



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO EN
DIFERENTES PRÁCTICAS DE MANEJO DE
AGROECOSISTEMAS EN SAN MIGUEL DE QUERA-CACHA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTOR:

HENRY DAVID SAUCE GADÑAY

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO EN
DIFERENTES PRÁCTICAS DE MANEO DE AGROECOSISTEMAS
EN SAN MIGUEL DE QUERA-CACHA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTOR: HENRY DAVID SAUCE GADÑAY

DIRECTOR: Ing. VICENTE JAVIER PARRA LEÓN Msc.

Riobamba – Ecuador

2023

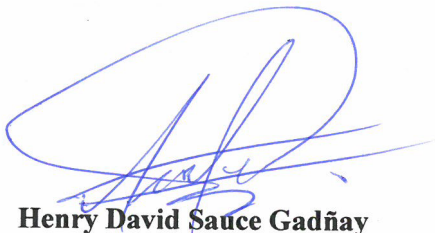
© 2023, Henry David Sauce Gadñay

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

Yo, Henry David Sauce Gadñay, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de noviembre de 2023

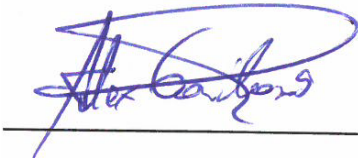


Henry David Sauce Gadñay

C.I. 060547768-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO EN DIFERENTES PRÁCTICAS DE MANEJO DE AGROECOSISTEMAS EN SAN MIGUEL DE QUERA-CACHA**, realizado por el señor: **HENRY DAVID SAUCE GADÑAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Alex Vinicio Gavilánez Montoya PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-11-20
Ing. Vicente Javier Parra León Msc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-20
Ing. Ana Carola Flores Mancheno Msc. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-20

DEDICATORIA

Dedico el trabajo con mucho cariño a mis padres Martín e Isabel, que me han guiado en cada etapa de mi vida para superar los obstáculos presentados, expreso mi gratitud por el apoyo económico y personal. A mis hermanos Andrés y Alexander quienes son la razón de mi felicidad y principal motivación para afrontar todos los desafíos académicos que se me han presentado; a mis tías Carmita, Gladys, Consuelo que me han ayudado en los momentos más difíciles de mi vida, muchas gracias por estar cuando sentía que no podía y estaba por rendirme.

David

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darme la fortaleza necesaria para alcanzar todos los objetivos propuestos durante mi vida; a todos los docentes quienes fueron guías académicos en la etapa universitaria, agradezco de manera especial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme sus puertas y poder formarme como profesional, mis más sinceros agradecimientos al proyecto de vinculación Centro de Bioconocimiento de la carrera de Recursos Naturales Renovables y a la fundación EKORURAL por el financiamiento de mi trabajo de integración curricular. Expreso mi agradecimiento a toda mi familia y amigos Carolina J, Emily V, Jefferson R, quienes me han acompañado en todo mi trayecto universitario; para finalizar agradezco de manera especial a Nicole M quien supo apoyarme y acompañarme en todo momento

David

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Objetivos.....	2
<i>1.2.1 Objetivo General.....</i>	<i>2</i>
<i>1.2.2 Objetivos Específicos.....</i>	<i>2</i>
1.3 Justificación.....	3
1.4 Hipótesis.....	3
<i>1.4.1 Hipótesis Nula.....</i>	<i>3</i>
<i>1.4.2 Hipótesis Alternativa.....</i>	<i>3</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 El Suelo.....	4
2.2 Tipos de suelos.....	4
2.3 Agricultura Convencional.....	8
2.4 Agroecología.....	8
2.5 Principales técnicas agroecológicas.....	9
<i>2.5.1 Labranza mínima.....</i>	<i>9</i>

2.5.2 <i>Rotación de cultivos</i>	10
2.5.3 <i>Abonos verdes</i>	10
2.5.4 <i>Cercas vivas</i>	10
2.5.5 <i>Policultivos</i>	11

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	12
3.1 Ubicación del área de estudio	12
3.2 Enfoque de la investigación	13
3.3 Alcance	13
3.4 Materiales y Métodos	14
3.4.1 Materiales y Equipos	14
3.4.2 Metodología	15

CAPITULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	23
4.1 Respiración del suelo mediante SOLVITA de laboratorio	23
4.1.1 Resultados obtenidos en la Finca 1	23
4.1.2 Resultados obtenidos en la Finca 2	27
4.1.3 Resultados obtenidos en la Finca 3	31
4.1.4 Resultados obtenidos en los Ecosistemas de referencia	36
4.1.5 Resultados obtenidos en los Ecosistemas degradados	37
4.2 Protocolo para determinar la respiración del suelo por incubación de KOH	38
4.2.1 Introducción	38
4.2.2 Objetivo	38
4.2.3 Materiales	38
4.2.4 Equipos	39
4.2.5 Reactivos	39

<i>4.2.6 Metodología</i>	39
4.3 Análisis estadístico	43
<i>4.3.1 Análisis de varianza</i>	43
<i>4.3.2 Pruebas post hoc</i>	43
<i>4.3.3 Verificación de supuestos</i>	44
<i>4.3.4 Comparación entre tipos de manejo de suelo y ecosistemas de referencia</i>	46

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES	50
6. RECOMENDACIONES	51

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Orden de los suelos según Soil Taxonomi para el Ecuador.....	5
Tabla 2-2: Principales ventajas de la labranza mínima en los suelos.....	9
Tabla 3-3: Nomenclatura para el análisis de resultados.....	13
Tabla 3-4: Materiales y equipos utilizados para determinar la respiración basal del suelo	14
Tabla 3-5: Materiales, equipos y reactivos para determinar la respiración del suelo	15
Tabla 3-6: Cantidad de agua según la muestra de suelo utilizada.....	16
Tabla 3-7: Guía para el análisis de resultados (metodología SOLVITA)	17
Tabla 4-8: Resultado de respiración F1M1	23
Tabla 4-9: Resultado de respiración F1M2.....	24
Tabla 4-10: Resultado de respiración F1M3.....	25
Tabla 4-11: Resultado de respiración F2M1	27
Tabla 4-12: Resultado de respiración de F2M2	28
Tabla 4-13: Resultado de respiración de F2M3	29
Tabla 4-14: Resultado de respiración de F3M1	32
Tabla 4-15: Resultado de respiración de F2M2	33
Tabla 4-16: Resultados de la F3M3	34

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Niveles taxonómicos del suelo	5
Ilustración 3-2: Ubicación de la zona en análisis	12
Ilustración 3-3: Colorímetro para determinar la respiración del suelo	17
Ilustración 4-4: Respiración del suelo en el manejo 1 de la finca 1	23
Ilustración 4-5: Respiración del suelo en el manejo 2 de la finca 1	24
Ilustración 4-6: Respiración del suelo de la finca 1 en el área de barbecho	25
Ilustración 4-7: Comparación de resultados en los distintos manejos de la Finca 1	26
Ilustración 4-8: Respiración del suelo del manejo 1 en la finca 2	28
Ilustración 4-9: Respiración del suelo en el manejo 2 de la finca 2	29
Ilustración 4-10: Respiración del suelo en el manejo 3 de la finca 2	30
Ilustración 4-11: Comparación de datos de manejo de la Finca 2	31
Ilustración 4-12: Respiración del suelo del manejo 1 en la finca 3	32
Ilustración 4-13: Respiración del suelo del manejo 2 en la finca 3	33
Ilustración 4-14: Resultado de respiración de manejo 3 en la finca 3	34
Ilustración 4-15: Comparación de datos de los tipos de manejo de la Finca 3	35
Ilustración 4-16: Resultados obtenidos en los ecosistemas de referencia	36
Ilustración 4-17: Respiración obtenida en los ecosistemas degradados	37
Ilustración 4-18: Prototipo del frasco de incubación	41
Ilustración 4-19: Análisis de varianza (ANOVA)	43
Ilustración 4-20: Prueba LSD para los tipos de manejo de suelo	44
Ilustración 4-21: Prueba de normalidad de residuos de los tipos de manejo de suelo	44
Ilustración 4-22: Prueba de Bartlett para los residuos de los tipos de manejo de suelo	45
Ilustración 4-23: Prueba de independencia para los tipos de manejo	46
Ilustración 4-24: ANOVA para la comparación de respiración según el uso de suelo	47
Ilustración 4-25: Prueba de Tukey para la comparación de respiración según el uso de suelo	47
Ilustración 4-26: Prueba de normalidad de residuos de respiración del suelo	48
Ilustración 4-27: Prueba de igualdad de varianzas para los residuos de la respiración	49

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: SALIDAS DE CAMPO Y SOCIALIZACIÓN CON LA COMUNIDAD

ANEXO B: TOMA DE MUESTRAS

ANEXO C: NOMENCLATURA DE LAS FINCAS Y TIPOS DE MANEJO

ANEXO D: ESQUEMA DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

ANEXO E: RESULTADOS DE RESPIRACIÓN POR SOLVITA

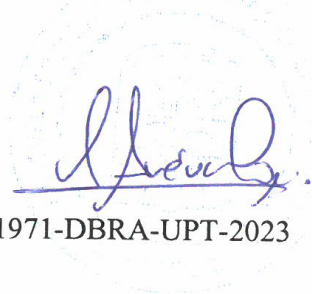
ANEXO F: ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

ANEXO G: PROTOTIPO DE LA TRAMPA PARA INCUBACIÓN DE KOH

RESUMEN

El presente análisis de la influencia de los manejos de suelo de cangahua en la actividad biológica del mismo (respiración) parte de un estudio realizado en la parroquia Cacha en el que se identifican tres fincas con distintos manejos del suelo; para el objetivo se planteó identificar la influencia de las prácticas agroecológicas en la actividad biológica del suelo en San Miguel de Quera – Cacha, mediante la aplicación de técnicas previamente analizadas. La actividad biológica del suelo que es un indicador de fertilidad se evaluó aplicando la respiración basal por prueba SOLVITA y se planteó un protocolo alternativo para determinar la respiración del suelo mediante incubación de KOH, para identificar la influencia de las prácticas agroecológicas en la respiración del suelo se desarrolló un modelo estadístico en bloques completo al azar con submuestreo; se evaluaron tres fincas que disponen de tres tipos de manejo de suelos (agroecológico, tradicional y barbecho), tres ecosistemas de referencia naturales y degradados. Los resultados de respiración obtenidos representan una fertilidad baja para los tres tipos de manejo, mientras que los ecosistemas de referencia naturales tienen una fertilidad media baja y los ecosistemas degradados presentaron los índices más bajos de fertilidad; así también se identificó que a un 93% de confiabilidad los tipos de manejo del suelo influyen en la actividad biológica del mismo. Finalmente se observó que el manejo tradicional reportó mayor índice de respiración en comparación a los otros tipos de manejo evaluados.

Palabras clave: < ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO >, < RESPIRACIÓN DEL SUELO >, < TIPOS DE MANEJO DE SUELO >, < FERTILIDAD >, < SAN MIGUEL DE QUERA (COMUNIDAD) >.



1971-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

The present analysis of the influence of cangahua soil management on its biological activity (respiration) is based on a study carried out in Cacha parish in which three farms with different soil management are identified; For the objective, it was proposed to identify the influence of agroecological practices on the biological activity of the soil in San Miguel de Quera – Cacha, through the application of previously analyzed techniques. The biological activity of the soil, which is an indicator of fertility, was evaluated by applying basal respiration by SOLVITA test and an alternate protocol was proposed to determine soil respiration through KOH incubation, to identify the influence of agroecological practices on soil respiration, a statistical model was developed in complete randomized blocks with subsampling; Three farms were evaluated that have three types of soil management (agroecological, traditional and fallow), three natural and degraded reference ecosystems. The respiration results obtained represent low fertility for the three types of management, while the natural reference ecosystems have a low average fertility and the degraded ecosystems presented the lowest fertility indices; thus, it was also identified that at 93% reliability of the types of soil management influence its biological activity. Finally, it was observed that traditional management reported a higher respiration rate compared to the other types of management evaluated.

Keywords: < SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY >, < SOIL RESPIRATION >, < TYPES OF SOIL MANAGEMENT >, < FERTILITY >, < SAN MIGUEL DE QUERA (COMMUNITY) >.



Lic. Lorena Hernández A. Mcs.

180373788-9

INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos que presenta mayor índice de explotación en nuestro país, debido a que la agricultura forma parte de las principales fuentes de ingreso económico para el sector rural, por lo que con el fin de maximizar la producción se desarrollan técnicas agrícolas que aceleran el proceso de degradación del suelo desencadenando en la pérdida de fertilidad del mismo. La degradación del suelo puede considerarse a aquel proceso en el que se perturba las principales características biofísicas del mismo afectando de manera directa a su funcionalidad, la biología del suelo es el componente que más afectación recibe por la aplicación de las técnicas agrícolas convencionales que como resultado genera la pérdida de fertilidad (FAO 2015, p. 2).

Los datos de degradación del suelo manifiestan que a nivel global cerca del 3% de cultivos llegan a presentar problemas de baja producción, debido a la falta de nutrientes del sustrato ya que en la mayor parte de los casos se deja de lado la importancia que presenta la variedad biológica subterránea y sus funciones ecológicas complejas que desempeñan. Estudios realizados evidencian que el suelo acoge aproximadamente el 25% de la biodiversidad a nivel mundial (Vatsyayana, 2020, p. 1).

La presente investigación se enfoca en la evaluación de las Propiedades Biológicas (PB) del suelo en la comunidad de San Miguel de Quera - Cacha, principalmente de la respiración basal (RB) y evaluar protocolos con metodologías aplicables en campo por los propios productores. Así también se plantea realizar un análisis estadístico que permita comparar la influencia de las prácticas de manejo agroecológico en relación a las prácticas convencionales.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

Los suelos de la comunidad de San Miguel de Quera – Cacha han sido sujeto de perturbaciones por las malas prácticas de cultivo desarrolladas, sin embargo, en los últimos años el interés por recuperar las principales funcionalidades del suelo ha permitido cambiar de estrategias agrícolas enfocadas en la agroecología.

En San Miguel de Quera las características geográficas permiten que el proceso de degradación de los suelos se desarrolle con mayor frecuencia, ya que, existen pendientes pronunciadas de hasta 60% de inclinación (GADPR CACHA, 2019, p. 35). En la parroquia de Cacha, la cangahua es el suelo que predomina caracterizándose principalmente por su baja presencia de nutrientes; la disponibilidad de agua para riego no es la adecuada por lo que los comuneros optan por abandonar las zonas productivas desencadenando en la erosión del suelo.

