



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad católica de Loja*

**ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA**

**TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACEÚTICO**

**Influencia de la gradiente de altura sobre la respiración microbiana del suelo.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN.**

**AUTORA:** Moncada Asanza, Ana Karen

**DIRECTOR:** Burneo Valdivieso, Juan Ignacio, Dr.

LOJA – ECUADOR

2019



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2019

## **APROBACION DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Doctor.

Juan Ignacio Burneo Valdivieso.

### **DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Influencia de la gradiente de altura sobre la respiración microbiana del suelo realizado por Ana Karen Moncada Asanza ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, marzo del 2019

f)

## DECLARACION DE AUTORIA Y CESION DE DERECHOS

“Yo Moncada Asanza Ana Karen declaro ser autora del presente trabajo de titulación: Influencia de la gradiente de altura sobre la respiración microbiana del suelo, de la Titulación de Bioquímica y Farmacia, siendo el Dr. Juan Ignacio Burneo Valdivieso director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f. ....

Autora. Moncada Asanza Ana Karen

Cédula. 1104715238

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado primeramente a Dios por darme la oportunidad de llegar hasta este punto de mi vida, por estar conmigo en cada paso que doy, ayudarme a superar todos los obstáculos que se presentaron a lo largo de este camino estudiantil.

A mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores y por todo el amor incondicional que me han dado.

A mis hermanos por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de este trayecto

A mi familia, que participaron directa e indirectamente en la elaboración de mi tesis, a mi ñaño Lucho por siempre estar pendiente de mí en cada paso que doy y haberme brindado su apoyo incondicional en todo momento.

A Felipe por siempre estar a mi lado apoyándome y motivación para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por bendecirme siempre en mi vida, por ser mi guía y brindarme paciencia y fortaleza para culminar mis metas. A mi director de tesis PhD. Juan Ignacio Burneo por compartir sus conocimientos, guiado con paciencia y rectitud mi trabajo de tesis, haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente.

A mis padres, hermanos y a todo mi familia por haber sido mi apoyo en este camino, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron

A todos los docentes que con su sabiduría, conocimiento, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Técnica Particular de Loja.

## INDICE DE CONTENIDOS

Caratula.....	
APROBACION DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACION DE AUTORIA Y CESION DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
INDICE DE CONTENIDO .....	vii
INDICE DE ABREVIATURAS .....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCION.....	3
CAPÍTULO I.....	6
MARCO TEÓRICO .....	6
1.1.    El suelo.....	7
1.2.    Calidad del suelo .....	7
1.3.    Bosques secos y sus características.....	7
1.4.    Respiración microbiana del suelo .....	8
1.5.    Factores que afectan la respiración microbiana del suelo.....	10
1.5.1. Factores abióticos .....	10
1.5.2. Factores bióticos.....	11
1.6.    Actividad bioquímica de la respiración del suelo.....	11
1.7.    Evaluación de la respiración microbiana del suelo .....	11
CAPITULO 2.....	12
MATERIALES Y METODOS.....	12
2.1.    Área de estudio.....	13
2.2.    Metodología para la fase de laboratorio .....	14
2.2.1. Preparación de la muestra.....	14

2.2.2. Método de respiración microbiana del suelo (Guitian & Carballas, 1976) ....	14
2.3. Análisis estadísticos .....	16
CAPITULO 3.....	17
RESULTADOS Y DISCUSION .....	17
CONCLUSIONES .....	24
RECOMENDACIONES.....	25
BIBLIOGRAFIA.....	26
ANEXOS.....	31

## INDICE DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA		SIGNIFICADO
CO <sub>2</sub>	=	Dióxido de carbono
C/N	=	Relación Carbono/Nitrógeno
C/P	=	Relación Carbono/Fosforo
NaOH	=	Hidróxido de sodio
BaCl <sub>2</sub>	=	Cloruro de bario
O <sub>2</sub>	=	Oxigeno
mm	=	Milímetros
ml	=	Mililitros
g	=	Gramos
°C	=	Grados centígrados
m s.n.m	=	metros sobre el nivel del mar
mamsl	=	meters above mean sea level
HCl	=	Ácido clorhídrico
MOS	=	Materia orgánica del suelo
RMS	=	Respiración Microbiana del Suelo

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica del área de estudio.....	13
<b>Figura 2.</b> Frasco de vidrio con cierre hermético utilizado para la determinación de respiración microbiana de las muestras del suelo.....	14
<b>Figura 3.</b> Resultado de viraje de la titulación con indicador fenolftaleína.....	15
<b>Figura 4.</b> Prueba estadística Tukey con un nivel de confianza al 95%.....	18
<b>Figura 5.</b> Contenido de respiración microbiana del suelo por cada piso altitudinal.....	19
<b>Figura 6.</b> Posición topográfica de la planta respecto a la respiración microbiana del suelo..	21
<b>Figura 7.</b> Extracción alcalina de la muestra de suelo.....	32
<b>Figura 8.</b> Incubación a 25°C.....	32
<b>Figura 9.</b> Precipitación de los carbonatos con $\text{BaCl}_2$ al 20% + Reacción de titulación con indicador fenolftaleína.....	32
<b>Figura 10.</b> Determinación de la respiración microbiana del suelo con HCl 0.5N.....	33
<b>Figura 11.</b> Análisis de humedad de las muestras de suelo.....	34
<b>Figura 12.</b> Igualdad de varianza y Normalidad.....	35

## RESUMEN

La presente investigación se enfoca en determinar el contenido de respiración microbiana del suelo y su relación con una gradiente altitudinal. Se analizaron 240 muestras de suelo (a una profundidad de 20 cm) obtenidas en diferentes pisos altitudinales correspondientes a 1200, 1400, 1600, 1800 ms.n.m en el cantón Catamayo de la provincia de Loja, al sur del Ecuador. El contenido de respiración microbiana del suelo se determinó utilizando el método de Guitian & Carballas (1976). Se obtuvieron valores en un rango desde 30.66 mg/CO<sub>2</sub> a 144.79 mg/CO<sub>2</sub> en donde el menor contenido de respiración de suelo se encuentra en la altitud de 1200 ms.n.m y el mayor contenido de respiración del suelo se encuentra en la altitud de 1800 ms.n.m, con respecto a las elevaciones de 1400 y 1600 ms.n.m no se encontró diferencias estadísticas significativas en estas altitudes, obteniendo valores similares. En la relación con las tres distancias de muestreo entre plantas (1m, 2m, 3m) no existe influencia sobre el contenido de respiración microbiana del suelo, ya que los rangos de mg/CO<sub>2</sub> son similares entre ellas respectivamente, que pueden ser atribuidas a factores como la temperatura y precipitación en la zona de estudio.

**Palabras claves:** gradiente altitudinal, respiración microbiana, suelo, distancias

## ABSTRACT

The present investigation focuses on determining the microbial respiration content of the soil and its relationship with an altitudinal gradient. We analyzed 240 soil samples (at a depth of 20 cm) obtained in different altitudinal levels corresponding to 1200, 1400, 1600, 1800 mamsl in the canton Catamayo of the province of Loja, south of Ecuador. The microbial respiration content of the soil was determined using the method of Guitian & Carballas (1976). Values were obtained in a range from 30.66 mg / CO<sub>2</sub> to 144.79 mg / CO<sub>2</sub> where the lowest soil respiration content is at the altitude of 1200 mamsl and the highest respiration content of the soil is at the altitude of 1800 mamsl, with respect to the elevations of 1400 and 1600 mamsl no statistically significant differences were found in these altitudes, obtaining similar values. In relation to the three sampling distances between plants (1m, 2m, 3m) there is no influence on the microbial respiration content of the soil, since the mg / CO<sub>2</sub> ranges are similar between them respectively, which can be attributed to factors as the temperature and precipitation in the study area.

**Keywords:** altitudinal gradient, microbial respiration, soil, distances

## INTRODUCCION

El suelo es una estructura muy importante para el desarrollo de la vida, el cual sirve para proporcionar elementos nutritivos. Por lo tanto, son un gran reservorio de carbono en ecosistemas terrestres y el camino principal en el que el CO<sub>2</sub> fijado por las plantas es retornado a la atmosfera (Ramírez Palacio, Á. A., & Moreno Hurtado, 2008).

En general, la circulación del dióxido de carbono entre el suelo y la atmosfera, depende de dos procesos principales: la fotosíntesis y la respiración del suelo. La respiración del suelo, es proporcionada principalmente por la respiración de los microorganismos y raíces de la planta (Ananyeva et al., 2016).

