrógeno Total	PEE/CESTTA/88 Kjeldahl	%	0.15	-	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor limite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.
- "Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE".

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