El análisis de las propiedades biológicas del suelo es un factor que no ha sido estudiado en los diferentes agroecosistemas que existen en San Miguel de Quera, por lo que la presente investigación evalúa la Respiración Basal y plantea un protocolo para analizar la respiración del sustrato mediante incubación de KOH como principales indicadores de la actividad biológica de los suelos; enfocándose en la necesidad de buscar nuevas alternativas para el manejo de los suelos en el área de análisis, es necesario realizar estudios del factor biológico del sustrato lo cual nos permitirá tener un diagnóstico inicial de las condiciones actuales.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo General*

Identificar la influencia de las prácticas agroecológicas en la actividad biológica del suelo en San Miguel de Quera – Cacha, mediante la aplicación de técnicas previamente analizadas.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Evaluar la respiración basal del suelo en diferentes tipos de manejos de fincas en San

Miguel de Quera.

- Elaborar un protocolo para la determinación de la respiración del suelo mediante la metodología de incubación de hidróxido de potasio (KOH).
- Identificar los agroecosistemas que presentan mayor influencia de la actividad biológica del suelo.

1.3 Justificación

La situación actual de los suelos en la zona de estudio no favorece a la productividad, debido a que el sustrato ha perdido su funcionalidad inicial; conforme pasa el tiempo es tomando un enfoque social, la necesidad de producir cultivos de manera orgánica ha aumentado, razón por lo cual se busca alternativas eficientes de producción sin alterar los recursos naturales. La presente investigación busca generar un mecanismo de apoyo en el manejo racional del recurso suelo, tomando en cuenta que este componente es poco estudiado a nivel global. De la misma manera, se pretende que este trabajo marque un precedente en cuanto al estudio de la biodiversidad del suelo, para que se puedan desarrollar alternativas sustentables de recuperación en base a la situación actual de cada caso de estudio.

El aporte que genera esta investigación ayudará a alcanzar el desarrollo sustentable, enfocándonos siempre en gestionar de una manera correcta los bienes y servicios que la naturaleza pone a disposición para el aprovechamiento.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis Nula

Los tipos de manejo del suelo no influyen de manera directa con la actividad biológica del suelo

1.4.2 Hipótesis Alternativa

Los tipos de manejo del suelo influyen de manera directa con la actividad biológica del suelo

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 El Suelo

La definición de suelo puede variar de acuerdo al aspecto de estudio al que se encuentre sujeto, para actividades agrícolas el suelo resulta ser un soporte fundamental debido a que es el principal medio de cultivo (Thompson, Troeh 2021, p. 2). Por su parte Navarro et al. (2022, p. 27), manifiestan que el suelo es un recurso finito de vital importancia en el desarrollo de las especies y organismos terrestres, debido a que cumple con funciones básicas entre las cuales se destaca el soporte para la vegetación; partiendo de un enfoque agrícola el suelo es considerado un sistema formado de manera discontinua con tres fases básicas (líquida, sólida y gaseoso) que forman el sustrato en el cual se genera la producción de las distintas especies.

2.2 Tipos de suelos

El suelo está formado por varias capas que se denominan horizontes, los mismos permiten tener una identificación clara de los factores formadores del suelo, así también los horizontes sirven para clasificar los distintos tipos de sustrato. Para la clasificación de los suelos en Ecuador el SIGTIERRAS toma como referencia las claves para la Taxonomía planteadas por el sistema estadounidense USDA que presenta en total 6 niveles taxonómicos de los suelos según sus características y fases de diagnóstico, estos criterios permiten desarrollar estudios directos de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos (SIGTIERRAS, 2019, p. 1)

A continuación, se presenta un esquema con los niveles taxonómicos para la clasificación de los suelos que utiliza el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) al momento de realizar análisis de las características de los suelos a nivel nacional:



Ilustración 2-1: Niveles taxonómicos del suelo

Fuente: SIGTIERRAS, 2019

Para el sistema USDA se plantean 6 categorías de clasificación de acuerdo a su importancia de estudio, sin embargo, los criterios para la identificación de los tipos de suelos utilizados en el Ecuador se rigen específicamente al Orden debido a que es el aspecto taxonómico más básico (SIGTIERRAS, 2019, p. 2).

En la tabla 2-1, se presentan los órdenes de suelo que se encuentran en el Ecuador:

Tabla 2-1: Orden de los suelos según Soil Taxonomi para el Ecuador

ORDEN	EXTENSIÓN (km ²)	CARÁCTERÍSTICAS
Alfisoles	10447,82	Presentan características arcillosas en su horizonte superficial lo que permite que la saturación de minerales supere el 35% debido a que se encuentran en zonas con relieves no muy pronunciados, son suelos que tienen bajos niveles de procesos de degradación, es decir son sustratos estables conforme pasa el tiempo. Por sus propiedades físicas estos suelos tienen una humedad limitada, aunque esto depende las condiciones climáticas del sector en el que se encuentre; estos suelos son utilizados principalmente para actividades agrícolas de ciclos cortos y pastizales, sin embargo, son ideales también para bosques.
Andisoles	38197,96	Suelos de origen volcánico con altos niveles de fertilidad debido a la presencia de elementos piroclásticos, se caracterizan por presentar una textura gruesa lo que permite una mayor conservación de humedad. Pese a sus propiedades biológicas estos sustratos tienden a retener compuestos químicos como el fósforo en estado natural lo cual no puede ser aprovechado de manera directa por las plantas. Se ubican en zonas con relieves mayores al 15%, por lo general están ocupados por zonas de páramos con especies arbustivas.

Aridisoles	1672,73	Suelos con características áridas muy poco evolucionados, es decir son sustratos relativamente jóvenes con presencia de pocos minerales debido a que se desarrollan en sectores con propiedades cálidas, tienen poca presencia de material vegetal en su superficie debido a que el nivel de humedad es bajo; pese a su baja disponibilidad de nutrientes de estos suelos, en el país se han desarrollado técnicas que permiten cultivar especies frutales con riego constante
Entisoles	13243,02	El proceso de formación de estos suelos resulta ser muy largo por lo que hasta la actualidad no se tiene registros edafogénicos de los horizontes que forman parte de este sustrato, están expuestos a procesos constantes degradación; sus propiedades biológicas hacen que sean uno de los suelos más aprovechados debido a su alta fertilidad, aunque son sustratos con problemas de inundación es decir tienen una saturación de humedad muy alta. Están ubicados en áreas con pendientes bastante pronunciadas mayores al 40%, en su gran mayoría son utilizados para actividades agrícolas
Histosoles	30,85	Suelos con alta disponibilidad de materia orgánica debido a sus propiedades físicas, se ubican principalmente a las orillas de algunos cuerpos de agua o en zonas de altas precipitaciones anuales, los histosoles son considerados como sustratos de importancia ecológica ya que son utilizados principalmente para el aprovechamiento de la materia orgánica de manera natural. En el Ecuador estos suelos ocupan tan solo 30,85 kilómetros cuadrados, pero son estudiados constantemente por los servicios ecosistémicos que pone a disposición de la naturaleza
Inceptisoles	8578,23	Se caracterizan por presentar horizontes de formación rápida, es decir, son sustratos de desarrollo joven con propiedades tanto físicas como químicas muy cambiantes de acuerdo al nivel de formación en el que se encuentre y las características climáticas a las que estén sometidos, por lo que se puede encontrar suelos inceptisoles con drenaje deficiente, así como suelos con drenaje óptimo para la aplicación de actividades agrícolas. Los Inceptisoles son el orden de suelo con mayor superficie a nivel nacional, presenta una gran importancia en el desarrollo económico de las zonas rurales del Ecuador, debido a que estos sustratos son aprovechados para la producción de cultivos a gran escala, así como bosques y especies forrajeras

Molisoles	18726,54	Presentan altos niveles de fertilidad principalmente en la parte superficial, sus propiedades físicas hacen que la vegetación tenga un óptimo desarrollo del sistema radicular, se caracterizan por adaptarse con facilidad a los cambios de clima conforme la región geográfica en los que se encuentren, es decir se los puede identificar en pisos climáticos secos y muy húmedos. Debido a la disponibilidad de material orgánico los Molisoles son aprovechados para la producción agrícola, desarrollo de sistemas agropecuarios y bosques nativos con abundante vegetación forestal
Oxisoles	186,42	Se caracterizan por desarrollarse en zonas con procesos de degradación, meteorización y lavado de nutrientes lo que permite que sean suelos con niveles de fertilidad casi inexistentes; debido a su gran porosidad los minerales se concentran en las profundidades del horizonte superficial lo cual da paso a la aglomeración de compuestos oxidantes como el hierro, por esta razón los suelos oxisoles presentan tonalidades rojizos o amarillentos. Son utilizados principalmente para actividades ganaderas ya que por su fertilidad es casi imposible desarrollar actividades agrícolas.
Ultisoles	17462,96	Tienen características semejantes a los alfisoles, pero presentan una superficie con propiedades argílicas debido a los factores climáticos de la zona en las que se encuentran, principalmente se ubican en sectores con altos índices de precipitación lo que da paso a los procesos de saturación de materiales dejando como resultado un suelo ácido debido a los niveles de evapotranspiración. Se desarrollan en relieves no muy pronunciados como la zona Periandina de la región Oriental.
Vertisoles	4058,23	Estos suelos se caracterizan por su impermeabilidad, contienen altos niveles de arcilla lo que le da un aspecto negruzco con compuestos poco asimilables para las especies vegetales, en épocas de precipitaciones constantes se forman grietas verticales dando como resultado una mezcla de compuestos a tal punto que se pueden identificar horizontes muy profundos y a su vez se forman micro relieves. Se ubican en las zonas costeras del país, por sus características edáficas no son utilizados para actividades agrícolas, sin embargo, según el manejo pueden ser aprovechables para la producción de arroz

Fuente: SIGTIERRAS, 2019.

Realizado por: Sauce D., 2023.

2.3 Agricultura Convencional

Se puede definir la agricultura convencional como aquellas metodologías de producción relacionadas con los procesos agrícolas que se centran en la aplicación desmedida de fertilizantes químicos, semillas transgénicas y maquinaria pesada. Las técnicas agrícolas que en la actualidad son conocidas como convencionales o tradicionales tuvieron su auge a partir de 1940 con el nacimiento de la revolución verde cuyo objetivo principal era aumentar la producción en el menor tiempo posible; es decir, las prácticas convencionales tratan de explotar al máximo las bondades del suelo (FAO, 2014; citado en Verdezoto 2021, p. 7).

La agricultura convencional es el uso de semillas que han sido alteradas genéticamente razón por la cual no están certificados como productos orgánicos, los métodos de producción convencionales se han utilizado durante miles de años, a menudo para desarrollar plantas con un crecimiento más rápido, mayores rendimientos, resistencia a plagas y enfermedades o semillas más grandes. Los cultivos convencionales pueden desarrollarse simplemente como productos básicos y entrar en el flujo de productos básicos donde se mezclan con otros cultivos, incluidos los transgénicos, o se pueden cultivar para cumplir con un requisito establecido por un mercado final, como un requisito químico o nutricional específico (USDA 2015, p. 1).

2.4 Agroecología

La explotación desmedida del recurso suelo ha dado como resultado la pérdida de fertilidad del mismo conforme pasa el tiempo, debido a que las prácticas agrícolas convencionales se basan en técnicas extractivistas; la agroecología nace en respuesta a la aplicación de metodologías agrícolas convencionales, por lo cual se puede definir a la agroecología como aquel proceso en el que se aplican metodologías agrícolas enfocadas en la sustentabilidad con la finalidad de optimizar los sistemas productivos respetando los derechos de la naturaleza, la agroecología a diferencia de la agricultura convencional, desarrolla técnicas ancestrales de manejo de recursos que son complementadas con procesos científicos previamente identificados (Gutiérrez, Aguilera, González, 2008, p. 3).

Según Barchuk et al. (2021, p. 86), la agroecología es un sistema mediante el cual se desarrolla el análisis multidisciplinario de los sistemas productivos denominados agroecosistemas, abarcando los elementos naturales así como también el factor humano; los agroecosistemas son definidos como mecanismos creados por la actividad humana que implica la modificación del ecosistema natural con el propósito de utilizar de forma sostenible el ambiente para producir plantas y animales que puedan ser consumidos directamente o transformados por los seres humanos. Los

agroecosistemas son grupos de plantas y animales que interactúan con el entorno físico y biológico, y son continuamente alterados por el hombre.

2.5 Principales técnicas agroecológicas

Las prácticas agroecológicas se enfocan en el mejoramiento continuo de las propiedades de los suelos, conforme pasa el tiempo y la necesidad de reemplazar las técnicas agrícolas convencionales, surgen nuevas metodologías de aprovechamiento del suelo que se basan en el manejo ecológico de los sustratos (Barchuk et al, 2021, p. 86). A continuación, se detallan las principales prácticas agroecológicas:

2.5.1 Labranza mínima

La labranza mínima es una técnica en la cual se evita el uso de maquinaria pesada al momento de cultivar el suelo, es decir trata de conservar los procesos biológicos que se desarrolla en el sustrato interviniendo lo menos posible en los procesos de preparación del suelo antes de la siembra (FAO, 2000; Hernández, 2008; citado en FAO, 2018, p. 71). La correcta labranza de los sustratos permite que el material orgánico presente sea más asimilable para las especies cultivadas, así también la labranza mínima ayuda a preservar la salud del suelo lo que permite obtener una producción de calidad en un periodo determinado de tiempo (Illapa, 2022, pp. 9–10).

En la tabla 2-2, se presentan las principales ventajas que brinda la labranza mínima a los suelos:

Tabla 2-2: Principales ventajas de la labranza mínima en los suelos

Ventajas de la labranza mínima	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la infiltración del agua y aumenta el nivel de retención de humedad
	<ul style="list-style-type: none"> • Regula el microclima del sustrato
	<ul style="list-style-type: none"> • Mantiene las propiedades actuales del suelo, principalmente su estructura
	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta la capacidad de retención de CO₂
	<ul style="list-style-type: none"> • Protege e impulsa los procesos biológicos que se desarrollan en el suelo
	<ul style="list-style-type: none"> • Evita procesos de erosión y degradación
	<ul style="list-style-type: none"> • La fertilidad del suelo aumenta debido a que se aprovecha al máximo la disponibilidad de materia orgánica

Fuente: FAO, 2018.

Realizado por: Sauce D., 2023.

2.5.2 *Rotación de cultivos*

La rotación de cultivos es una técnica agrícola basada en la continuidad de varios cultivos en la misma parcela a lo largo del tiempo, con el objetivo principal de mantener la fertilidad del suelo. Este método es importante para el desarrollo de sistemas de producción agrícola estables y diversificados que permiten la preservación del suelo, la rotación del cultivo implica la alternancia de varios tipos de especies vegetales en el sitio, lo que ayuda a prevenir la erosión del suelo y mantener su fertilidad. El uso de esta técnica también puede reducir la necesidad de usar fertilizantes químicos dando como resultado el correcto desarrollo de la biodiversidad en el campo (Kolmans y Vásquez, 1999; citados en FAO, 2018, p. 80).