Los microorganismos cumplen un papel importante en los procesos biogeoquímicos del suelo, incluida la descomposición de la materia orgánica y la mineralización de nutrientes. La abundancia microbiana, la composición de la comunidad y la actividad se ven afectadas por factores abióticos del suelo (temperatura, precipitación de lluvia, luminosidad, humedad ambiental, contenido de macro y micro elementos, etc) (Zhao et al., 2016).

La actividad biológica del suelo consiste en varias etapas como: formación de CO<sub>2</sub> que es el último paso de la mineralización de carbono. En suelos sin nutrientes, tendrá un equilibrio ecológico entre organismo y sus actividades. Mientras más materia orgánica más respiración del suelo en donde vamos a encontrar más crecimiento y mayor mineralización del suelo por acción de los microorganismos (Shao et al., 2013).

La respiración microbiana del suelo es un indicador importante para evaluar la calidad del suelo, la cantidad nos indica que los nutrientes contenidos en la materia orgánica se convierten en formas disponibles para cultivos, pero puede estar limitada por la humedad, temperatura, oxígeno, reacción del suelo (pH) y la disponibilidad de descomposición de sustratos orgánicos (Mirás et al., 2007). La calidad del suelo se define como la capacidad de un suelo para funcionar dentro del ecosistema, se interpreta como una forma sensible y dinámica de demostrar la condición del suelo (Karlen, Ditzler, & Andrews, 2003).

Las condiciones térmicas de gran altitud y condiciones desfavorables del suelo, afectan la función de comunidades microbianas del suelo. Pero según otros estudios, como el de (Bardelli et al., 2017), se observó que las propiedades químicas del suelo, principalmente el pH y la relación C/N puede explicar las variaciones en las propiedades de comunas microbianas mejor que la altitud, pero que aún no están claros.

Wang (2016) afirma. "Se planteó la hipótesis de que la respiración del suelo es más sensible a la temperatura en regiones con clima de temperatura baja que en regiones con clima de alta temperatura" (p.400).

La importancia de este estudio es evaluar el efecto que tiene la respiración microbiana del suelo con respecto al gradiente altitudinal, ya que ofrece una gran oportunidad para poder explicar patrones a través de gradientes naturales del suelo y el estudio de la distribución de comunidades microbianas, como presencia o ausencia de diferente tipo de vegetación y cambios climáticos dentro de distancias espaciales cortas (Kotas et al., 2018). Además, es importante obtener buenas estimaciones de respiración microbiana del suelo ya que sirven para comprender los factores ambientales que controlan su variabilidad a través de los ecosistemas.

Existen varios métodos utilizados para medir la respiración del suelo, entre ellos: El método de Guitian & Carballas, el cual consiste en la carbonatación del NaOH en presencia de CO<sub>2</sub> que permite determinar la respiración microbiana de las muestras de suelo, en donde una vez desprendido el CO<sub>2</sub> durante el tiempo de incubación, se le añade BaCl<sub>2</sub> para provocar una precipitación de los carbonatos procedentes del CO<sub>2</sub> del aire (Guitian & Carballas, 1976).

La zona de estudio, se define como un Matorral Seco Tropical (MST) del Ecuador, el cual es un ecosistema que presenta una alta diversidad (Espinosa et al., 2013). Según Cuesta et al., (2009), estos bosques son de suma importancia ya que son reservorios de biodiversidad y esenciales en el abastecimiento de servicios ecosistémicos vinculados a la regulación del clima y a la captura y acumulación de carbono.

En la provincia de Loja existe una alta biodiversidad y se encuentra afectada por la presencia de los valles interandinos, gradientes altitudinales y suelos, factores que influyen para generar ecosistemas diferentes (hábitats y micro hábitats) y proporcionar los medios para el desarrollo de flora y fauna (Aguirre Mendoza, Aguirre Mendoza, & Muñoz, 2017).

Según Aguirre et al., (2017) en estudios realizados en los bosques secos, reportan especies endémicas con una riqueza no muy elevada, pero con una diversidad de formas de vida que se adaptan a los factores climáticos de la zona, respecto a la flora aproximadamente se reportan cerca de 150 especies dentro de 115 géneros y 48 familias. Mientras que en estudios realizados por Albuja, (2011), sobre la fauna en bosques secos y matorrales se han encontrado cerca de 150 especies de aves, 31 especies de mamíferos y 8 especies de anfibios (entre Loja y Azuay) en las que la mayoría son endémicas, destacando una necesidad para su conservación.

Sin embargo según una revisión bibliográfica realizada, nos refleja que este ecosistema no ha sido estudiado en referencia al efecto de la altitud con respecto a los indicadores biológicos como es la respiración microbiana del suelo.

Para cumplir con el proceso de la presente investigación se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Analizar la influencia del gradiente altitudinal sobre la respiración microbiana del suelo.

Objetivos específicos:

- Cuantificar la respiración microbiana del suelo a lo largo de un gradiente altitudinal.
- Evaluar el efecto del contenido de respiración microbiana del suelo con el gradiente altitudinal.

**CAPÍTULO I**  
**MARCO TEÓRICO**

### **1.1. El suelo**

“El suelo es un sistema trifásico formado por a) una fase sólida, compuesta por minerales y materia orgánica, b) una fase líquida (agua) y c) una fase gaseosa (aire), que constituyen el soporte mecánico y el sustento de las plantas” (Juarez Sanz, Sanchez Andreu, & Sanchez Sanchez, 2006,p.11). Es un importante reservorio biosférico de carbono (C), que contiene a nivel mundial el doble de carbono (C) que la atmósfera y tres veces más que la vegetación (Han et al., 2007).

### **1.2. Calidad del suelo**

La calidad del suelo es uno de los tres componentes de la calidad ambiental, además de la calidad del agua y del aire. La calidad del suelo se define ampliamente como la capacidad de un suelo para funcionar dentro de los límites de uso del ecosistema y de la tierra para sostener la productividad biológica, mantener las características ambientales y promover la producción vegetal y salud animal (Bünemann et al., 2018).

El estado de propiedades dinámicas como la materia orgánica, diversidad de microorganismos o respiración microbiana constituyen una gran parte en la calidad y la salud del suelo (Cruz et al., 2004).

Los parámetros para la evaluación de la calidad del suelo dependen de varias propiedades físicas, químicas y biológicas, su definición debería requerir la determinación de estas propiedades, sin embargo, los parámetros biológicos han adquirido una gran importancia porque los organismos responden más rápido a los cambios en el uso de la tierra, condiciones ambientales o la contaminación, así mismo, los organismos del suelo desempeñan un papel importante en procesos que sustentan la calidad del suelo, como descomposición de materia orgánica, el ciclo de nutrientes y la fijación de nitrógeno. Por esta razón, la biomasa microbiana del suelo, la respiración y actividad enzimática se han utilizado como indicadores de la calidad del suelo (Burns et al., 2005).

### **1.3. Bosques secos y sus características**

Los bosques secos tropicales del sur occidente de Ecuador son parte de la Zona de Endemismo Tumbesina (Armijos, Jara, & Cisneros, 2016), son considerados como uno de los ecosistemas que se encuentran en mayor riesgo (Bennett, 2014).

Según el sistema de Holdridge acerca de la clasificación de zonas de vida (Holdridge 1982), los bosques secos tropicales y subtropicales se encuentran en áreas donde la temperatura media anual es superior a 17°C, precipitación de 250-2000 mm (Murphy, Lugo, & Murphy,

2007) y una evaporación potencial de 1783 mm/año, en el área se puede diferenciar: bosque seco tropical, matorral espinoso tropical (Aguirre-Mendoza, 2012).

En el Ecuador, los bosques secos se encuentran situados en las provincias de Santa Elena, Manabí, Guayas, el sur de Esmeraldas, El Oro y Loja. En la provincia de Loja se localiza una mayor superficie de este ecosistema, y se encuentran entre 190 a 1000 ms.n.m, ocupando un 31% de la provincia (Mendoza, Linares-Palomino, & Peter, 2006).

Por lo general, los bosques secos tropicales tienen un papel importante en el almacenamiento del carbono global ya que se lo encuentra de manera abundante en el suelo y vegetación, por esa razón en bosques y sabanas tropicales se puede encontrar grandes cantidades de respiración del suelo (Ramírez Palacio, Á. A., & Moreno Hurtado, 2008).

Los suelos de los bosques secos generalmente son arcillosos, en época de lluvia se forman lodazales y en época seca se observan grietas. Frecuentemente se manifiestan en suelos pedregosos y arenosos (Aguirre-Mendoza, 2012).