2.5.3 *Abonos verdes*

Los abonos verdes es la aplicación de metodologías agrícolas que se centra en la inclusión de plantas o material vegetal sin descomponer en el suelo para mejorar su fertilidad y calidad. Los abonos verdes tienen la capacidad de absorber y volver asimilables a grandes cantidades de nutrientes que se encuentran en el medio físico (Caballero et al. 2011; FAO, 2000b; citado en FAO, 2018, p. 74). Las especies que mayor rendimiento han generado son las leguminosas y gramíneas, es por esto que las leguminosas resultan ser una forma significativa de aportar nitrógeno al suelo y a los cultivos futuros. La fijación biológica de nitrógeno que las leguminosas llevan a cabo en simbiosis con bacterias *Rhizobium spp* es la principal responsable de esta contribución de nitrógeno desde la atmósfera al suelo. Se estima que la incorporación de abonos verdes puede aportar cantidades variables de nitrógeno al suelo, por ejemplo, mediante estudios realizados se ha determinado un intervalo aproximado de fijación de nitrógeno, dependiendo la especie, para *Avena sativa* es de 50 a 80 kg N ha⁻¹, en el caso de la vicia se ha determinado que el intervalo está de 150 a 250 kg ha⁻¹. Para *Phaseolus vulgaris* el rango oscila entre 30 a 60 kg N ha⁻¹ y para la especie *Lupinus mutabilis* la fijación de nitrógeno está entre 300 y 600 kg N ha⁻¹ (Cartagena et al. 2021, p. 82).

2.5.4 *Cercas vivas*

Las barreras o cercas vivas son una técnica ancestral de agricultura y jardinería que ha sido redescubierta en las últimas décadas debido a su gran utilidad en la conservación de la biodiversidad y en la agricultura sostenible. Estas barreras vivas consisten en la plantación de árboles, arbustos y plantas trepadoras para crear una barrera natural que se utiliza para delimitar un perímetro o para proteger el suelo y las plantas de los vientos fuertes (FAO, 2018, p. 76).

Las barreras vivas son una alternativa interesante a las vallas y muros convencionales, ya que además de ser más estéticas, proporcionan muchos beneficios ambientales y ecológicos. En primer lugar, las barreras vivas son muy eficaces para reducir la erosión del suelo, ya que las raíces de los árboles y arbustos se extienden profundamente en la tierra y fijan el suelo con firmeza. Esto ayuda a proteger el suelo de la erosión provocada por el viento y la lluvia (Vargas, 2020, p. 27).

Otro de los beneficios más importantes de las barreras vivas es su capacidad para proporcionar sombra y refugio a la fauna local. Los árboles y arbustos crean un hábitat ideal para insectos, aves y otros animales, lo que a su vez ayuda a fomentar la biodiversidad en la zona. Esto es especialmente importante en las áreas urbanas, donde la fauna suele estar en peligro debido a la falta de espacio y de hábitats naturales (Vargas, 2020, p. 28).

2.5.5 *Policultivos*

Los policultivos son una práctica agrícola que consiste en cultivar varias especies de plantas en una misma área, en lugar de monocultivos. Esta práctica ha ganado importancia en la agricultura sostenible debido a sus beneficios en términos de resiliencia de los sistemas agrícolas, producción de alimentos y biodiversidad; pueden aumentar significativamente la producción de alimentos en comparación con los monocultivos, a la vez que reducen los costos de producción y mejoran la calidad del suelo. Además, los policultivos son más resistentes a las perturbaciones climáticas y las enfermedades de las plantas, lo que los hace más sostenibles a largo plazo (Vargas 2020, p. 96).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación del área de estudio

El presente trabajo de integración curricular se desarrolló en la Parroquia Cacha perteneciente al cantón Riobamba, en la comunidad de San Miguel de Quera, partiendo de un estudio previo en el que se han identificado tres fincas con manejo agroecológico que sirvieron como muestra para el levantamiento de información.

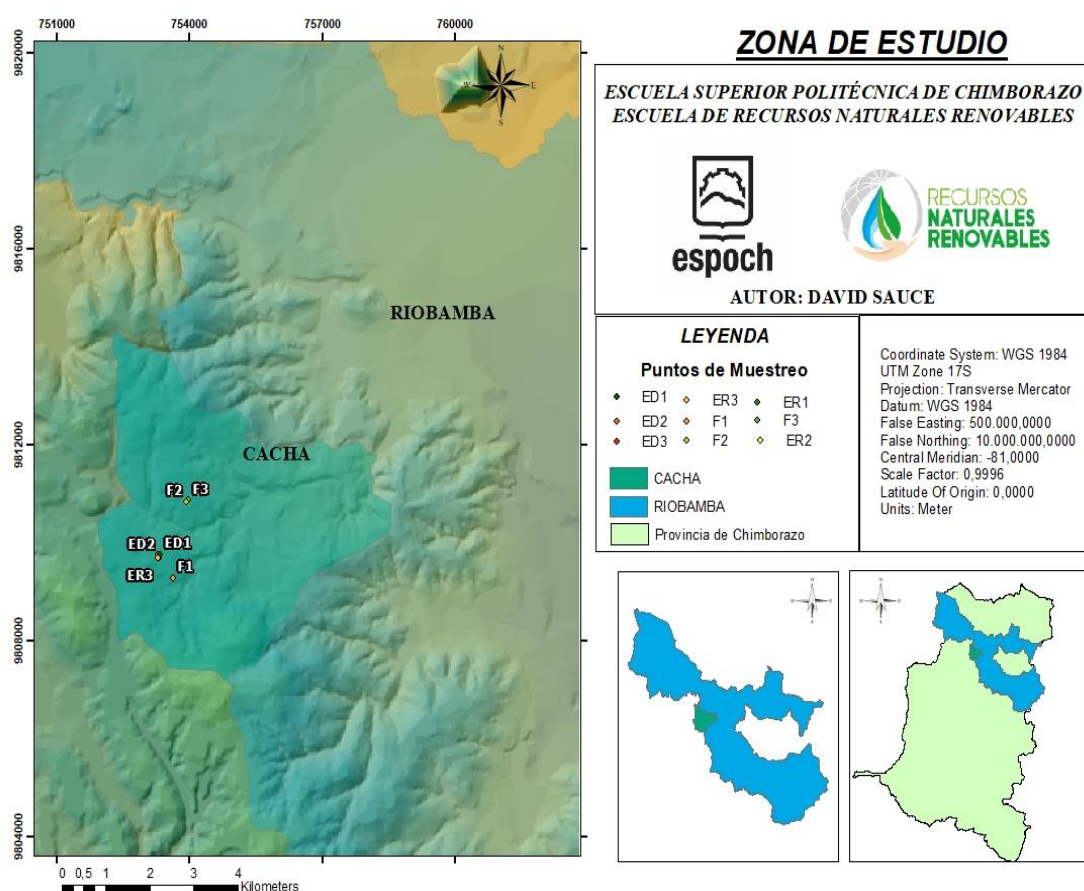


Ilustración 3-2: Ubicación de la zona en análisis

Realizado por: Saucedo D., 2023.

Para el desarrollo de la interpretación de los resultados obtenidos en el presente trabajo de integración curricular se optó por generar una nomenclatura que se detalla en la tabla 3-3; trabajar con la nomenclatura permitió tener mayor claridad al momento del análisis de los resultados obtenidos, cada clave representa un factor relacionado al estudio tomando en cuenta que se analizaron tres fincas que presentan tres tipos de manejo; así también se tomaron tres ecosistemas

de referencia que son poco intervenidas por la actividad antropogénica y tres áreas degradadas para la comparación de la influencia que tiene el manejo del suelo en la actividad biológica (respiración). Por cada tratamiento se realizaron tres repeticiones.

Tabla 3-3: Nomenclatura para el análisis de resultados

Clave	Significado
F1	Finca 1
F2	Finca 2
F3	Finca 3
M1	Manejo 1 (Tratamiento agroecológico)
M2	Manejo 2 (Tratamiento tradicional)
M3	Manejo 3 (Barbecho)
ER1	Ecosistema de Referencia 1
ER2	Ecosistema de Referencia 2
ER3	Ecosistema de Referencia 3
AD1	Área Degradada 1
AD2	Área Degradada 2
AD3	Área Degradada 3
R1	Repetición 1
R2	Repetición 2
R3	Repetición 3

Realizado por: Sauce D., 2023.

3.2 Enfoque de la investigación

El presente trabajo de integración curricular adoptó como principal enfoque una investigación cuantitativa, debido a que se utilizaron técnicas de levantamiento o recolección de datos que posteriormente fueron analizados mediante metodologías estadísticas. Como parte de la investigación se aplicó ensayos que arrojaron datos cuantificables que permitieron evaluar las hipótesis planteadas.

3.3 Alcance

El presente trabajo de integración curricular se enfocó en analizar la respiración del suelo de tres fincas debidamente identificadas con distintos manejos agrícolas, con la finalidad de identificar y evaluar indicadores de la salud del suelo como parte de la calidad que tiene en la actualidad el

mismo, en la localidad San Miguel de Quera, así también, se tomó como referencia 3 áreas con el suelo en proceso de degradación y 2 zonas naturales con plantaciones de especies nativas.

3.4 Materiales y Métodos

Se tomaron en cuenta tres fincas que desarrollan prácticas agrícolas, para el presente trabajo se identificó tres técnicas (manejo agroecológico, tradicional y barbecho) en cada finca, adicionalmente se tomaron muestras de tres suelos degradados y dos de áreas naturales, con la finalidad de realizar las comparaciones necesarias para la evaluación de las hipótesis planteadas. Para el análisis de las muestras de las fincas se realizaron tres repeticiones por cada manejo desarrollado; se obtuvieron 42 unidades experimentales.

3.4.1 Materiales y Equipos

3.4.1.1 *Objetivo específico 1: Evaluar la respiración basal del suelo mediante la metodología SOLVITA en laboratorio, para diferentes prácticas de manejo, en San Miguel de Quera*

Para el cumplimiento del primer objetivo específico se determinó la respiración basal del suelo utilizando sondas SOLVITA para procesos de laboratorio, en la tabla 3-4 se presentan los materiales utilizados en la metodología.

Tabla 3-4: Materiales y equipos utilizados para determinar la respiración basal del suelo

Respiración basal del suelo por prueba SOLVITA			
Materiales	Cantidad	Equipos	Cantidad
Tamiz 400 micrones	1	Sondas SOLVITA	45
Agua destilada	4,5 L	Frascos de polietileno de 473 ml, con sellado hermético	9
Cinta de marcaje	1 rollo	Micropipeta de precisión de 1000 microlitros	1
Jabón líquido	1 L		

Realizado por: Sauce D., 2023

3.4.1.2 *Objetivo específico 2: Elaborar un protocolo para la determinación de la respiración del suelo mediante la metodología de incubación de hidróxido de potasio (KOH)*

En la tabla 3-5, se plantean los materiales, equipos y reactivos necesarios para el cumplimiento del segundo objetivo específico planteado que se relaciona con la mineralización de carbono mediante la respiración del suelo mediante incubación con KOH.

Tabla 3-5: Materiales, equipos y reactivos para determinar la respiración del suelo

Incubación con hidróxido de potasio KOH					
Materiales	Unidades	Equipos	Unidades	Reactivos	Cantidad
Frascos con tapas de boca ancha	45	Pipeta de precisión	1	Agua desionizada (en L)	6
Tamiz de 400 micrones	1	Balanza de precisión	1	KOH 0,5M	1
Papel filtro	2	pHmetro	1		
Papel de pesaje	1 paquete				
Vaso de precipitados	2				
Guantes					
Frasco de 1/2 galón	1				
Tina de lavado	1				
Tiras de prueba de Ph	1 paquete				

Realizado por: Sauce D., 2023.

3.4.1.3 *Objetivo específico 3: Identificar los agroecosistemas que presentan mayor influencia de la actividad biológica del suelo*

Para el cumplimiento del tercer objetivo específico que nos permitió identificar los agroecosistemas que presentan mayor influencia de la actividad biológica del suelo, nos basamos en técnicas estadísticas para la interpretación de resultados, por lo cual utilizamos el software de libre acceso Infostat.

3.4.2 *Metodología*

3.4.2.1 *Objetivo específico 1: Evaluar la respiración basal del suelo mediante la metodología SOLVITA en laboratorio, para diferentes prácticas de manejo, en San Miguel de Quera*

La metodología SOLVITA en laboratorio propone evaluar la cantidad de dióxido de carbono que emite el suelo tamizado en un determinado tiempo, el procedimiento fue realizado con las

muestras secas a temperatura ambiente y posteriormente rehumedecidas (espacio poroso) al 50%. Las etapas que se desarrollaron para determinar la respiración basal del suelo por SOLVITA se detallan a continuación:

- La muestra de suelo a ser analizada fue secada a temperatura ambiente durante 24 horas, con la finalidad de obtener una correcta descarga de CO₂.
- El suelo a evaluar fue procesado iniciando con el tamizado a 400 micrones, se procedió a triturar los agregados de mayor tamaño.
- En esta metodología se utilizaron 30 centímetros cúbicos (cc) de suelo, para mayor precisión los frascos herméticos SOLVITA cuentan con un vaso pequeño con las medidas necesarias.
- Para determinar la respiración del suelo fue necesario hidratar las muestras de suelo que fueron previamente medidas (30 cc), aplicando el modelo espacio de poros llenos de agua por sus siglas en inglés WFPS, que consiste en aplicar agua a la muestra de suelo mediante difusión. En la tabla 3-6 se presenta la cantidad de agua recomendable por cantidad de muestra:

Tabla 3-6: Cantidad de agua según la muestra de suelo utilizada

Peso de 30 cc suelo en gramos	Cantidad de agua (ml)	% de WFPS resultante	Agua para el 50% de WFPS (ml)
25	9	44	10,2
27	9	46	9,9
29	9	47	9,5
31	9	49	9,1
33	9	52	8,7
35	9	54	8,3

Fuente: Shedekar, 2019.

Como se evidencia en la tabla 3-6 es necesario de 9 ml de agua recomendada para rehidratar 30 cc de muestra de suelo, así también se sabe que el porcentaje de WFPS puede variar desde 44% hasta el 54%, conforme sea el peso de los 30 cc de sustrato.

- La rehidratación del sustrato se lo realizó con ayuda de una micropipeta de 1 ml de capacidad, el proceso de dispersión de agua fue realizado gota a gota con la finalidad de evitar que se formen grumos en la superficie de la muestra.
- Una vez que la muestra esté lista según las especificaciones detalladas anteriormente, se procedió a colocar el vaso pequeño dentro del frasco SOLVITA. A continuación, se colocó la sonda SOLVITA que determina la cantidad de dióxido de carbono emanado por la muestra de suelo en análisis.
- El frasco se selló herméticamente y se dejó reposar durante 24 horas exactas para la toma de los resultados.

- Los resultados se plasman en el color del gel de la sonda, debido a que es un gel compuesto por sustancias químicas que permiten determinar la cantidad de dióxido de carbono en un rango que oscila entre el 0% al 3%. En la ilustración 3-3, se muestra el rango de colores con el valor estimado según SOLVITA

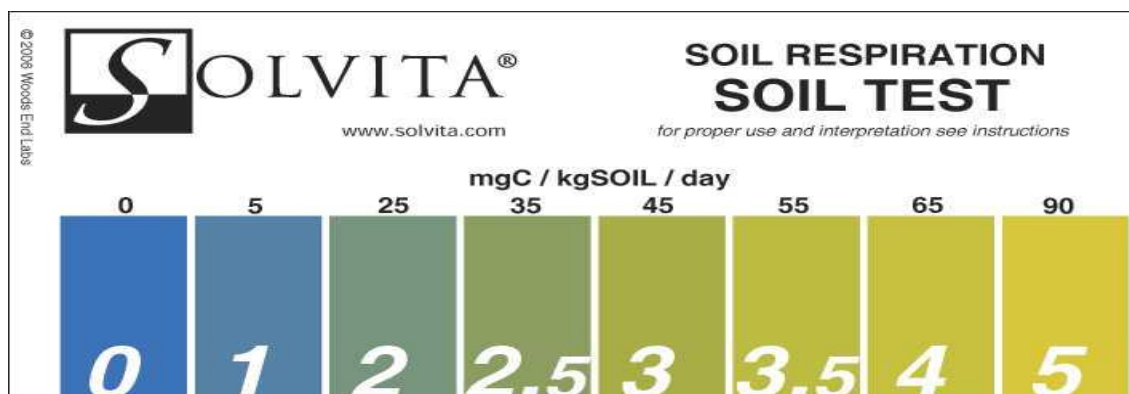


Ilustración 3-3: Colorímetro para determinar la respiración del suelo

Fuente: Shedekar, 2019.

- Después de haber pasado las 24 horas se procede a interpretar los datos obtenidos, según el rango de colores que se muestran en la ilustración 3-3; los resultados posteriores a la identificación del color se presentan en miligramos de Carbono (mgC) por kilogramo de suelo (kg soil) por día (day).
- La interpretación de los resultados se realizó en base a la tabla guía planteada en la tabla 3-7, que se presenta a continuación:

Tabla 3-7: Guía para el análisis de resultados (metodología SOLVITA)

Color de la prueba	ppmv de CO ₂ en el espacio libre del tarro	Resultado del suelo CO ₂ – C como mg/L	Característica del suelo analizado
5	30000	200	Sustrato con biología alta, presenta un gran potencial de nitrógeno
4,5	15000	110	El potencial de nitrógeno oscila entre medio y alto; la biología del suelo es media alta
4	10000	75	Presenta una biología media, con cierta presencia de nitrógeno
3	3000	30	La presencia de nitrógeno es relativamente baja
2	1000	15	Sustrato con baja actividad biológica y muy bajo potencial de nitrógeno
1	500	Menor a 5	La presencia de microorganismos es muy escasa y no presenta potencial de nitrógeno

Fuente: Shedekar, 2019.

3.4.2.2 *Objetivo específico 2: Elaborar un protocolo para la determinación de la respiración del suelo mediante la metodología de incubación de hidróxido de potasio (KOH)*

Para el cumplimiento del segundo objetivo específico utilizamos la incubación con hidróxido de potasio se basa en el principio de mineralización de carbono a corto plazo, por lo que es una medida de la cantidad de C que está fácilmente disponible para la población microbiana como alimento y energía. Se basa en la cantidad de CO₂ liberada de un suelo por la actividad microbiana durante un periodo de incubación y un contenido de agua específicos. La concentración de CO₂ en este método se mide por conductividad eléctrica (Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service 2019, pp. 57–60).

La metodología utilizada para determinar la respiración mediante incubación de KOH se detalla a continuación:

Preparación de la muestra

- En la preparación de las muestras se inició con el secado a temperatura ambiente, posteriormente se tamizó el suelo.
- Se agregaron dos tiras separadas de papel filtro en los frascos.
- En la balanza de precisión se pesaron 20 gramos de suelo seco.
- Se colocó la muestra pesada un frasco que será utilizado para la experimentación.

Preparación de las trampas del respirómetro

- Se reunió los frascos con las muestras previamente pesadas en vasos de precipitación de 10 ml, adherido al trípode.
- Se colocó un conjunto de trampa en cada vaso de respirómetro, es necesario que el trípode esté firme en la muestra de suelo previamente preparada para adaptar de la mejor forma el bote de pesaje de fondo plano al fondo del vaso que se encuentra abombado.

Configuración de incubaciones

- Se etiquetaron las muestras, para cada muestra es necesario dos experimentaciones por lo que en un frasco la etiqueta fue “KOH – 9ml” y el otro frasco se etiquetó con “H₂O – 7,5 ml”.
- Se colocó 9 ml de KOH a una concentración 0,5M.

- Se agregaron 7,5 ml de agua desionizada con a micropipeta por la pared del vaso de precipitación.
- Es necesario tapar los experimentos enseguida que se lo desarrolla, ara obtener mayor precisión al tomar los datos.
- Se selló herméticamente las muestras y si dejó que el proceso de incubación se desarrolle por cuarto días.

Toma de medidas, después de la incubación

- Se procedió a encerar el pHmetro y preparar la muestra para la determinación de la conductividad eléctrica.
- Se introdujo el pHmetro en la muestra y se tomaron los datos cuando la lectura se estabilizó en el instrumento de medida.
- Después de cada medición se enceró el equipo de medición.

Cálculos

Se sabe que 9 ml de KOH a 0,5 M es equivalente a 99,025 mg de CO₂, de lo cual solo un pequeño porcentaje es absorbido por lo que la resta de la conductividad eléctrica de una muestra en blanco y la conductividad eléctrica de una muestra con KOH se denomina caída de conductividad eléctrica observada. Esta cantidad es una fracción de la caída total posible, que podemos llamar "caída de EC de capacidad total". Al dividir la caída de EC observada por la caída de EC de capacidad total, se obtiene una fracción equivalente a la fracción de la capacidad total de trampa para la absorción de CO₂ que se utiliza. Por lo tanto, es clave que todas las mediciones se realicen a la misma temperatura. Si EC_{raw} es la conductividad eléctrica de KOH 0,5 M puro y EC_{sat} es la conductividad eléctrica de K₂CO₃ 0,25 M y EC_{sample} es la conductividad eléctrica de la trampa asociada con una muestra en particular, y P es la proporción de la capacidad de absorción de CO₂ de la trampa que es realmente usado, entonces:

$$((EC_{raw} - EC_{muestra}) / (EC_{raw} - EC_{sat})) = P$$

$P * (\text{capacidad de la trampa en mg}) = \text{mg de CO}_2 \text{ absorbidos por la trampa en cuestión.}$

3.4.2.3 *Objetivo 3: Identificar los agroecosistemas que presentan mayor influencia de la actividad biológica del suelo*

La identificación de los agroecosistemas que presentan mayor influencia de la actividad biológica del suelo se desarrolló mediante la aplicación de técnicas estadísticas que se detallan a continuación:

- El análisis estadístico comenzó con una explicación de las principales medidas descriptivas de las características biológicas del suelo.
- Se utilizó un diseño experimental en bloque completo al azar con submuestreo cuyo factor de bloqueo son los tipos de manejo del suelo.
- El análisis descriptivo de la composición biológica del suelo se realizó a través de las principales medidas de tendencia central y dispersión. Adicionalmente se realizó una descripción a partir de gráficos como diagramas de cajas e histogramas.
- Para la comprobación de la hipótesis se trabajó con el valor p tanto en el ANOVA, pruebas post hoc (LSD Y Tukey) y las pruebas para la verificación de los supuestos: Normalidad (prueba de Kolmogorov – Smirnov), homocedasticidad (prueba de Bartlett), prueba de independencia de las variables (prueba de corridas)

Descripción del modelo estadístico en bloques completamente al azar con submuestreo, en términos del problema:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \eta_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, 3 & M \\ j = 1, 2, 3 & F \\ k = 1, 2, 3 & R \end{cases}$$

Y_{ij} = respiración del suelo en función a la escala de color identificada en la k
 – repetición del i – ésimo manejo y el j – ésimo bloque

μ = Media general de la respiración del suelo

τ_i = Efecto del i – ésimo manejo

β_j = Efecto i – ésimo bloque sobre la respiración del suelo

ε_{ij} = Error experimental asociado a la ij – ésima unidad experimental

η_{ijk} = Error de muestreo asociado a la ij – ésima unidad experimental

Para el análisis de cada prueba planteada en el aspecto estadístico es necesario evaluar las hipótesis que se plantean a continuación:

- Prueba de análisis de varianza (ANOVA):

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alterna

Hipótesis en términos del problema:

H_0 : los tipos de manejo no influyen de manera directa en la actividad biológica del suelo

H_1 : los tipos de manejo influyen de manera directa en la actividad biológica del suelo

Criterio de rechazo de la hipótesis nula: se rechaza la hipótesis nula cuando el valor p sea menor o igual al nivel de significancia con el que se trabaje.

- Prueba post hoc “LSD”:

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alterna

Hipótesis en términos del problema:

H_0 : $\mu_i = \mu_j$ < no significativa

H_1 : $\mu_i \neq \mu_j$ > significativa

Criterio de rechazo de la hipótesis nula: la hipótesis nula se rechaza si la diferencia muestral es mayor que la prueba de LSD o FISHER.

- Prueba de verificación de supuestos (Normalidad - prueba de Kolmogorov – Smirnov):

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alterna

Hipótesis en términos del problema:

H_0 : los residuos siguen una distribución normal

H_1 : los residuos no siguen una distribución normal

Criterio de rechazo de la hipótesis nula: se rechaza la hipótesis nula cuando el valor p sea menor o igual al nivel de significancia con el que se trabaje.

- Prueba de homocedasticidad (prueba de Bartlett):

$H_0 = \text{hipotesis nula}$

$H_1 = \text{hipotesis alterna}$

Hipótesis en términos del problema:

H_0 : todos los tipos de manejo de suelo tienen la misma varianza en sus residuos

H_1 : no todos los tipos de manejo de suelo tiene la misma varianza en sus residuos

Criterio de rechazo de la hipótesis nula: se rechaza la hipótesis nula cuando el valor p sea menor o igual al nivel de significancia con el que se trabaje.

- Prueba de independencia de variables (prueba de corridas)

$H_0 = \text{hipotesis nula}$

$H_1 = \text{hipotesis alterna}$

Hipótesis en términos del problema:

H_0 : los residuos son independientes

H_1 : los residuos no son independientes

Criterio de rechazo de la hipótesis nula: se rechaza la hipótesis nula cuando el valor p sea menor o igual al nivel de significancia con el que se trabaje.

CAPITULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Respiración del suelo mediante SOLVITA de laboratorio

4.1.1 Resultados obtenidos en la Finca 1

4.1.1.1 Resultados del Manejo 1 (Agroecológico)

En la tabla 4 – 8, se presentan los resultados obtenidos de respiración del suelo en la Finca 1 para el manejo agroecológico que presenta asociación de cultivos, aplicación de abonos orgánicos, cercas vivas y rotación de cultivos; la tabla contiene el resultado en escala de color, la equivalencia de partes por millón de CO₂ y la equivalencia de fertilidad:

Tabla 4-8: Resultado de respiración F1M1

FINCA 1			
Repetición	Manejo 1		
	Escala color	Resultado	Fertilidad
1	2	10-14	Baja
2	2,5	15-22	Baja
3	2,5	15-22	Baja

Realizado por: Sauce D., 2023.

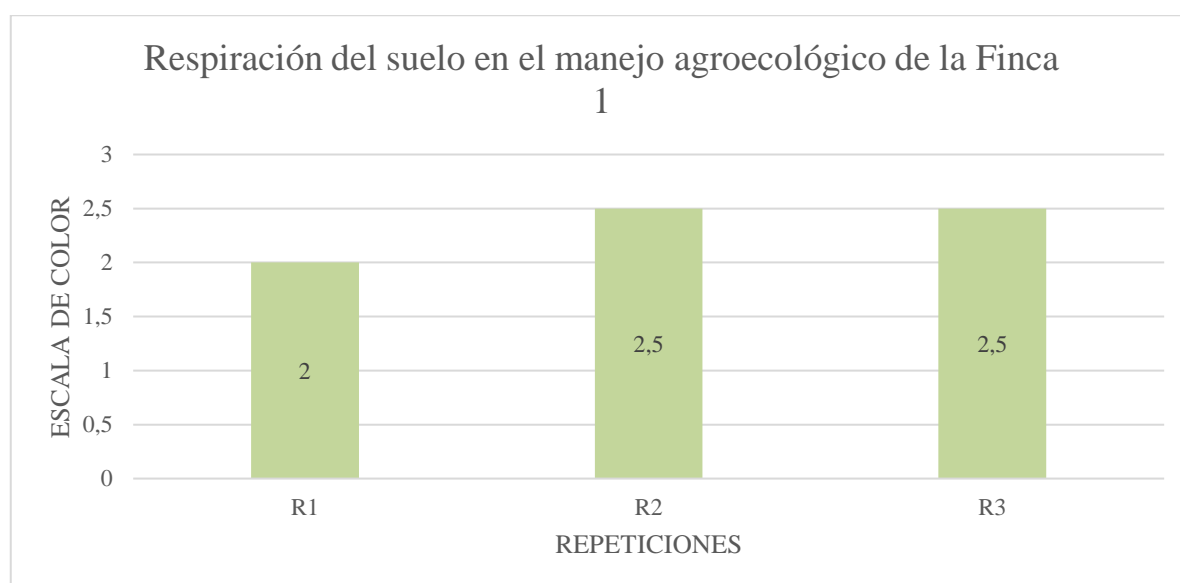


Ilustración 4-4: Respiración del suelo en el manejo 1 de la finca 1

Realizado por: Sauce D., 2023.

Como se puede evidenciar los resultados presentados en la ilustración 4-4, la respiración del suelo en el manejo agroecológico varía entre 2 y 2,5 en la escala de colores, lo que equivale a un rango de 10 a 14 y de 15 a 22 partes por millón de CO₂ según los análisis realizados se puede manifestar que la finca 1 con manejo agroecológico tiene una fertilidad baja.