#### **1.4. Respiración microbiana del suelo**

El carbono orgánico del suelo es un elemento principal del círculo global de carbono, ya que representa el doble de la cantidad de carbono que se encuentra en la atmósfera y alrededor del 75% del total de la superficie terrestre (Mohammed, 2015). El carbono almacenado en los suelos representa la reserva más grande en casi todas las biomásas terrestres y, por lo tanto, tiene un enorme potencial para retener o liberar carbono a la atmósfera (Mohammed, 2015).

Uno de los indicadores biológicos que se proponen es la respiración microbiana del suelo, se define como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) liberado desde la superficie del suelo a la atmósfera a través de la actividad de las raíces y los organismos en descomposición de la materia orgánica del suelo (Farhate et al., 2018). Muchos organismos que viven en el suelo usan la respiración para producir energía. Entre ellos se encuentran los que descomponen los materiales orgánicos muertos, las raíces de las plantas, bacterias, hongos y los animales del suelo que usan la respiración para crear la energía que necesitan para poder sobrevivir (Mohammed, 2015).

La respiración del suelo desempeña un papel importante en la regulación de las reservas de carbono (C) del suelo y el balance neto de carbono (C) en los ecosistemas terrestres (Wei et al., 2016).

La mayor parte de este proceso ocurre en la capa superior del suelo, y las tasas de respiración disminuyen rápidamente con la profundidad del suelo, sin embargo, comparado con la respiración total en la superficie del suelo, se puede decir que se encuentra poca respiración microbiana en profundidad (Fang & Moncrieff, 2005).

La respiración microbiana se separa en una parte autótrofa y otra heterótrofa. La autótrofa, es decir, respiración de las plantas vivas, incluye en el mantenimiento de la respiración de la raíz, crecimiento y absorción de nutrientes de la raíz, se asume que contribuye la mitad de la liberación total de CO<sub>2</sub> en el suelo, en cambio, la heterótrofa se relaciona con pérdidas respiratorias por microbios del suelo, los cuales dependen de la disponibilidad de sustrato orgánico para microorganismos y la descomposición del mismo (Caprez, Niklaus, & Ko, 2012).

La actividad microbiana del suelo es de gran importancia en la medición del estado funcional de ecosistemas terrestres y comprende (después de la fotosíntesis) el segundo mayor flujo de carbono terrestre, debido al papel esencial de microorganismos en la corriente de energía, nutrientes y transformación de materia orgánica (Caprez et al., 2012; Ferreira et al., 2013), la liberación de nutrientes están influenciadas por las propiedades de la materia orgánica, la relación C / N y la relación C / P en la mayoría de los residuos vegetales, ambas relaciones pueden ser altas o bajas (Nguyen & Marschner, 2017).

La tasa de respiración del suelo puede estar influenciada debido a cambios climáticos (reforestación, calentamiento global, precipitación), así como, la actividad antropogénica (cambio y manejo del uso de la tierra, campos de cultivo). Los efectos sobre la respiración del suelo se encuentran controlados por la humedad, temperatura y la disponibilidad del Carbono (C) para la raíz y los microorganismos (Wei et al., 2016). Estos factores afectan el comportamiento biológico del suelo y, por lo tanto, la emisión de CO<sub>2</sub>, ya que es uno de los gases que causa el efecto invernadero y por lo tanto, también contribuye al cambio climático (Gutiñas et al., 2013).

## 1.5. Factores que afectan la respiración microbiana del suelo

Existen dos tipos de factores que pueden afectar la respiración del suelo: factores abióticos, como humedad del suelo, temperatura, disponibilidad de nitrógeno, entre otros, y factores bióticos, que incluyen animales, plantas, actividades microbianas.

### 1.5.1. Factores abióticos

Los principales factores que intervienen de manera negativa afectando los microorganismos que intervienen en la respiración microbiana del suelo son: humedad, temperatura, pH y adición de nitrógeno:

- **Temperatura y humedad:** Ambos factores ambientales se consideran los más influyentes en la respiración del suelo, ya que interactúan para afectar la productividad de la tierra y la tasa de descomposición del suelo orgánico, lo que impulsa la variación temporal de la respiración del suelo (Wiseman & Seiler, 2004). En ecosistemas áridos y semiáridos, la baja temperatura inhibe la respiración del suelo, mientras que la temperatura alta del suelo lo acelera. Sin embargo, los efectos de la humedad en la respiración del suelo no son consistentes, tanto la humedad alta como baja reducen la respiración del suelo inhibiendo disponibilidad de sustrato de respiración y bloqueo de CO<sub>2</sub> (Liang et al., 2015).
- **pH:** El pH del suelo es un parámetro que afecta a todas las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo e inevitablemente altera el flujo de C (L. Wang, Han, & Zhang, 2010). Está determinado por la concentración de iones de hidrógeno (H<sup>+</sup>), que mide la acidez y alcalinidad de la solución del suelo. El rápido aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera está afectando la acidez del suelo, por lo que la producción de CO<sub>2</sub> aumenta con el pH (Hwan OH & Richter, 2004).
- **Adición de nitrógeno:** Es un parámetro que puede estimular la variación de la respiración por que regula el crecimiento de las plantas e influye en las actividades microbianas que están directamente relacionadas con la producción de CO<sub>2</sub> (Liang et al., 2015).

### **1.5.2. Factores bióticos**

Los factores bióticos son todos los seres vivos en un ecosistema, como plantas y animales. Estos seres vivos interactúan entre sí, como por ejemplo, los productores que absorben energía solar y la convierten en alimento para sí mismos, los consumidores que son aquellos que se alimentan de los productores o los descomponedores, son quienes descomponen el material muerto en el suelo y devuelven los nutrientes al suelo para que las plantas puedan reutilizarlos para crear alimentos (Gomez-Casanovas et al., 2012).

### **1.6. Actividad bioquímica de la respiración del suelo**

La respiración del suelo es un proceso de oxidación de sustratos orgánicos a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por los microorganismos del suelo lo que forma energía para obtener el sostenimiento y el desarrollo microbiano. La biomasa microbiana cumple un papel importante como agente para la descomposición de la materia orgánica del suelo (Durango, Uribe, Henríquez, & Mata, 2013). La degradación microbiana de la materia orgánica del suelo (MOS) es fundamental para el equilibrio de carbono (C) en el suelo ya que la MOS se procesa bioquímicamente, resultando tanto en la estabilización de C en complejos organominerales como en la pérdida de C como CO<sub>2</sub> atmosférico a través de la respiración microbiana (Q. Wang et al., 2016).

### **1.7. Evaluación de la respiración microbiana del suelo**

Los microorganismos que habitan en el suelo que aportan a la respiración es un indicador importante para la actividad microbiana del suelo. Se usa para valorar daños producidos principalmente por tóxicos que afectan la integridad del suelo (Medallo, 2006).

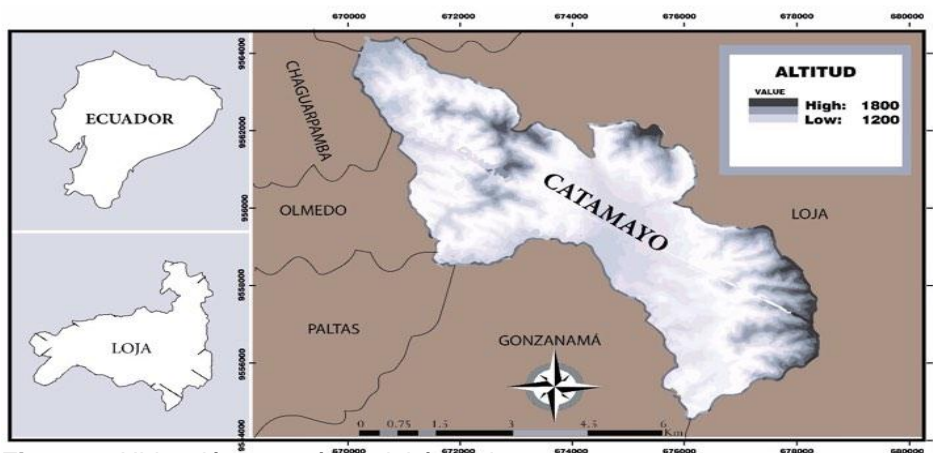
La evaluación de la respiración microbiana del suelo se efectúa por medio de la incubación de una cantidad de suelo en un sistema hermético con ambientes de temperatura, humedad y aireación comprobada, en el que se mide a través del CO<sub>2</sub> desprendido o del O<sub>2</sub> consumido la cantidad de carbono mineralizado en una trampa alcalina de la muestra de suelo (Guitian & Carballas, 1976).