4.1.1.2 Resultado del Manejo 2 (Tradicional)

La tabla 4 – 9 presenta los resultados de respiración de la finca 1 con manejo tradicional, el área analizada en la actualidad presenta un cultivo de maíz asociado con frejol que es manejado con la aplicación de abonos orgánicos, no aplican riego directo debido a que el sector no dispone de agua suficiente para este fin, el cultivo aprovecha las precipitaciones en época de invierno

Tabla 4-9: Resultado de respiración FIM2

FINCA 1			
Repetición	Manejo 2		
	Escala color	Resultado	Fertilidad
1	2,5	15-22	Baja
2	2	10-14	Baja
3	2	10-14	Baja

Realizado por: Sauce D., 2023.

La ilustración 4-5 plasma una gráfica para la interpretación de los resultados en función a la escala de color:

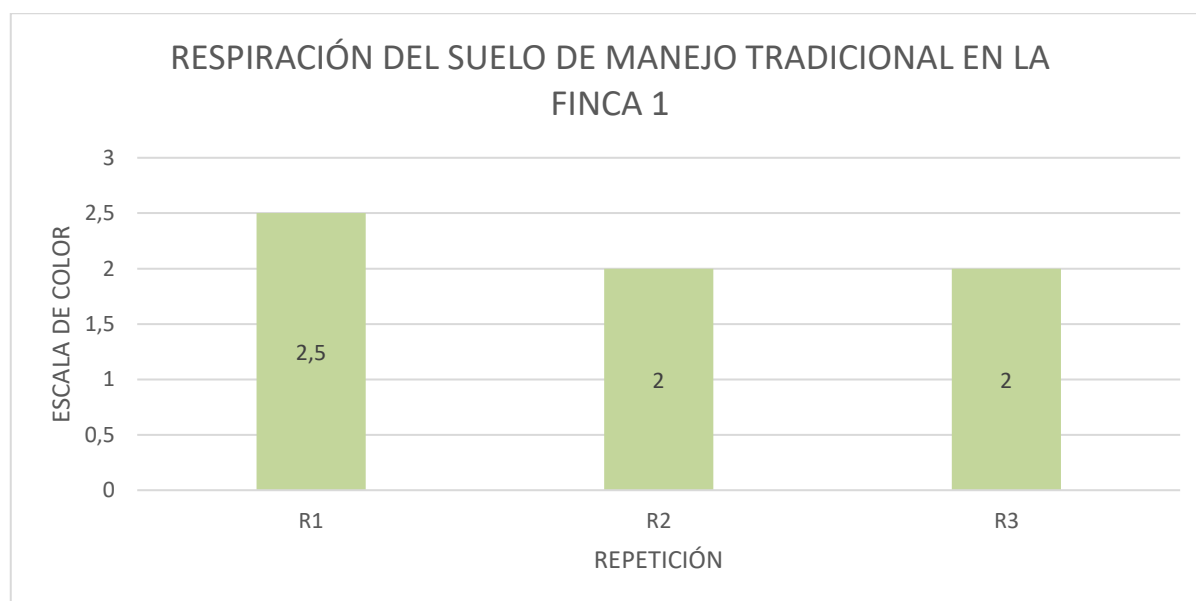


Ilustración 4-5: Respiración del suelo en el manejo 2 de la finca 1

Realizado por: Sauce D., 2023.

El manejo 2 de la finca 1, presenta resultados de fertilidad baja, ya que en la escala de color se tienen datos de 2 y 2,5; en relación a la escala de color 2,5 se puede analizar que la respiración oscila de 15 a 22 partes por millón de dióxido de carbono, mientras que para la escala de color 2 la respiración tiene un rango de 10 a 14 partes por millón de CO₂.

4.1.1.3 Resultado del Manejo 3 (Barbecho)

En la tabla 4 – 10 se resumen los datos obtenidos correspondientes al manejo 3 (barbecho) de la finca 1, el terreno no presentaba evidencias de barbecho en aproximadamente 3 años; según el dueño del predio el último cultivo que se realizó en el terreno fue un sembrío de papas.

Tabla 4-10: Resultado de respiración FIM3

FINCA 1			
Repetición	Manejo 3		
	Escala color	Resultado	Fertilidad
1	2	10-14	Baja
2	2,5	15-22	Baja
3	3	23-34	media-baja

Realizado por: Sauce D., 2023.

En la ilustración 4-6 se puede identificar la gráfica que representa el valor en la escala de color para la respiración del suelo del barbecho que se encuentra en la finca 1.

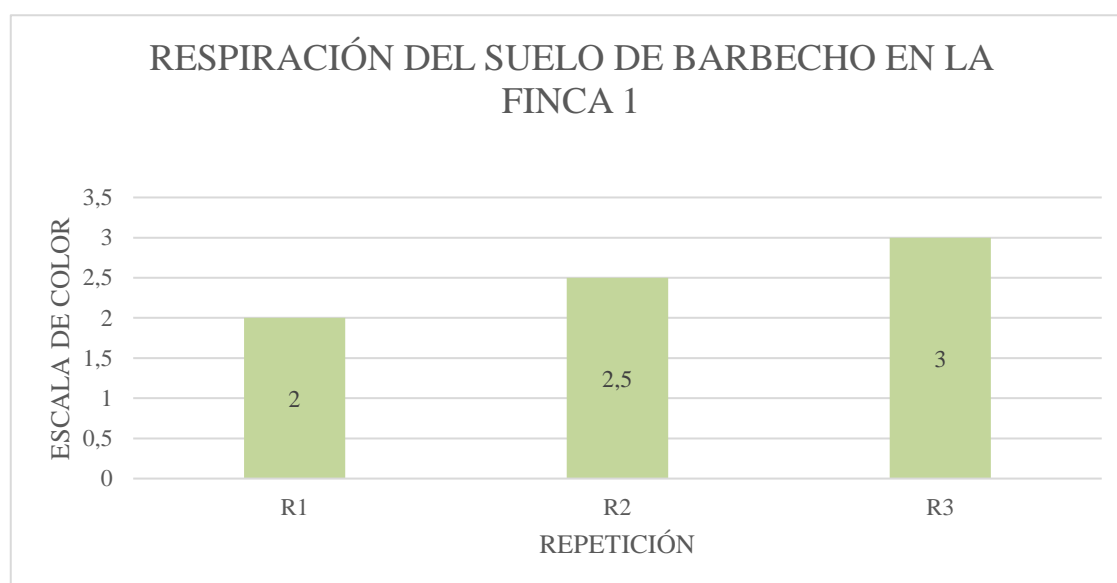


Ilustración 4-6: Respiración del suelo de la finca 1 en el área de barbecho

Realizado por: Sauce, David, 2023.

La respiración del suelo en el manejo 3 de la finca 1 presentó variaciones en la escala de color, para la repetición 1 el resultado de respiración es de 10 a 14 partes por millón de CO₂ lo que representa una baja fertilidad; en la repetición dos los resultados van de 15 a 22 partes por millón dando como equivalencia una baja fertilidad. La repetición 3 presentó un valor de 3 en la escala de color, dando como resultado de respiración de 23 a 34 partes por millón de dióxido de carbono, es decir que presenta una fertilidad media baja.

4.1.1.4 Comparación entre los tipos de manejos de la finca 1

En la ilustración 4 – 7 se presenta la comparación entre los datos obtenidos en los tres tipos de manejos existentes en la finca 1 y los ecosistemas de referencia identificados:

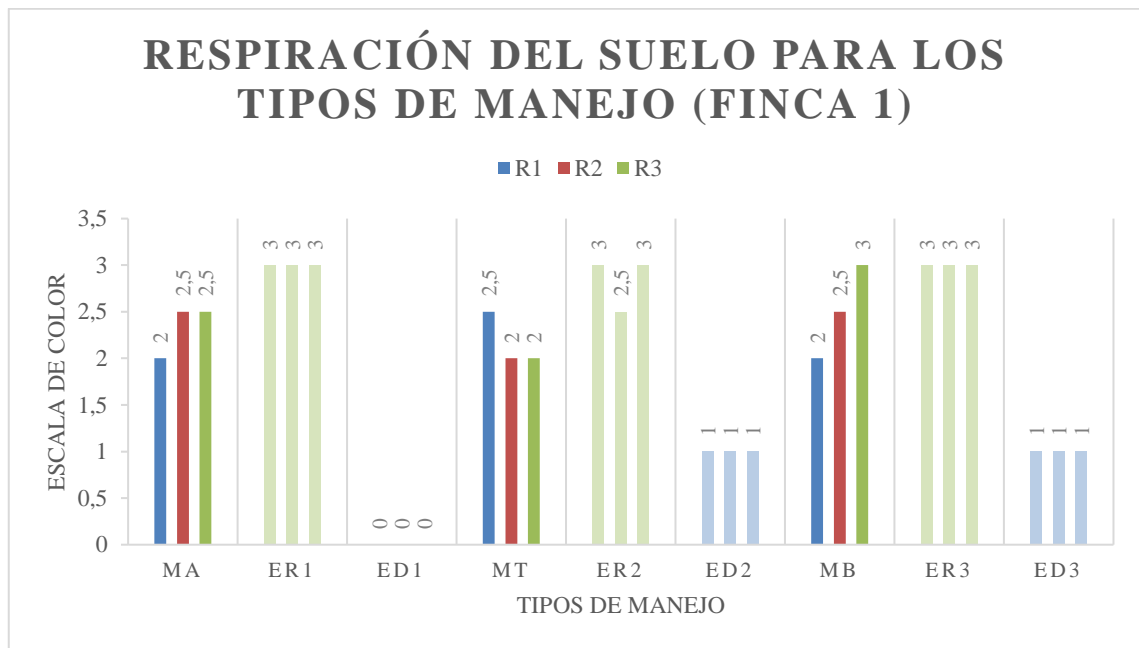


Ilustración 4-7: Comparación de resultados en los distintos manejos de la Finca 1

Realizado por: Sauce D., 2023.

Los datos que se representan en la ilustración 4-7 corresponden a la escala de color como resultado de la respiración del suelo, el manejo uno y dos presentan valores de 2 y 2,5 que equivalen a 10 - 14 y 15 - 22 partes por millón de dióxido de carbono respectivamente; en el manejo de barbecho de la finca 1 los valores de la escala de color oscilan entre 2, 2,5 y 3 teniendo como equivalencia una fertilidad baja y media baja para el valor de 3 cuyo resultado en partes por millón de dióxido de carbono está en un rango de 22 a 34.

Tomando en cuenta que la respiración del suelo es un indicador para determinar la salud de los sustratos, según Burbano (2018, p. 86), la respiración del suelo es la porción de dióxido de carbono que se puede producir por acción de los microorganismos que descomponen la materia orgánica superficial o por el proceso de fotosíntesis mediante la absorción de CO₂ que realizan las células de las especies vegetales. Por su parte el estudio en áreas de cangahua desarrollado por Palacios, Ushina y Carrera (2021, pp. 2125–2126), manifiesta que la disponibilidad de materia orgánica en el suelo es un índice que permite determinar la fertilidad de un sustrato de manera indirecta.

4.1.2 Resultados obtenidos en la Finca 2

4.1.2.1 Resultados del Manejo 1 (Agroecológico)

La finca 2 perteneciente al señor Antonio Agualsaca presenta los datos que se detallan en la tabla 4-11 para el manejo agroecológico, en este tipo de manejo se aplica la rotación de cultivos, abonos orgánicos, labranza mínima, asociación de cultivos y cercas vivas.

Tabla 4-11: Resultado de respiración F2M1

FINCA 2			
Repetición	Manejo 1		
	Escala color	Resultado	Fertilidad
1	2	10-14	baja
2	0	0-3	baja
3	0	0-3	baja

Realizado por: Sauce D., 2023.

La ilustración 4-8 representa los valores de respiración del suelo obtenido en la finca 2 en el manejo ecológico del sustrato.

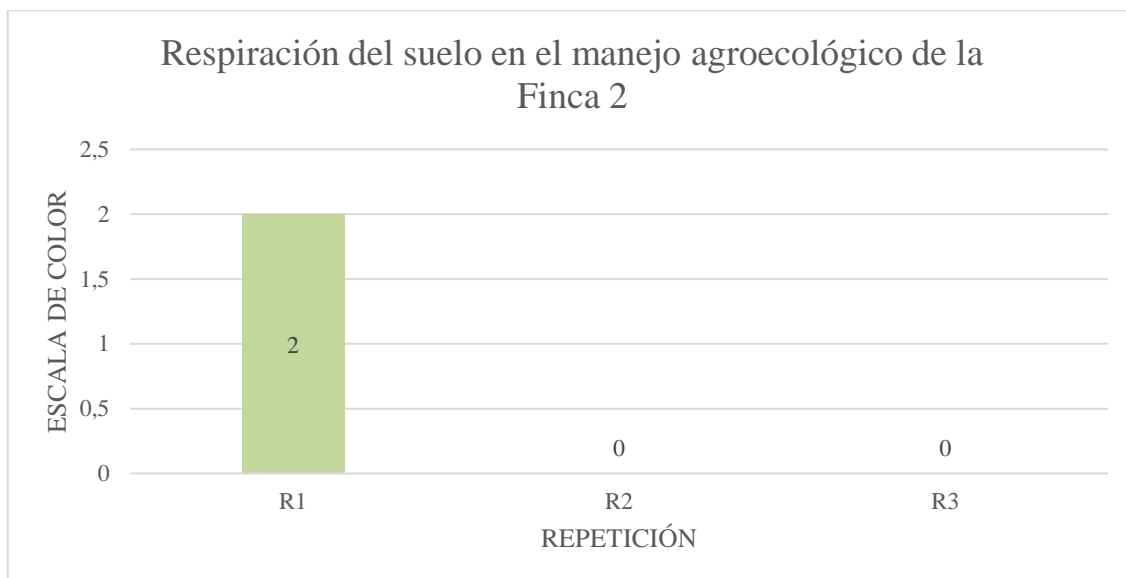


Ilustración 4-8: Respiración del suelo del manejo 1 en la finca 2

Realizado por: Sauce, David, 2023.

Los resultados obtenidos para el manejo el manejo agroecológico en la finca 2 oscilan entre 0 y 2 en la escala de color, lo que equivale a 0-3 partes por millón de dióxido de carbono para la escala 0 y de 10 a 14 partes por millón para la escala de 2. En las tres repeticiones realizadas podemos afirmar que la fertilidad del sustrato suelo es bajo pese al manejo ecológico que se desarrolla.

4.1.2.2 Resultados del Manejo 2 (Tradicional)

La finca dos presenta un monocultivo de alfalfa que no recibe un manejo agrícola adecuado, en la tabla 4-12 se plasman los resultados de respiración obtenidos para este tipo de manejo.

Tabla 4-12: Resultado de respiración de F2M2

FINCA 2			
Repeticion	Manejo 2		
	Escala color	Resultado	Fertilidad
1	2	10-14	baja
2	2	10-14	baja
3	2	10-14	baja

Realizado por: Sauce D., 2023.

La ilustración 4-9 sintetiza mediante una gráfica las escalas de color resultantes en las tres repeticiones realizadas en el cultivo de alfalfa con técnicas tradicionales en la finca 2.

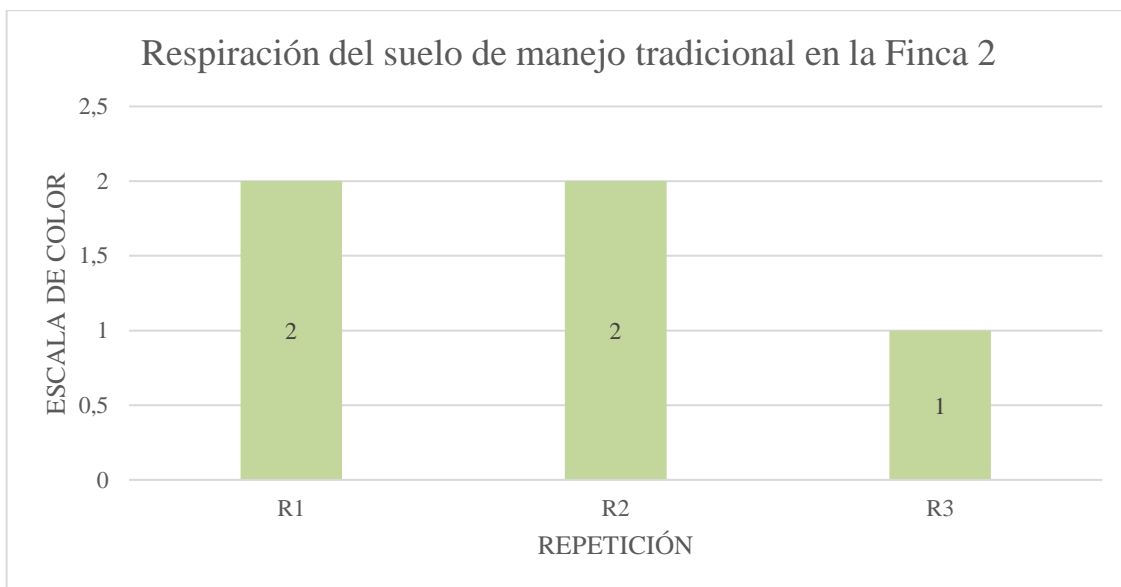


Ilustración 4-9: Respiración del suelo en el manejo 2 de la finca 2

Realizado por: Sauce, David, 2023.

Los resultados obtenidos en la finca 2 para el área destinada al manejo tradicional de alfalfa presentan un rango de 10 a 14 partes por millón de dióxido de carbono en las tres repeticiones realizadas, lo que representa que el manejo dos tiene una fertilidad baja, debido a que en la escala de color se obtuvo un resultado de 2 en todos los ensayos realizados.

4.1.2.3 Resultados del Manejo 3 (barbecho)

El área de barbecho en la finca 2 no ha recibido intervención antrópica hace 2 años, sin embargo, se encuentra con cubierta vegetal constante; en la tabla 4-13 se describen los resultados obtenidos correspondiente a la respiración del suelo.

Tabla 4-13: Resultado de respiración de F2M3

FINCA 2			
Repetición	Manejo 3		
	Escala color	Resultado	Fertilidad
1	2	10-14	baja
2	2	10-14	baja
3	1	4-9	baja

Realizado por: Sauce D., 2023.

En la gráfica plasmada en la ilustración 4-11 se presentan los resultados de respiración del suelo en la escala de color para el área de barbecho en la finca 2.

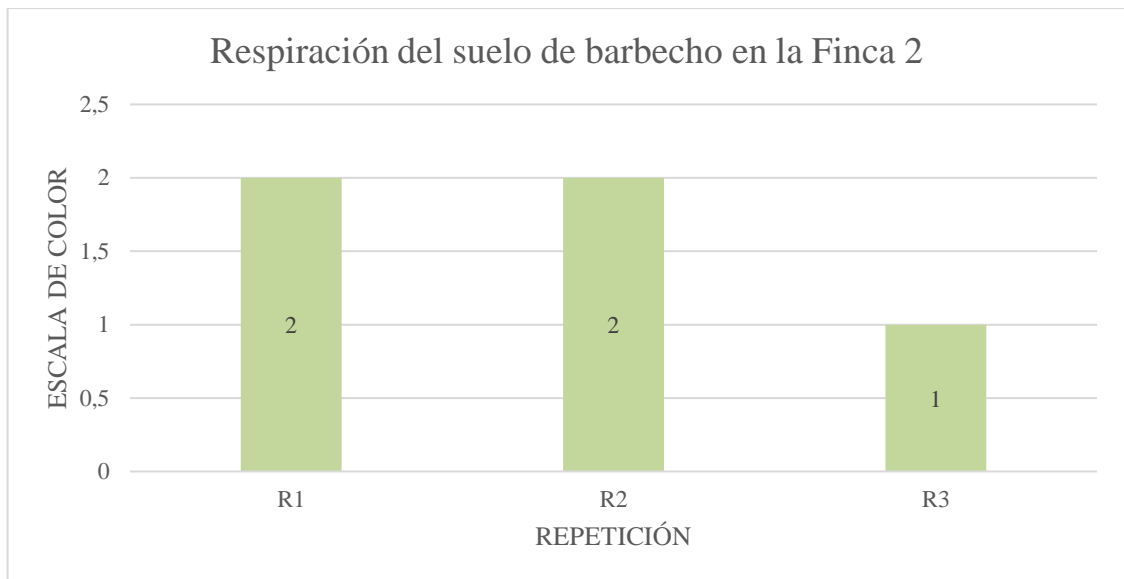


Ilustración 4-10: Respiración del suelo en el manejo 3 de la finca 2

Realizado por: Sauce, David, 2023.

La respiración del suelo en el barbecho de la finca 3, indica que el sustrato presenta baja fertilidad, debido a que, en la escala de color para la repetición 1 y 2 se obtuvo un resultado de 2; a su vez, en la repetición 3 el resultado fue 1 en la escala de color. Los resultados equivalentes a las partes por millón de CO₂ oscilan entre 10 a 14 para la escala de color de 2 y entre 4 a 9 en la escala de color de 1.

4.1.2.4 Comparación entre los tipos de manejo de la Finca 2

En la ilustración 4-5 se presentan los datos para los tres tipos de manejo de suelo en la finca 2.

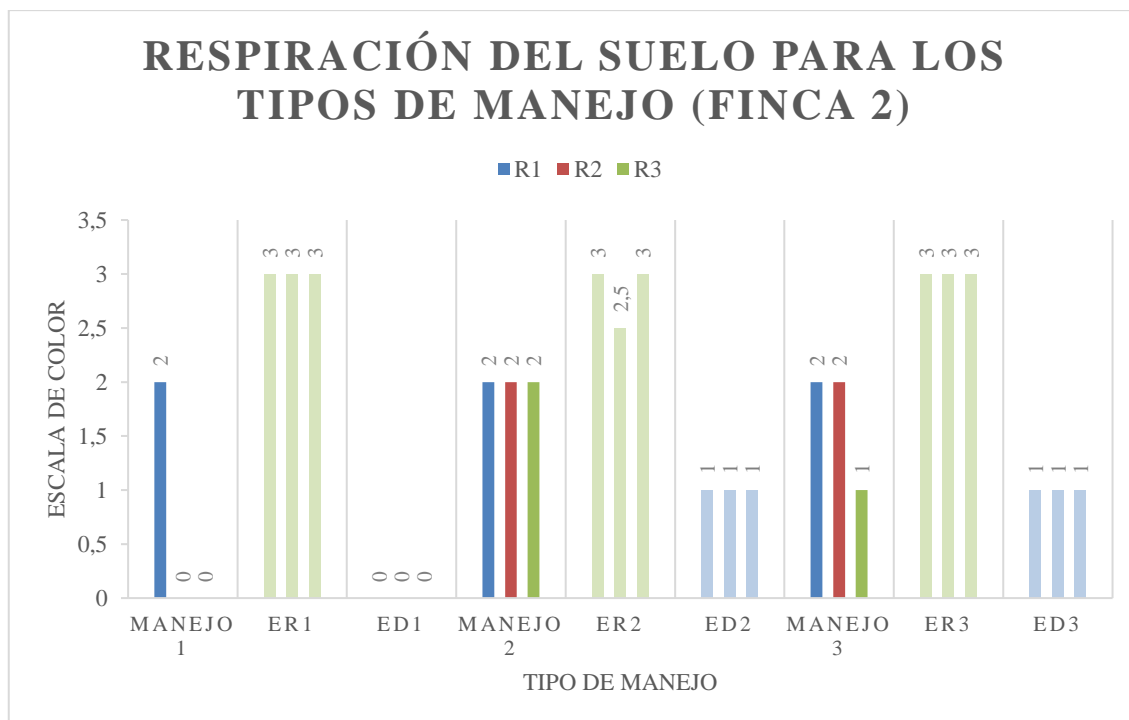


Ilustración 4-11: Comparación de datos de manejo de la Finca 2

Realizado por: Sauce D., 2023.

La finca dos de manera general presenta una fertilidad baja de acuerdo a los resultados de respiración obtenidos, el manejo que menor fertilidad presenta es el manejo agroecológico que en la escala de colores presenta un valor de 0 en la repetición dos y tres, esto equivale a un rango de respiración de 0 a 3 partes por millón de CO₂; el manejo tradicional correspondiente al manejo tradicional presenta mayor uniformidad en los resultados de las repeticiones realizadas tomando un valor de 10 a 14 partes por millón de dióxido de carbono. Por su parte el barbecho de la finca 2, toma valores de 2 y 1 en la escala de colores lo que representa de 10 a 14 y de 4 a 9 partes por millón de CO₂ respectivamente.

4.1.3 Resultados obtenidos en la Finca 3

4.1.3.1 Resultados del manejo 1 (agroecológico)

El manejo agroecológico en la finca 1 presenta una clara asociación de cultivos entre avena y vicia, así también, se pudo evidenciar que existen cercas vivas con especies que cumplen funciones de cortina rompe vientos en el caso de plantas arbóreas, mientras que las especies herbáceas fomentan la polinización y a su vez evitan la presencia de ciertas plagas en los cultivos. La tabla 4-14 presenta los resultados del manejo agroecológico en escala de color con su respectivo resultado en partes por millón de dióxido de carbono y la equivalencia de fertilidad.

Tabla 4-14: Resultado de respiración de F3M1

FINCA 3			
Repetición	Manejo 1		
	Escala color	Resultado	Fertilidad
1	3	23-34	media-baja
2	3	23-34	media-baja
3	3	23-34	media-baja

Realizado por: Sauce D., 2023.

En la ilustración 4-13 se presentan los resultados en escala colorimétrica de respiración correspondientes a la parcela con manejo agroecológico de la finca 3.

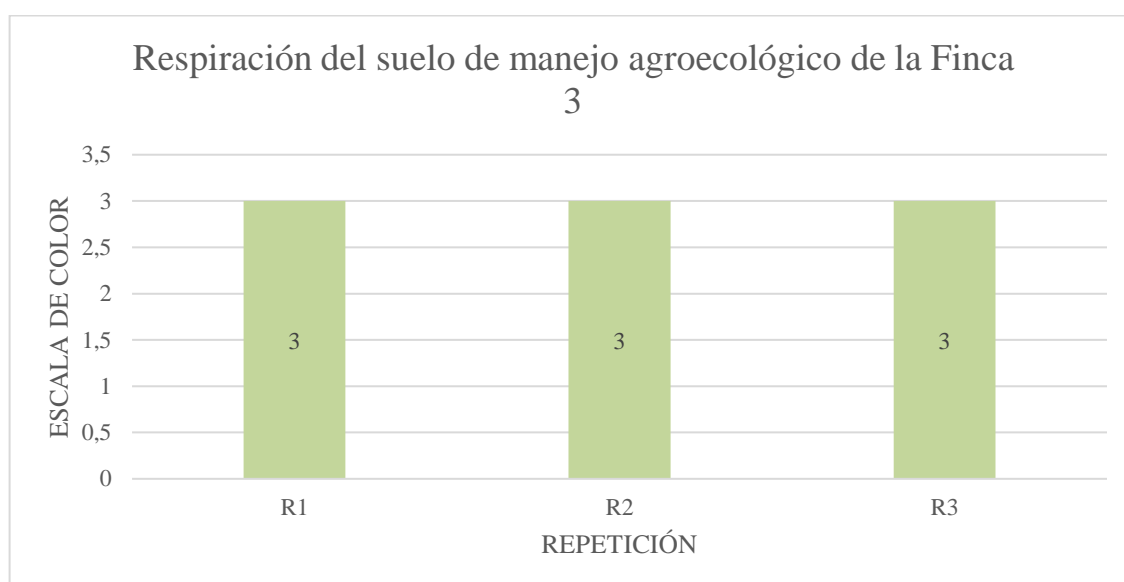


Ilustración 4-12: Respiración del suelo del manejo 1 en la finca 3

Realizado por: Sauce D., 2023.

Los resultados que se evidencian en la ilustración 4-13 correspondientes al manejo agroecológico de la finca 3, manifiestan que existe una fertilidad media - baja en los tres ensayos realizados, debido a que, se obtuvieron valores de 3 en la escala de color para todas las repeticiones lo que equivale a un rango de 23 a 34 partes por millón de dióxido de carbono.

4.1.3.2 Resultados del manejo 2 (Tradicional)

En la finca 2 se identificó un cultivo tradicional de avena (manejo 2), para mejorar el rendimiento de este cultivo se utiliza estiércol de animales de granja como fertilizante natural, la parcela no cuenta con agua para riego por lo que solo se aprovecha los meses lluviosos del año. En la tabla 4-15 se resumen los datos de respiración es escala de color que se obtuvo.

Tabla 4-15: Resultado de respiración de F2M2

FINCA 3			
Repetición	Manejo 2		
	Escala color	Resultado	Fertilidad
1	2,5	15-22	baja
2	2,5	15-22	baja
3	2,5	15-22	baja

Realizado por: Sauce D., 2023.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados en la finca 3 para el área ocupada por barbecho se plasman en la gráfica de la ilustración 4-14.