## **CAPITULO 2**

### **MATERIALES Y METODOS**

## 2.1. Área de estudio

Para el desarrollo del presente estudio se emplearon 240 muestras de suelo provenientes del cantón Catamayo, provincia de Loja (Latitud 3° 59' 25.58" S; Longitud 79° 25' 32,1" W)., se usó un diseño de cuatro niveles de elevación a lo largo de un gradiente altitudinal (1200, 1400, 1600,1800 ms.n.m),60 muestras fueron analizadas por cada piso altitudinal, tomando en cuenta 20 muestras por cada distancia (1m, 2m, 3m) respecto a la planta, con un diámetro de tronco de <5cm y >5cm y con una profundidad de suelo de 20 cm.



**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio.

**Fuente.** La autora.

**Elaboración.** La autora

La zona de estudio presenta un clima seco tropical con una precipitación entre 1112 mm y 382 mm/año (Castillo-Monroy & Benítez, 2015), con una temperatura promedio de 27.5 °C (Espinosa et al., 2013).

La vegetación en estos ecosistemas está en su mayoría poblada por *Croton spp. aff. thurifer Kunth* y *Croton sp. aff. ferrugineus Kunth*, que abarca hasta el 40 % del área de estudio (Castillo-Monroy & Benítez, 2015). Otro tipo de vegetación característica está conformada por especies como: *Acacia macracantha*, *Oreopanax rosei*, *Mimosa quitensis*, *Caesalpinia spinosa* y *Spondias mombin* (Aguirre et al., 2006).

El estrato geológico está compuesto por rocas metamórficas paleozoicas entremezcladas con rocas volcánicas y sedimentarias, que constituyen suelos básicos (pH 7.6), ricos en nutrientes, textura arenosa y pedregosos (Espinosa et al., 2013).

## 2.2. Metodología para la fase de laboratorio

### 2.2.1. Preparación de la muestra

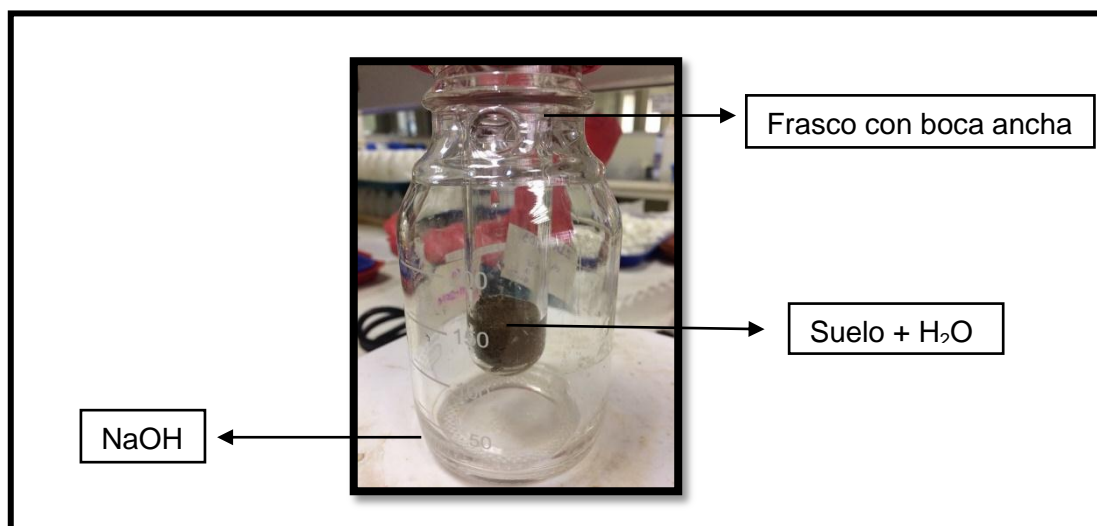
Previo a los análisis, las muestras se sometieron a secado al aire y una vez secas se tamizaron con tamiz menor a 2 mm para posteriormente almacenarlas y etiquetarlas según corresponda la zona de recolección.

### 2.2.2. Método de respiración microbiana del suelo (Guitian & Carballas, 1976)

Este método consiste en la carbonatación del NaOH 0.5N en presencia de CO<sub>2</sub> que permite determinar la respiración microbiana de las muestras de suelo, en donde una vez que se desprende el CO<sub>2</sub>, se le añade BaCl<sub>2</sub> para provocar una precipitación de los carbonatos procedentes del CO<sub>2</sub> del aire.

Luego de haber calculado la humedad y el contenido de agua a adicionar a las muestras, se pesó (por duplicado) 10 g de suelo seco en un tubo. A cada muestra de suelo se le adiciono una cantidad de agua destilada calculada para cada zona, (con objetivo de mantener una humedad optima durante la incubación), se le adiciona 4 ml de NaOH 0.5 N dentro de un frasco de vidrio con cierre hermético (ver figura 2).

Se realizó un blanco estandarizado conteniendo igual cantidad de reactivos, pero sin suelo. A continuación, se llevó las muestras a la incubadora Heraeus B6200, a 25° C por un tiempo de 10 días.

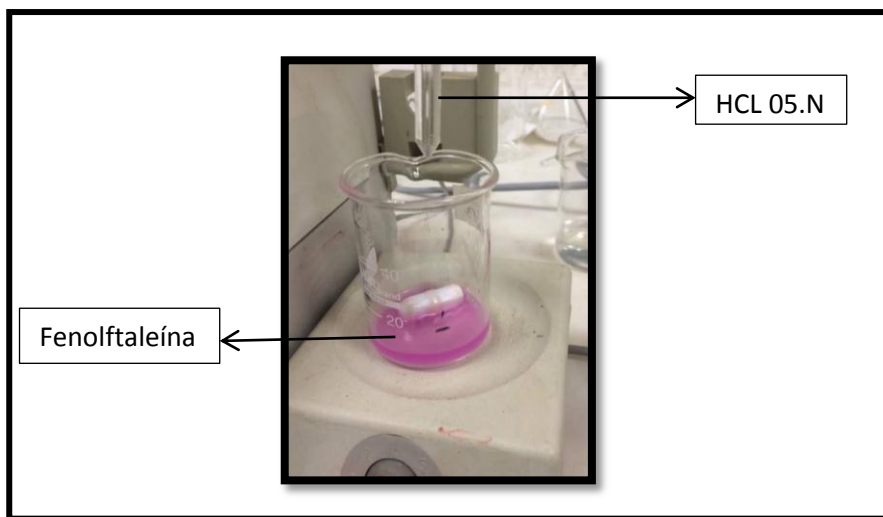


**Figura 2.** Frasco de vidrio con cierre hermético utilizado para la determinación de respiración microbiana de las muestras del suelo.

**Fuente.** La autora.

**Elaboración.** La autora

Una vez transcurrido el tiempo de incubación, se procede a realizar la valoración de las muestras mediante titulación, para lo cual se tomó una alícuota de 2 ml de NaOH 0.5N, que se encuentra en el frasco, a la que se le adiciona 1ml de BaCl<sub>2</sub> al 20%, la cual se valora añadiendo una gota de fenolftaleína frente a una solución HCl 0.5N (ver figura 3).



**Figura 3.** Resultado de viraje de la titulación con indicador fenolftaleína.

**Fuente.** La autora

**Elaboración.** La autora

### **Cálculos de los resultados:**

$$\text{CO}_2 \text{ mg/100g de suelo seco} = (B-M) \times N \times \frac{44}{2} \times \frac{4}{2} \times \frac{100}{10 \frac{ss}{sh}}$$

Siendo:

B= HCl 0.5N consumido en la valoración del blanco

M= HCl 0.5N consumido en la valoración de la muestra

N= Normalidad exacta de HCl 0.5N

44=Peso molecular de CO<sub>2</sub>

4= ml adición de NaOH 0.5N

2= es la alícuota que se toma del NaOH 0.5N

100= referirlo a 100g de suelo seco

10= cantidad de suelo húmedo que se utilizo

ss= cantidad de suelo equivalente a la cantidad de suelo húmedo utilizado

sh= cantidad de suelo húmedo utilizado

### **2.3. Análisis estadísticos**

Para analizar la respiración se empleó un modelo lineal tipo ANOVA, donde la variable respuesta fue la respiración microbiana del suelo expresada en  $\text{mg}/\text{CO}_2$  y los factores del diseño es la altitud y la distancia entre planta, se realizó la verificación de supuestos, en donde los mismos se cumplieron. Se aplicó la prueba de Tukey para probar diferencias significativas, al nivel del 95% de confianza. Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el software R-CRAN (R Core team, 2015).