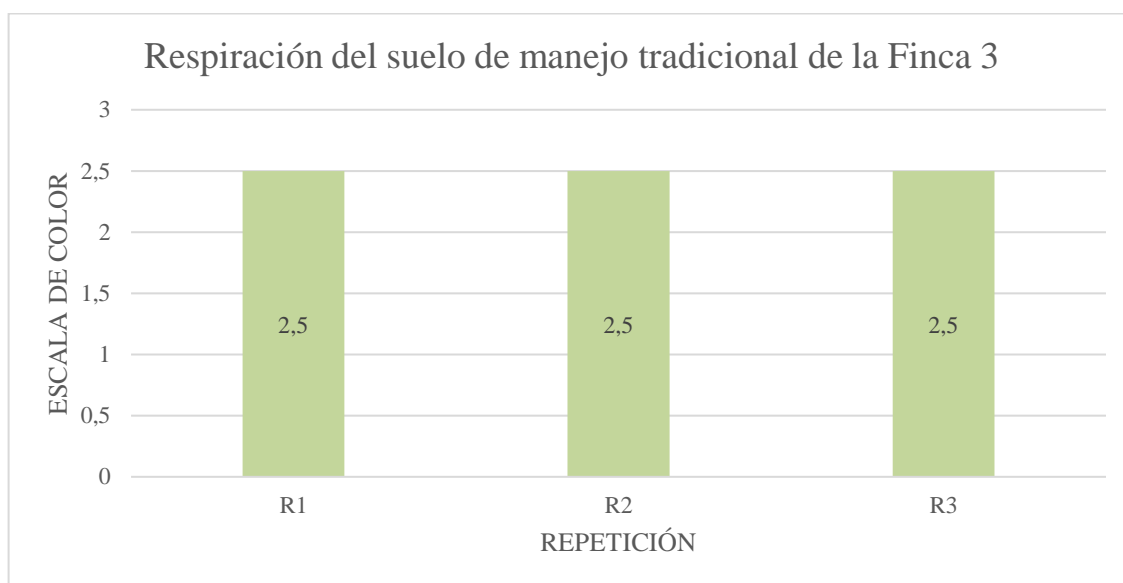


Ilustración 4-13: Respiración del suelo del manejo 2 en la finca 3

Realizado por: Sauce D., 2023.

En las tres repeticiones realizadas para el análisis de la respiración del suelo en el manejo tradicional de avena en la finca 3, se obtuvo un resultado de 2,5 en la escala de color, es decir, que el área destinada al manejo 2 presenta una respiración de 15 a 22 partes por millón de dióxido de carbono; en base a los datos analizados se puede manifestar que este tipo de manejo presenta un sustrato con fertilidad baja.

4.1.3.3 Resultados del manejo 3 (Barbecho)

El manejo de barbecho en la finca 3 presenta cobertura vegetal constante, según la información brindada por don José Agualsaca dueño de la finca en análisis, la parcela no recibe intervención

antropogénica hace aproximadamente 4 años. En la tabla 4-16 se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 4-16: Resultados de la F3M3

FINCA 3			
Repetición	Manejo 3		
	Escala color	Resultado	Fertilidad
1	2,5	15-22	baja
2	2	10-14	baja
3	2,5	15-22	baja

Realizado por: Sauce D., 2023.

El resultado de la respiración del suelo en función a la escala colorimétrica para la zona de barbecho de la finca 3 se presenta en la gráfica de la ilustración 4-15.

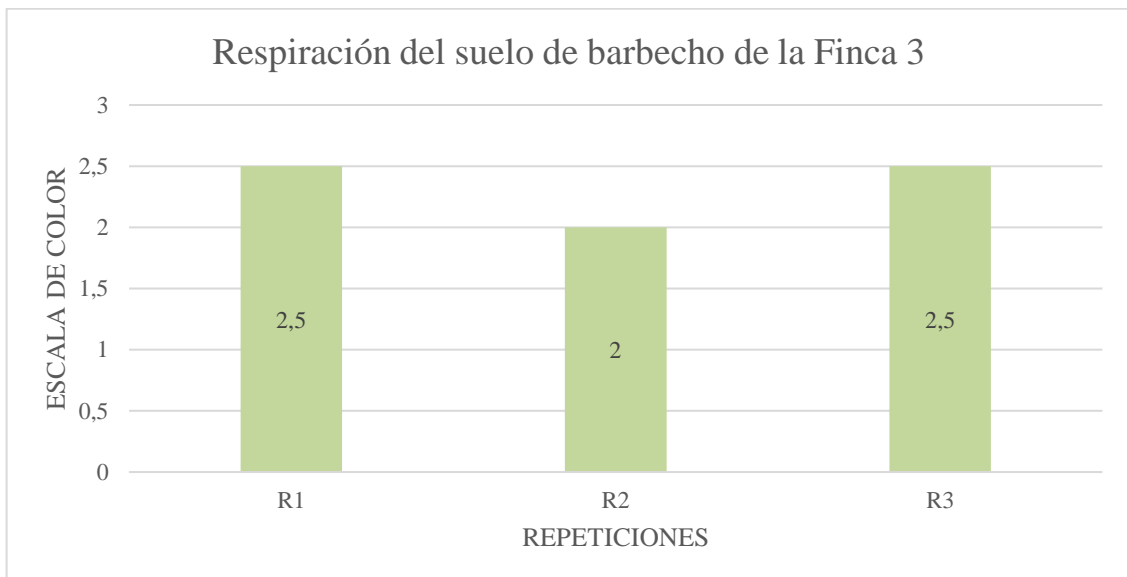


Ilustración 4-14: Resultado de respiración de manejo 3 en la finca 3

Realizado por: Sauce D., 2023.

Para la repetición 1 y 3 del barbecho en la finca 3, la escala de color dio como resultado 2,5 lo que representa una fertilidad baja con un resultado de respiración que oscila entre 15 a 22 partes por millón de dióxido de carbono; por su parte, la repetición 2 presenta una fertilidad baja con 10 a 14 partes por millón de CO₂, es decir que en la escala de color se obtuvo un resultado de 2.

4.1.3.4 Comparación de resultados entre manejos de la Finca 3

La ilustración 4-5, compara los datos de los tres tipos de manejo de suelo obtenidos en la finca 3.

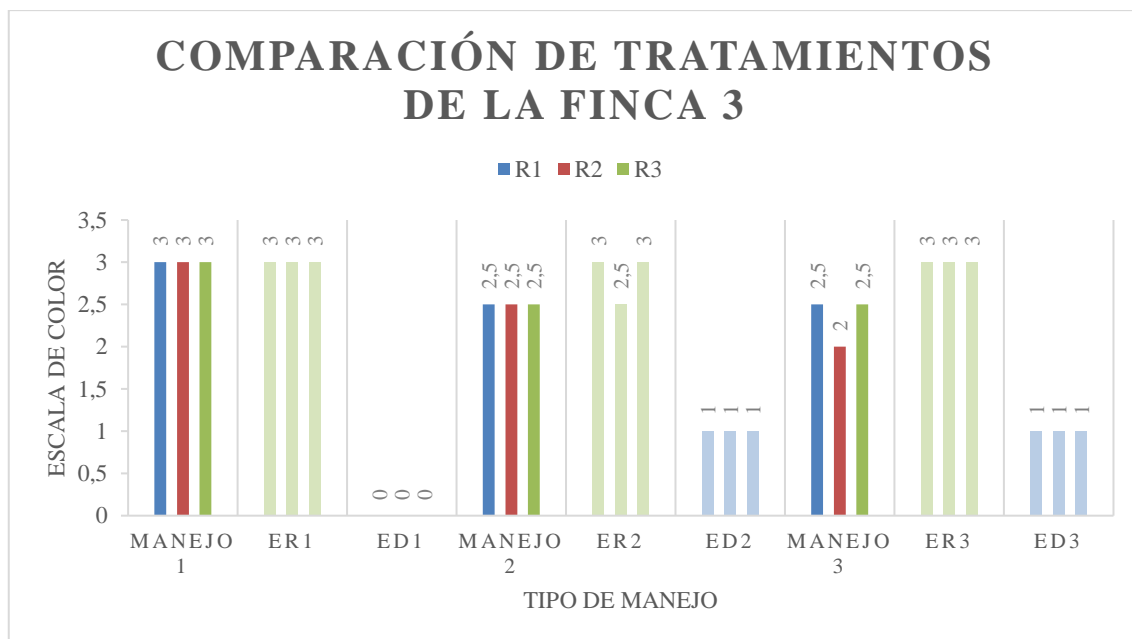


Ilustración 4-15: Comparación de datos de los tipos de manejo de la Finca 3

Realizado por: Sauce D., 2023.

La finca 3 presenta una fertilidad media-baja en los tres ensayos realizados para el manejo agroecológico, debido a que se obtuvo valores de 3 en la escala de color que se tiene como referencia, esto representa una respiración de 23 a 34 partes por millón de dióxido de carbono. El manejo tradicional correspondiente a un cultivo de avena presenta una respiración de 15 a 22 partes por millón, es decir, tiene una fertilidad baja; finalmente en el sustrato ocupado por el barbecho de la finca 3 presentó un valor de 2,5 en la escala de color para las repeticiones 1 y 3, mientras que el ensayo 2 dio como resultado un valor de 2. En la finca tres se puede evidenciar que el suelo destinado para el manejo agroecológico presenta mayor capacidad de respiración a comparación al sustrato utilizado para el cultivo de avena y al sustrato de barbecho.

Los resultados de respiración obtenidos en las tres fincas analizadas, no superan las 35 partes por millón de emisión de dióxido de carbono, lo que equivale a una fertilidad baja; esta afirmación concuerda con el reporte de Palacios, Ushina y Carrera (2021, p. 2126), el cual manifiesta que la cangahua al ser un sustrato de origen volcánico presenta propiedades con altos indicios de erosión, es decir, la cangahua es un sustrato pobre con bajos índices de fertilidad. Así también, Trujillo et al, (2014, p. 109), mencionan que las propiedades del sustrato de cangahua van a depender del tipo de manejo que se desarrolle debido a que en estado natural estos sustratos presentan un contenido de materia orgánica máxima del 0,1% y la principal técnica de habilitación de estos suelos es el desarrollo de prácticas de conservación del suelo; los resultados de la presente investigación concuerdan con el estudio antes mencionado, debido a que, los datos manifiestan que la técnica

agroecológica y el manejo tradicional tienen mayor índice de fertilidad debido a la incorporación de materia orgánica para el desarrollo de los cultivos.

4.1.4 Resultados obtenidos en los Ecosistemas de referencia

En el presente trabajo se identificaron tres ecosistemas de referencia que presentaban la menor cantidad de presencia antropogénica posible y a su vez cuentan con vegetación nativa del sector; las áreas identificadas presentan cobertura vegetal constante, también cuentan con árboles de aliso (*Alnus rubra*) y cercas vivas con especies arbustivas de menor tamaño. A continuación, en la ilustración 4-6 se detallan los resultados obtenidos en la escala de color.

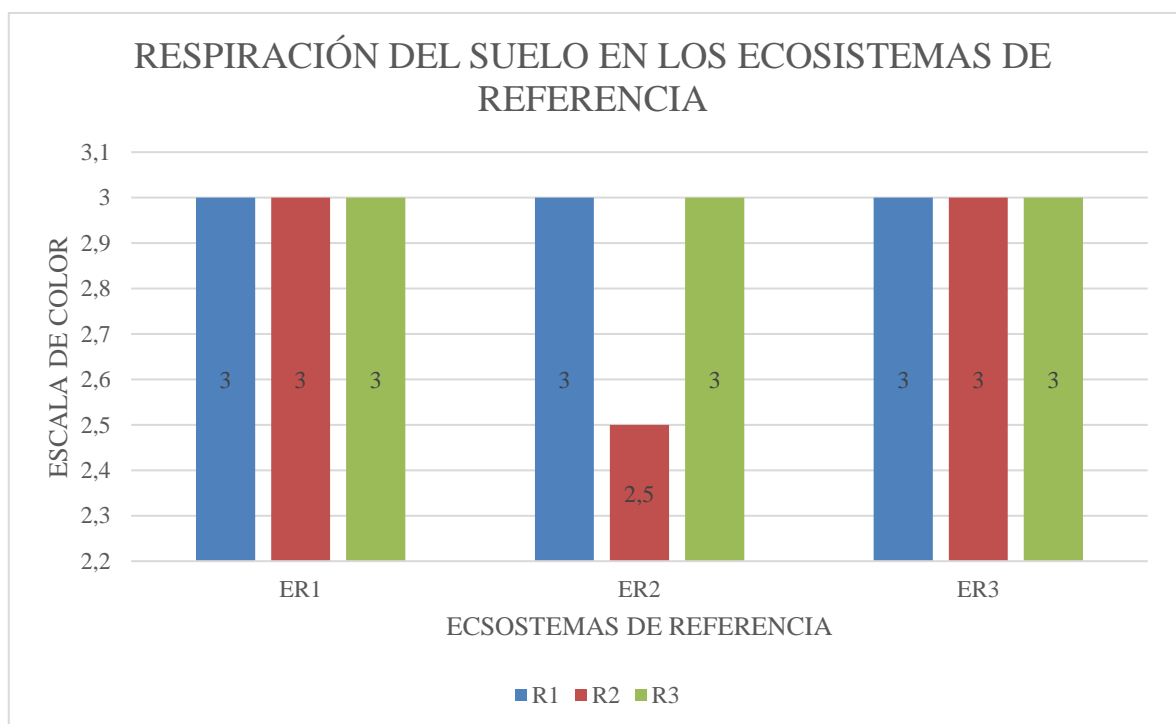


Ilustración 4-16: Resultados obtenidos en los ecosistemas de referencia

Realizado por: Sauce D., 2023.

El ecosistema de referencia 1, presenta un valor de 3 en la escala de colores para los tres ensayos realizados, lo que significa que tiene una respiración de 23 a 34 partes por millón de dióxido de carbono, es decir, el que el sustrato del primer ecosistema de referencia analizado tiene una fertilidad media-baja. El segundo ecosistema de referencia presentó un valor de 2,5 en la escala de color para la segunda repetición, dando como resultado una respiración de 15 a 22 partes por millón de CO₂ lo que equivale a una fertilidad baja. Por su parte, el ecosistema de referencia 3 presentó los mismos resultados que el ecosistema de referencia uno, teniendo una fertilidad media-baja.

4.1.5 Resultados obtenidos en los Ecosistemas degradados

Con la finalidad de tener un contraste entre los suelos que presentan distintos tipos de manejos y los ecosistemas de referencia, se identificaron tres ecosistemas que se encuentran en proceso de degradación por diversos factores; las áreas analizadas son predios pertenecientes a la comuna de San Miguel de Quera, se identificó que el suelo carece de materia orgánica en su estructura, además no tiene la capacidad de retener la humedad. En la ilustración 4-7 se plasman los resultados obtenidos.