**CAPITULO 3**  
**RESULTADOS Y DISCUSION**

## Determinación de la respiración microbiana del suelo (RMS)

**Tabla 1.** Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de respiración microbiana del suelo con respecto al piso altitudinal y distancia entre plantas.

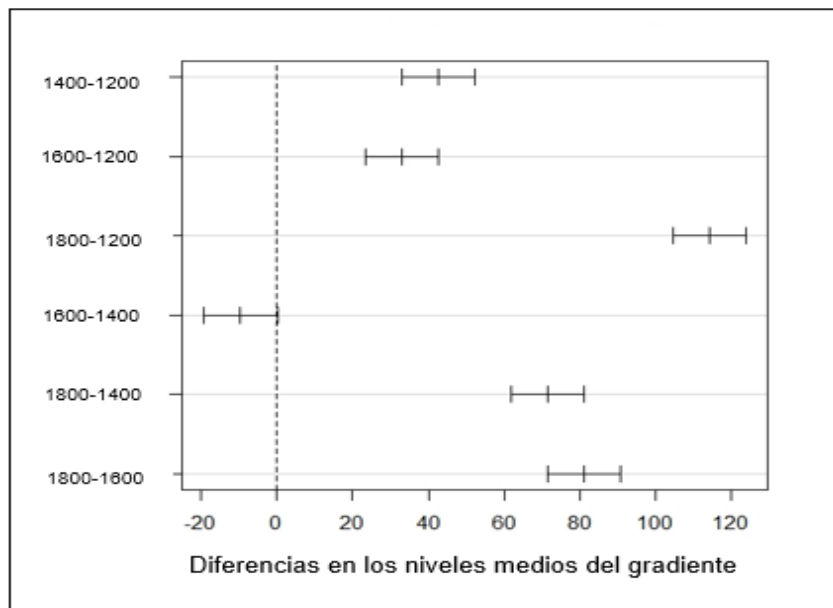
Factores	Grados libertad	Suma cuadrados	Media cuadrados	F-valor	P-valor	Unidades
Gradiente altitudinal	3	415787	138596	331.804	<2e-16 <sup>***</sup>	ms.n.m
Distancia entre plantas	2	72	36	0.087	0.917	m
Combinación Gradiente: distancia	6	1218	203	0.486	0.818	ms.n.m: m

Significancia estadística. (\*\*\*) Diferencia significativa al 0.1% ( $p < 0.001$ ), (\*\*) Diferencia significativa al 1% ( $p < 0.01$ ), (\*) Diferencia significativa al 5% ( $p < 0.05$ ), () Diferencia no significativa.

**Fuente.** La autora

**Elaboración.** La autora

En la tabla 1, se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de nuestro estudio en donde se observa que la gradiente altitudinal tiene un p-valor  $< 0.05$ , por lo tanto es la que más influye con respecto a la respiración microbiana del suelo, por el contrario en los otros factores (distancia entre plantas y combinación gradiente altitudinal y distancia entre plantas) no se observa diferencia estadística significativa en los 4 pisos altitudinales.



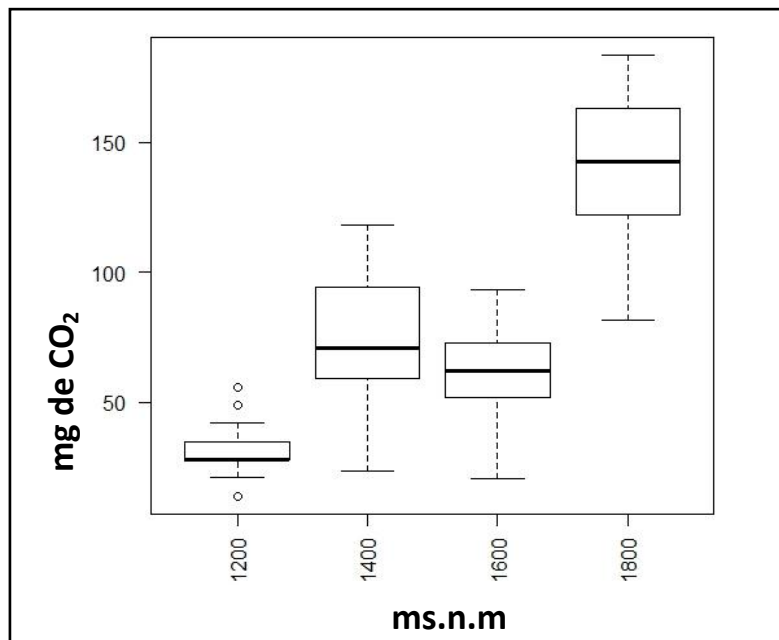
**Figura 4.** Prueba estadística Tukey con un nivel de confianza al 95%

**Fuente.** La autora

**Elaboración.** La autora

Como se observa en la figura 4, la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) demuestra diferencias estadísticamente significativas entre los contenidos de respiración microbiana del suelo en los distintos pisos altitudinales, a excepción de los pisos (1400-1600 ms.n.m) que no se registraron diferencias significativas ya que se encuentran entre la línea discontinua (0).

En el presente apartado se muestran los resultados obtenidos de la determinación de la respiración microbiana del suelo, basado en el método de Guitian & Carballas (1978), a los 10 días de incubación para las muestras de suelo provenientes del cantón Catamayo a diferentes gradientes altitudinales desde 1200 a 1800 ms.n.m.



**Figura 5.** Contenido de respiración microbiana del suelo por cada piso altitudinal

**Fuente.** La autora

**Elaboración.** La autora

En la figura 5, se describe la relación de la altitud frente a los contenidos de respiración microbiana del suelo, en la cual se observa que el promedio del contenido de RMS se encuentra en un rango desde 30.66 mg/CO<sub>2</sub> a 144.79 mg/CO<sub>2</sub>, en donde el valor más bajo corresponde a la altitud de 1200 ms.n.m y el más alto en 1800 ms.n.m. Valores que tienen concordancia con lo expuesto anteriormente en el ANOVA donde observamos una relación directamente proporcional del contenido de respiración microbiana del suelo con la altitud, es decir a mayor altitud se cuantifica el mayor contenido de respiración del suelo. Resultados similares son los expuestos por Medallo, (2006) que obtuvo valores medios de RMS entre 48.98 a 165.35 mg/CO<sub>2</sub> emitidos durante los 10 días de incubación en los suelos forestales y suelos bajo matorral en altura, estos resultados son comparables a los de nuestro estudio ya que se utilizó el mismo tiempo de incubación. De forma similar, Hamdi et al. (2011) demostraron que durante la fase de incubación a temperaturas de 25°C refleja una aceleración en la tasa de respiración del suelo por el aumento en la sensibilidad de la temperatura respecto a la descomposición del carbono orgánico.

Nuestros resultados reflejan que la cantidad de respiración microbiana del suelo aumenta a medida que aumenta la elevación. Según el estudio de Bardeli et al. (2017) se han demostrado que condiciones a altitudes elevadas (entre 1200 a 2400 ms.n.m) afectan la estructura y funcionamiento de las propiedades microbianas del suelo relacionando altas

cantidades microbianas por un aumento de los niveles de materia orgánica del suelo y nutrientes con altitud.

Según Rodeghiero & Cescatti, (2005) enfatizan que la respiración del suelo a lo largo de los gradientes altitudinales muestran sensibilidad por la interacción de numerosos factores ambientales como condiciones climáticas, temperatura, precipitación y la vegetación, que interactúan durante periodos de tiempo. De forma similar Luo et al. (2015) en su estudio, menciona que existen varios componentes como por ejemplo el cambio climático y temperatura asociados con el gradiente altitudinal, los cuales podrían tener un gran impacto en la respiración microbiana del suelo.

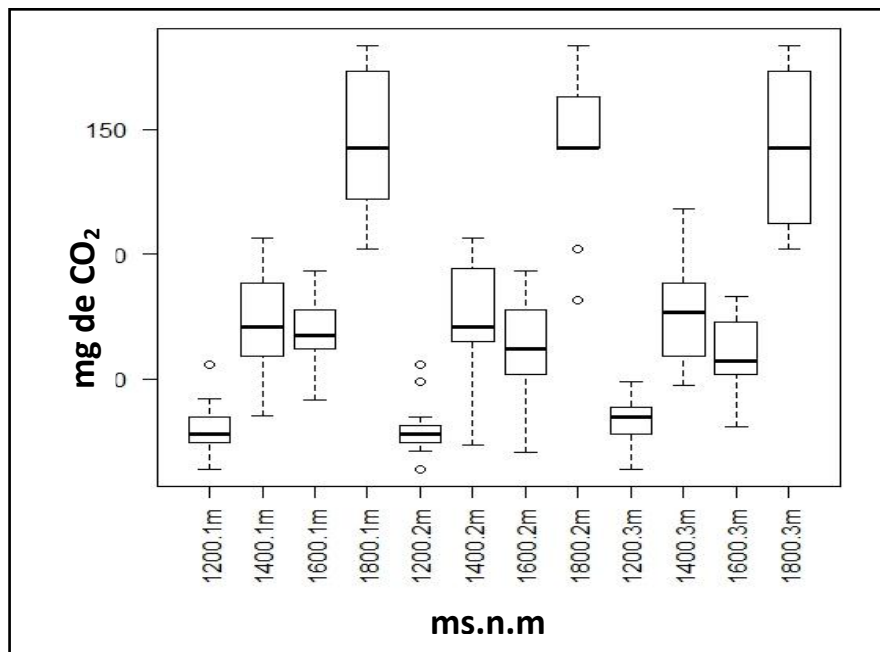
En nuestro estudio, observamos que la temperatura y precipitación posiblemente son los factores con más influencia en el contenido de respiración del suelo, ya que los valores más bajos de respiración microbiana del suelo se obtuvieron a una altura de 1200 ms.n.m zona donde Castillo-Monroy & Benítez. (2015) reportan altas temperaturas que en promedio son de 27.5°C y bajas precipitaciones que en promedio son de 382 mm/año. Según J. Zhao, Li, Li, & Tian. (2017) nos dice que la baja precipitación y temperatura alta pueden conllevar a un estrés por sequía en altitudes bajas lo cual podría restringir la actividad microbiana y de las raíces al estresar las plantas y los microorganismo del suelo, por lo tanto podría causar una disminución en la respiración microbiana del suelo, lo cual es observado en nuestro trabajo.

Del mismo modo, Li et al. (2017) nos indica que la condiciones secas del suelo causadas probablemente por el calentamiento en un ambiente limitado por el agua y precipitaciones bajas condujeron a una disminución en la respiración microbiana del suelo, lo que se puede atribuir a reducciones en la respiración heterótrofa y autótrofa asociada con la sequía inducida por temperaturas altas. En ese mismo sentido Daws & Rewcastle, (2015) explica que el factor de la humedad podría controlar la respiración microbiana del suelo en climas cálidos limitando la actividad microbiana en las gradientes altitudinales, lo cual se corrobora en nuestro estudio en el cual en el piso altitudinal más bajo (1200 ms.n.m) se tiene mayores temperaturas y menores contenidos de respiración microbiana del suelo.

Por otra parte es importante observar que los valores de respiración de suelos en las elevaciones de 1400 y 1600 ms.n.m son similares, no encontrándose diferencia significativa entre los valores a estas altitudes. Estos resultados posiblemente se deben a que estos pisos altitudinales tienen valores similares de temperatura y precipitación. Por otro lado también podría deberse a las condiciones topográficas similares que presentan estas zonas, ya que según Kane, Pregitzer, & Burton. (2017) en su estudio sobre gradiente (175 a 1450 ms.n.m) no encontró una relación significativa entre la respiración del suelo y la posición

topográfica que pueden verse atribuidas a diferencias entre los sitios en el contenido de materia orgánica, respiración de la raíz al nivel de la base y la cantidad de restos orgánicos anual.

Otro aspecto a considerar es el expuesto por Espíndola, Bobuřská, & Ferreira. (2018) explica que los cambios en el uso de la tierra, aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que una parte importante de la respiración global del suelo se ve afectada por el uso de la tierra agrícola, principalmente la labranza y uso de fertilizantes, por otro lado, Wei et al. (2016) reportaron grandes variaciones en la respiración del suelo en ecosistemas no forestales por el diferente cambio climático y la práctica de uso de la tierra.



**Figura 6.** Posición topográfica de la planta respecto a la respiración microbiana del suelo

**Fuente.** La autora

**Elaboración.** La autora

Nuestros resultados demuestran que no existe influencia sobre el contenido de respiración microbiana de las tres distancias de muestreo entre las plantas (1m, 2m, 3m) ya que como se observa en la figura 6, los rangos de mg/CO<sub>2</sub> son similares para cada uno de ellos respectivamente, estas variaciones pueden ser atribuidas a diferentes factores, según (Iost et al., 2007; Liang et al., 2015) el nitrógeno regula el crecimiento de las plantas e influye en las actividades microbianas que se relacionan con la producción de CO<sub>2</sub>, por lo tanto la ausencia de nitrógeno puede afectar la nutrición de las plantas directa e indirectamente a través de la actividad microbiana por lo cual su absorción no estará disponible en su totalidad.

Raich & Tufekcioglu, (2000) atribuye que la vegetación es un importante determinante de la respiración microbiana del suelo, por lo tanto, se ve afectada al alterar el microclima, estructura del suelo y puede controlarla a través de la producción de los detritos de la planta, que alimenta a los organismos del suelo, sin embargo en su estudio encontraron que la vegetación tiene poca influencia en las tasas de respiración del suelo al igual que nuestro estudio. Según los autores, debido a cambios que ocurren en la vegetación resultante de las actividades humanas o del cambio climático ya que tienen el potencial de modificar el flujo de CO<sub>2</sub> del suelo a la atmosfera.

De la misma manera, He et al. (2018) nos indica que las emisiones de nitrógeno (N) a la atmosfera provocadas por actividades humanas, tales como consumo de combustibles fósiles y fertilizantes agrícolas de N, ente otros, sufren una serie de trasformaciones físico-químicas durante el proceso de trasporte y el regreso a la superficie de la tierra, el depósito de N en el ecosistema terrestre cambia la disponibilidad de N en el suelo, lo que puede alterar la respiración microbiana del suelo a través de la formación de materia orgánica del suelo, entre otros factores ambientales.

Por otra parte, Liu et al. (2013) afirma en su estudio que la respiración del suelo aumento considerablemente después de la adición de fosforo a largo plazo, lo que indica que la actividad microbiana es alta con la adición de P, esto permite una trasformación más rápida de la materia orgánica en el suelo.

## CONCLUSIONES

- Mediante el Metodo de Guitian & Carballas (1996) se obtuvieron valores de respiración microbiana del suelo en un rango desde 30.66 mg/Co<sub>2</sub> a 144.79 mg/CO<sub>2</sub> en donde el menor contenido se encuentra en la altitud de 1800 ms.n.m.
- En los pisos altitudinales de 1400 y 1600 ms.n.m no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el contenido de la respiración microbiana del suelo posiblemente debido a las condiciones climáticas y topográficas similares en estos dos sitios.
- Las correlaciones significativas indican una relación directamente proporcional del contenido de respiración microbiana del suelo con la altitud, es decir a mayor altitud se cuantifica el mayor contenido de respiración del suelo.
- Las correlaciones significativas demuestran que no existe influencia sobre el contenido de respiración microbiana de las tres distancias de muestreo entre las plantas (1m, 2m, 3m).

## RECOMENDACIONES

- Considerar para futuros trabajos, realizar un análisis sobre la microfauna o microdiversidad para interpretar de mejor manera los resultados del contenido de la respiración del suelo.
- La valoración de la respiración microbiana del suelo se debe hacer con una tituladora automática para obtener mejor precisión en los resultados.
- Analizar las muestras de suelo frescas acorde sean recolectadas para evitar que quede almacenado por mucho tiempo.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguirre-Mendoza, Z. (2012). Bosques secos. Retrieved from [http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/21/14042335632720/especies\\_forestales\\_bosques\\_secos\\_del\\_ecuador.pdf](http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/21/14042335632720/especies_forestales_bosques_secos_del_ecuador.pdf)
- Aguirre Mendoza, Z., Aguirre Mendoza, N., & Muñoz, J. (2017). Biodiversidad de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 523–542. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24206>
- Aguirre, Z., Kvist, L. P., Sánchez, O., Aguirre M, Z., Kvist, L. P., & Sánchez T, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, (8), 161–187. <https://doi.org/10.1017/S0009838800012258>
- Ananyeva, N. D., Rogovaya, S. V, Ivashchenko, K. V, Vasenev, V. I., Sarzhanov, D. A., & Ryzhkov, O. V. (2016). Carbon dioxide emission and soil microbial respiration activity of Chernozems under anthropogenic transformation of terrestrial ecosystems, 5(2), 146–154.
- Armijos, D., Jara, A., & Cisneros, R. (2016). Nuevos aportes al conocimiento de avifauna en la region Tumbesina; implicaciones para la conservacion de la Reserva de Biosfera del Bosque seco, Zapotillo, Ecuador. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 13–23(August). <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.03>
- Bardelli, T., Gómez-brandón, M., Ascher-jenull, J., Fornasier, F., Arfaioli, P., Francioli, D., ... Pietramellara, G. (2017). Science of the Total Environment Effects of slope exposure on soil physico-chemical and microbiological properties along an altitudinal climosequence in the Italian Alps. *Science of the Total Environment*, The, 575(september), 1041–1055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.176>
- Bennett, D. M. (2014). Colombia forestal. *British Journal of Psychiatry*, 205(01), 76–77. <https://doi.org/10.1192/bjp.205.1.76a>
- Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., ... Brussaard, L. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120(September 2017), 105–125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Burns, R., Shaw, L., Bloem, J., Schouten, A. J., Sorensen, S. J., Rutgers, M., ... Breure, A. M. (2005). *Monitoring and evaluating soil quality. Microbiological methods for assessing soil quality.* <https://doi.org/10.1079/9780851990989.0023>
- Caprez, R., Niklaus, P. A., & Ko, C. (2012). Forest soil respiration reflects plant productivity across a temperature gradient in the Alps, 1143–1154. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2371-3>
- Castillo-Monroy, A., & Benítez, Á. (2015). Patrones de abundancia y riqueza de componentes de la costra biológica del suelo en un matorral seco del sur de Ecuador. *Avances En Ciencias e Ingenierias*, 7(1).

- Cruz, A. B., Barra, J. E., Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 13(2), 90–97.
- Cuesta, F., Peralvo, M., & Valarezo, N. (2009). *Los bosques montanos de los Andes Tropicales*.
- Durango, W., Uribe, L., Henríquez, C., & Mata, R. (2013). Respiración, Biomasa Microbiana Y Actividad Fosfatasa Del Suelo En Dos Agroecosistemas Y Un Bosque En Turrialba, Costa Rica. *Bioagro*, 25(1), 175–180. Retrieved from [www.mag.go.cr/rev%0Awww.cia.ucr.ac.cr](http://www.mag.go.cr/rev%0Awww.cia.ucr.ac.cr)
- Espíndola, S. P., Bobuľská, L., & Ferreira, A. de S. (2018). Impact of nitrogen additions on soil microbial respiration and temperature sensitivity in native and agricultural ecosystems in the Brazilian Cerrado. *Journal of Thermal Biology*, 75(December 2017), 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.06.005>
- Espinosa, C. I., Luzuriaga, A. L., De la Cruz, M., Montero, M., & Escudero, A. (2013). Co-occurring grazing and climate stressors have different effects on the total seed bank when compared to the persistent seed bank. *Journal of Vegetation Science*, 24(6), 1098–1107. <https://doi.org/10.1111/jvs.12043>
- Fang, C., & Moncrieff, J. B. (2005). The variation of soil microbial respiration with depth in relation to soil carbon composition. *Plant and Soil*, 268(1), 243–253. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-0278-4>
- Farhate, C. V. V., De Souza, Z. M., Oliveira, S. R. M., Carvalho, J. L. N., Scala Júnior, N. L., & Santos, A. P. G. (2018). Classification of soil respiration in areas of sugarcane renewal using decision tree. *Scientia Agricola*, 75(3), 216–224. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0473>
- Ferreira, A. S., Amelia, M., Santos, D. O. S., & Corrêa, G. F. (2013). Soil microbial response to glucose and phosphorus addition under agricultural systems in the Brazilian Cerrado, 85, 395–403.
- Gomez-Casanovas, N., Matamala, R., Cook, D. R., & Gonzalez-Meler, M. A. (2012). Net ecosystem exchange modifies the relationship between the autotrophic and heterotrophic components of soil respiration with abiotic factors in prairie grasslands. *Global Change Biology*, 18(8), 2532–2545. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02721.x>
- Gutiérrez, M. E., Gil-Sotres, F., Leirós, M. C., & Trasar-Cepeda, C. (2013). Sensitivity of soil respiration to moisture and temperature. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(ahead), 0–0. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162013005000035>
- Hamdi, S., Chevallier, T., Ben Aïssa, N., Ben Hammouda, M., Gallali, T., Chotte, J. L., & Bernoux, M. (2011). Short-term temperature dependence of heterotrophic soil respiration after one-month of pre-incubation at different temperatures. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(9), 1752–1758. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.05.025>
- Han, G., Zhou, G., Xu, Z., Yang, Y., Liu, J., & Shi, K. (2007). Biotic and abiotic factors controlling the

- spatial and temporal variation of soil respiration in an agricultural ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(2), 418–425. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.08.009>
- He, Y., Qi, Y., Dong, Y., Peng, Q., Guo, S., Yan, Z., ... Wang, L. (2018). Effects of changing C and N availability on soil respiration dynamics in a temperate grassland in northern China. *Geoderma*, 329(March), 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.020>
- Hwan OH, N., & Richter, D. (2004). Soil acidification induced by elevated atmospheric CO<sub>2</sub>. *Global Change Biology*, 2, 1936–1946. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00864.x>
- lost, S., Universit, T., Doctor, G., Prof, M., Prof, R., Dresden, T. U., & Dresden, T. U. (2007). *Soil respiration , microbial respiration and mineralisation in soils of montane rainforests of Southern Ecuador : influence of altitude Dissertation*. Universidad de Dresden.
- Juarez Sanz, M., Sanchez Andreu, J., & Sanchez Sanchez, A. (2006). *Química del suelo y medio ambiente*. (P. de la U. de Alicante, Ed.). Alicante, España.
- Kane, E. S., Pregitzer, K. S., & Burton, A. J. (2017). Soil respiration along environmental gradients in Olympic National Park. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(10), 2190–2195. <https://doi.org/10.1007/s>
- Karlen, D. L., Ditzler, C. A., & Andrews, S. S. (2003). Soil quality: Why and how? *Geoderma*, 114(3–4), 145–156. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00039-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00039-9)
- Kotas, P., Šantráková, H., Elster, J., & Kaštovská, E. (2018). Soil microbial biomass, activity and community composition along altitudinal gradients in the High Arctic (Billefjorden, Svalbard). *Biogeosciences*, 15(6), 1879–1894. <https://doi.org/10.5194/bg-15-1879-2018>
- Li, G., Kim, S., Han, S. H., Chang, H., & Son, Y. (2017). Effect of soil moisture on the response of soil respiration to open-field experimental warming and precipitation manipulation. *Forests*, 8(3), 8–11. <https://doi.org/10.3390/f8030056>
- Liang, G., Houssou, A. A., Wu, H., Cai, D., Wu, X., Gao, L., ... Li, S. (2015). Seasonal patterns of soil respiration and related soil biochemical properties under nitrogen addition in winter wheat field. *PLoS ONE*, 10(12), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144115>
- Liu, L., Zhang, T., Gilliam, F. S., Gundersen, P., Zhang, W., Chen, H., & Mo, J. (2013). Interactive Effects of Nitrogen and Phosphorus on Soil Microbial Communities in a Tropical Forest. *PLoS ONE*, 8(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061188>
- Luo, S., Liu, G., Li, Z., Hu, C., Gong, L., Wang, M., & Hu, H. (2015). Soil respiration along an altitudinal gradient in a subalpine secondary forest in China. *IForest*, 8(AUG2015), 526–532. <https://doi.org/10.3832/ifor0895-007>
- Medallo, I. (2006). *Calidad de los suelos en ambientes calizos mediterráneos: Parque Natural de Sierra María - Los Vélez*. Universidad de Granada.

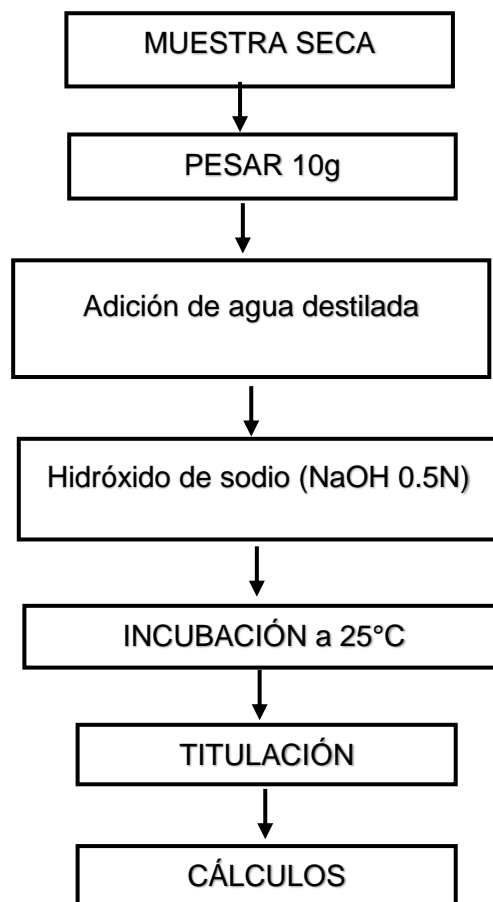
- Mendoza, Z., Linares-Palomino, R., & Peter, L. (2006). Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú. *Arnaldoa*, 13(2), 324–346.
- Mirás Avalos, J. M., Sande Fouz, P., & Vidal Vázquez, E. (2007). Soil basal respiration in the upper and lower slope of a conventional cultivated field. *Cadernos Do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 32(32), 139–150.
- Mohammed, M. A. (2015). Impact of Soil Microbial Respiration on Atmospheric Carbon Under Different Land Use in Part of Kano State , Northern Nigeria, 1(5), 158–164.
- Murphy, P. G., Lugo, A. E., & Murphy, P. G. (2007). Ecology of tropical dry. *Annual Review Of Ecology and Systematics*, 17(1986), 67–88.
- Nguyen, T. T., & Marschner, P. (2017). Soil Respiration, Microbial Biomass and Nutrient Availability in Soil After Addition of Residues with Adjusted N and P Concentrations. *Pedosphere*, 27(1), 76–85. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60297-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60297-2)
- Raich, J., & Tufekcioglu, A. (2000). Vegetation and Soil Respiration : Correlations and Controls James W . Raich ; Aydin Tufekcioglu. *Biogeochemistry*, 48(1), 71–90.
- Ramírez Palacio, Á. A., & Moreno Hurtado, F. H. (2008). Microbial and root respiration in soils of tropical. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 61(1), 4381–4393.
- Rodeghiero, M., & Cescatti, A. (2005). Main determinants of forest soil respiration along an elevation / temperature gradient in the Italian Alps. *Global Change Biology*, 11, 1024–1041. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00963.x>
- Shao, P., Zeng, X., Moore, D. J. P., & Zeng, X. (2013). Soil microbial respiration from observations and Earth System Models. *Environmental Research Letters*, 8(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/034034>
- Wang, L., Han, Z., & Zhang, X. (2010). Effects of Soil pH on CO<sub>2</sub> Emission from Long-Term Fertilized Black Soils in Northeastern China. *Scientific Research*, (0812000050), 58–61. Retrieved from <http://file.scirp.org/pdf/5-1.1.13.pdf>
- Wang, Q., He, N., Yu, G., Gao, Y., Wen, X., Wang, R., ... Yu, Q. (2016). Soil microbial respiration rate and temperature sensitivity along a north-south forest transect in eastern China: Patterns and influencing factors. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 121(2), 399–410. <https://doi.org/10.1002/2015JG003217>
- Wei, L., Liu, J., Su, J., Jing, G., Zhao, J., Cheng, J., & Jin, J. (2016). Effect of clipping on soil respiration components in temperate grassland of Loess Plateau. *European Journal of Soil Biology*, 75(July), 157–167. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.06.003>
- Wiseman, P., & Seiler, J. (2004). Soil CO<sub>2</sub> efflux across four age classes of plantation loblolly pine ( *Pinus taeda* L .) on the Virginia Piedmont. *Forest Ecology and Management*, 92, 297–311.

Zhao, C., Miao, Y., Yu, C., Zhu, L., Wang, F., Jiang, L., & Hui, D. (2016). Soil microbial community composition and respiration along an experimental precipitation gradient in a semiarid steppe. *Nature Publishing Group*, (January), 1–9. <https://doi.org/10.1038/srep24317>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

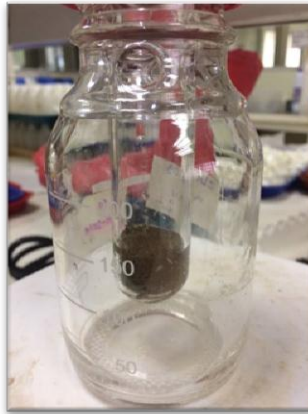
Diagrama de flujo para el método de Guitian & Carballas



## ANEXO 2

### FASE DEL LABORATORIO

**Figura 7.** Extracción alcalina de la muestra de suelo



**Figura 8.** Incubación a 25°C



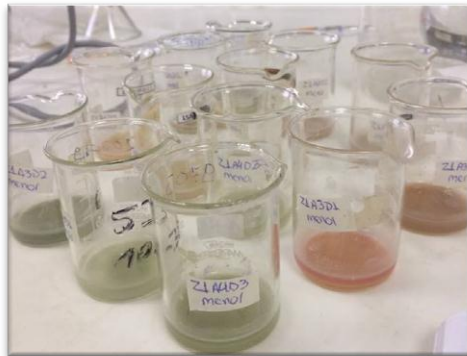
### ANTES DE LA TITULACION

**Figura 9.** Precipitación de los carbonatos con  $\text{BaCl}_2$  al 20% + Reacción de titulación con indicador fenolftaleína



### DESPUES DE LA TITULACIÓN

Figura 10. Determinación de la respiración microbiana del suelo con HCl 0.5N



### ANEXO 3

#### Determinación de valores de humedad

Para determinar la humedad se pesó 50 g de suelo de la muestra previamente preparada, luego se colocó en una probeta de 100 ml, se registró el volumen ocupado por la cantidad de suelo, se le añadió primero 5 ml de agua y así sucesivamente hasta saturar, una vez saturada se anotó el volumen gastado de agua destilada, finalmente se realizó el siguiente calculo:

Gradiente altitudinal:

(1200 ms.n.m)	(1400 ms.n.m)	(1600 ms.n.m)	(1800 ms.n.m)
$\begin{array}{l} 50\text{g} \nearrow 15\text{ml} \\ 10\text{g} \searrow x=3\text{ml} \end{array}$	$\begin{array}{l} 50\text{g} \nearrow 20\text{ml} \\ 10\text{g} \searrow x=4\text{ml} \end{array}$	$\begin{array}{l} 50\text{g} \nearrow 20\text{ml} \\ 10\text{g} \searrow x=4\text{ml} \end{array}$	$\begin{array}{l} 50\text{g} \nearrow 20\text{ml} \\ 10\text{g} \searrow x=4\text{ml} \end{array}$

Una vez realizados los cálculos por cada gradiente altitudinal se obtuvieron la cantidad de agua destilada a utilizar.

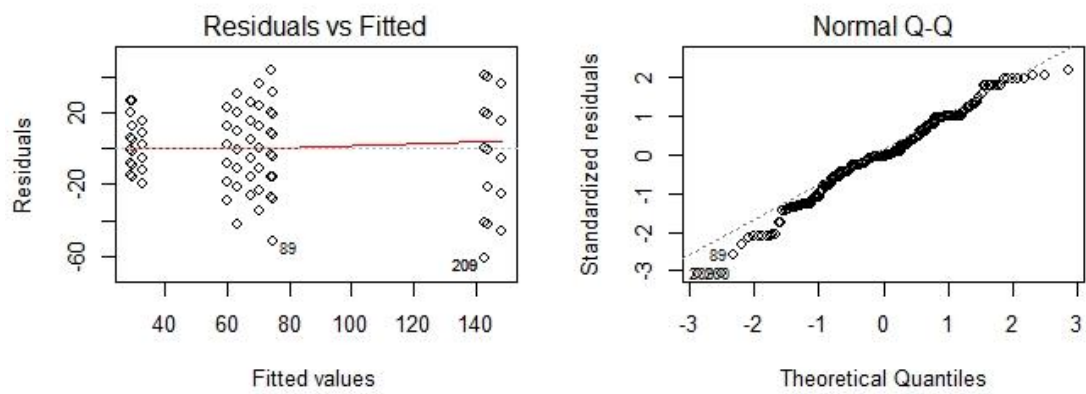


**Figura 11.** Análisis de humedad de las muestras de suelo.

**Fuente.** La autora

## ANEXO 4

Verificación de los supuestos del modelo lineal.



**Figura 12.** Igualdad de varianza y Normalidad

**Fuente.** La autora