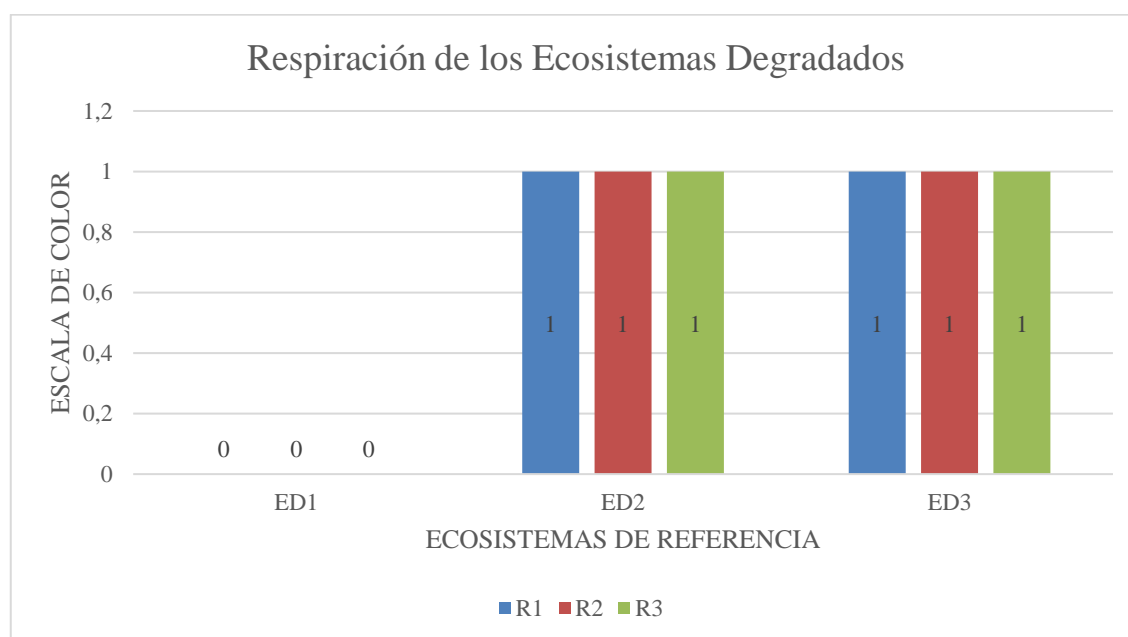


Ilustración 4-17: Respiración obtenida en los ecosistemas degradados

Realizado por: Sauce D., 2023.

Los ecosistemas de referencia de manera general presentaron resultados bajos en cuestión de respiración, el área degradada uno obtuvo un valor de 0 para las tres repeticiones en la escala de color, lo que representa que este sustrato tiene una respiración mínima que oscila entre 0 a 3 partes por millón de CO₂; en contraste al área uno, los ecosistemas degradados 2 y 3 en la escala de colores obtuvieron el valor de 1, dando como resultado un rango de respiración que va desde 4 hasta 9 partes por millón de dióxido de carbono. Realizando la comparación de los resultados obtenidos, se puede manifestar que todas las áreas degradadas presentan una fertilidad baja, tomando en cuenta los datos de respiración en partes por millón de CO₂.

4.2 Protocolo para determinar la respiración del suelo por incubación de KOH

4.2.1 Introducción

El suelo según sus funciones en los ecosistemas adquiere un factor determinante para el desarrollo de la vida, se manifiesta que los sustratos edáficos son el principal soporte alimentario a nivel mundial, ya que, aproximadamente el 95% de los productos alimenticios tienen relación directa con el suelo al momento de su producción. El suelo tiene la capacidad de formar relaciones directas entes nutrientes mediante los ciclos biogeoquímicos, generando procesos de simbiosis entre elementos vitales como el agua y los seres vivos como las plantas; así también, los suelos son el hábitat de la cuarta parte de la biodiversidad existente a nivel mundial (Asselin, 2017. párr. 3).

La respiración del suelo es definida como la capacidad que presenta el sustrato edafológico para captar dióxido de carbono por acción de los microorganismos en simbiosis con la parte radicular de las especies vegetales. El suelo es uno de los principales almacenes de dióxido de carbono a nivel global, pero por la acción antropogénica con el pasar del tiempo los ecosistemas se han visto alterados, principalmente el recurso suelo; la calidad del sustrato depende de factores climáticos y de las técnicas de manejo que se desarrollan (López, Monterroso & Gómez, 2020, p. 232).

4.2.2 Objetivo

Determinar la capacidad de actividad microbiana en el suelo (respiración) mediante la metodología de incubación de hidróxido de potasio (KOH).

4.2.3 Materiales

- Muestras de suelo tamizadas a 400 micrones y secadas a temperatura ambiente por 24 horas.
- Frascos anchos con sellado hermético (frascos con capacidad de una pinta).
- Papel filtro (cortado en forma de la base de los frascos).
- Papel de laboratorio para pesar (papel aluminio con 9 agujeros).
- Vasos de plástico con capacidad de 37 ml.
- Soporte plástico de 20 centímetros de alto (taburete de pizza).
- Cinta de marcaje.
- 4 tubos de ensayo de 15 ml.
- 4 vasos de precipitación de 600 ml.
- 2 recipientes con capacidad de 2 litros.

- Marcador.
- Guantes de nitrilo.
- Papel absorbente.
- Hoja de Apuntes.

4.2.4 Equipos

- pHmetro.
- Micropipetas.
- Balanza.
- Tamiz de 400 micrones.
- Fórceps largos.

4.2.5 Reactivos

- 1 litro de hidróxido de potasio (KOH).
- 2 litros de ácido clorhídrico (HCl).
- 1 galón de agua destilada o desionizada.

4.2.6 Metodología

4.2.6.1 Preparación de muestras

Las muestras a ser analizadas deben ser parte de una muestra completa, se recomienda que al momento del muestreo se tomen de 10 a 15 núcleos o submuestras a 10 centímetros de profundidad. A continuación, se detalla el procedimiento a seguir para la preparación de las muestras:

- Secar el suelo muestreado a temperatura ambiente por 24 horas.
- Tamizar la muestra secada a 400 micrones.
- Pesar 20 gramos de suelo tamizado en el papel de pesaje (encerar la balanza antes de cada medición).

4.2.6.2 Desarrollo del ensayo

- Con el agua destilada desinfectamos los materiales y equipos a utilizar (frascos, vasos plásticos, tubos de ensayos).
- Se procede a etiquetar los frascos con la clave designada.
- Colocar 2 papeles filtro en la base del frasco, es necesario colocar uno por uno (el primer papel filtro debe estar completamente en contacto con la base del frasco).
- Introducir los 20 gramos de suelo en el frasco (la muestra de suelo debe colocarse con la lámina de aluminio perforada).
- Colocar el soporte plástico en el frasco, se debe procurar que el soporte esté firme en la muestra de suelo que fue introducida anteriormente.
- Con la micropipeta medir 9 ml de hidróxido de potasio (KOH) y colocar en el vaso plástico (evitar derrames de hidróxido de potasio).
- Medir la conductividad eléctrica del KOH, con ayuda del pHmetro (la medida inicial del KOH será utilizada para determinar la respiración del suelo mediante los cálculos respectivos).
- Colocar el vaso con KOH sobre el soporte que se encuentra en el recipiente.
- En un tubo de ensayo medir 7 ml de agua destilada, se procede a realizar la hidratación controlada del suelo en análisis. Con la micropipeta se vierte el agua destilada en el frasco, es necesario que la punta de la micropipeta ingrese lo máximo posible sin que exista contacto con el suelo, se debe procurar que el agua ingrese uniformemente en la muestra para lo cual se recomienda poner el agua mediante las paredes del frasco.
- Cerrar el recipiente de manera hermética y colocar en un lugar a temperatura ambiente (se debe procurar que no pase mucho tiempo desde que se coloca la muestra de KOH y el sellado).
- Dejar en incubación por 4 días.

En la ilustración 4-8 se presenta el prototipo armado del frasco para la incubación:

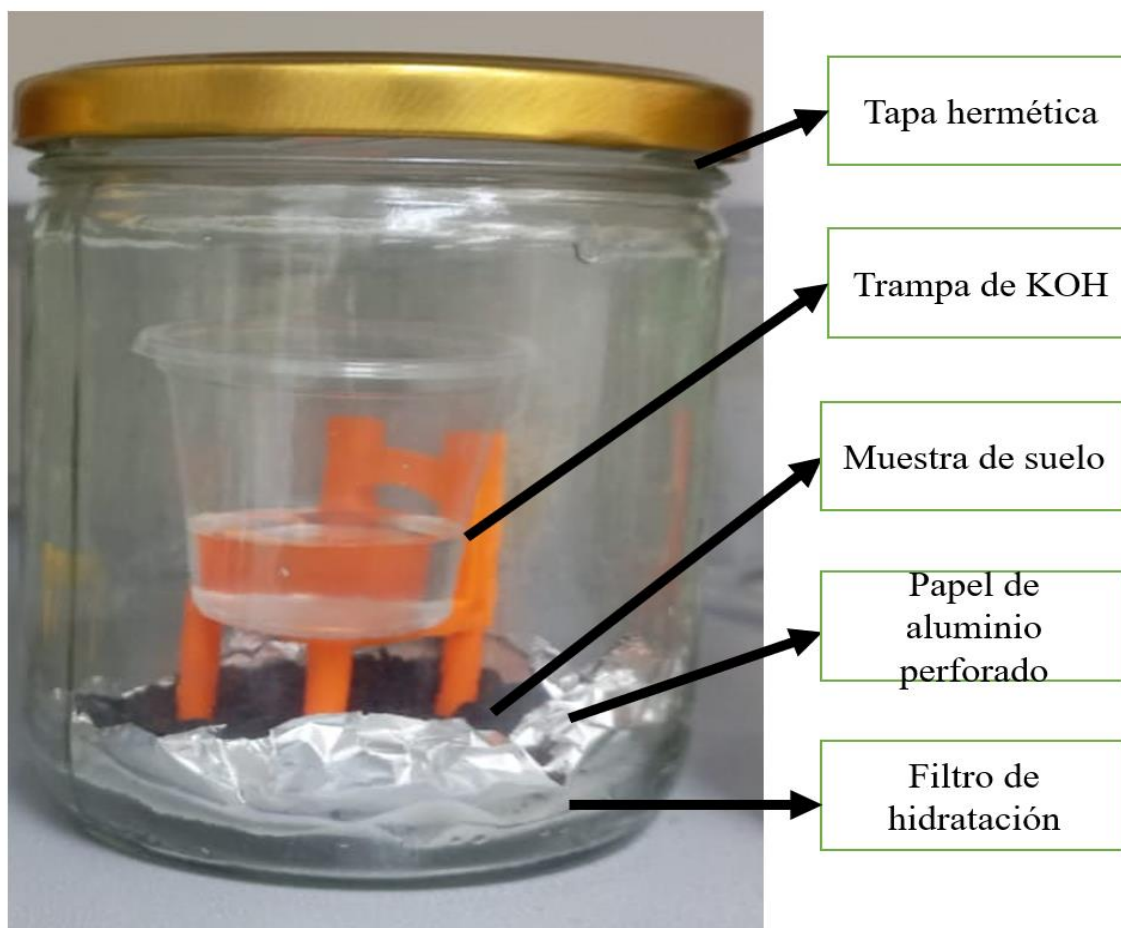


Ilustración 4-18: Prototipo del frasco de incubación

Realizado por: Sauce D., 2023.

4.2.6.3 Medida después de la incubación

- Se requiere calibrar el pHmetro conforme el manual de indicaciones, para evitar alteraciones en los datos de la conductividad eléctrica.
- Limpiar la sonda del pHmetro con agua destilada y secar con papel absorbente.
- Medir la conductividad eléctrica del reactivo KOH después de las 96 horas exactas. Después de haber medido la CE del hidróxido de potasio, se vierte el KOH en un frasco de almacenamiento que debe estar debidamente etiquetado.
- Luego de cada medición, es necesario secar la sonda del equipo de medida e introducir en agua destilada.

4.2.6.4 Protocolo de desecho de reactivos

- Todo el reactivo resultante se debe almacenar en un frasco hermético que debe estar debidamente etiquetado con la fecha y la cantidad en ml.
- Guardar en un lugar oscuro a temperatura ambiente

- Coordinar con el laboratorio de química de la facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH el procedimiento a seguir.
- Todos los desechos sólidos que han tenido contacto con el KHO deben ser ubicados en fundas de basura, para su disposición final en coordinación con el laboratorio de química.

4.2.6.5 Cálculos

Por principios químicos se ha determinado que la conductividad eléctrica del hidróxido de potasio que se encuentra en la trampa de respiración, tiende a disminuir de manera lineal por la absorción del dióxido de carbono conforme pasan las horas de incubación, debido a que, los iones hidroxilos del reactivo trampa (KOH) se reducen conforme aumenta la concentración de iones de carbonato. La diferencia de conductividades eléctricas permite calcular la capacidad de la trampa para captar dióxido de carbono, la fórmula utilizada se presenta a continuación:

$$P = \left(\frac{CE \text{ base} - CE \text{ muestra}}{CE \text{ base} - CE \text{ saturado}} \right)$$

Donde:

P: capacidad de absorción de CO₂ de la trampa

CE base: conductividad eléctrica inicial del reactivo trampa (KOH a 0,5M)

CE muestra: conductividad eléctrica de la muestra después de la incubación

CE saturado: conductividad eléctrica 0,5 M de KOH cuando se encuentra saturada de CO₂

Para determinar la cantidad de dióxido de carbono en miligramos (mg) que absorbe la trampa es necesario multiplicar la capacidad de absorción de la trampa por la capacidad teórica de la misma que toma un valor de 99,025 mg de CO₂ la fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$mg \text{ de } CO_2 \text{ absorbido} = P * 99,025 \text{ mg de } CO_2$$

Con los datos obtenidos se puede realizar una comparación entre los miligramos de dióxido de carbono absorbido por cada miligramo de suelo, para lo que es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$mg \text{ } CO_2 / mg \text{ de suelo} = \frac{mg \text{ de } CO_2 \text{ absorbido en la trampa}}{\text{peso de la muestra}}$$

4.3 Análisis estadístico

4.3.1 Análisis de varianza

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
MANEJO	2	1,796	0,8981	3,13	0,064
FINCA	2	6,685	3,3426	11,65	0,000
Error	22	6,315	0,2870		
Falta de ajuste	4	1,981	0,4954	2,06	0,129
Error puro	18	4,333	0,2407		
Total	26	14,796			

Ilustración 4-19: Análisis de varianza (ANOVA)

Realizado por: Sauce D., 2023.

A partir del análisis de varianza que evalúa la respiración del suelo a partir de la metodología de escala colorimétrica SOLVITA, se puede afirmar a un 93% de confianza que los manejos del suelo influyen en la respiración del suelo; a su vez, a un 99% de confianza se puede manifestar que las fincas influyen de manera directa en la respiración del suelo. Finalmente, se determinó que el submuestreo no influye en la respiración del suelo.

Los resultados determinados en el ANOVA del presente trabajo concuerdan con la afirmación realizada por Vásquez, Macías y Menjívar (2013, p. 176), quienes manifiestan que la disponibilidad y retención del dióxido de carbono en el suelo depende de varios factores determinantes como el tipo del suelo, cobertura vegetal y las prácticas de manejo se llevan a cabo. Por su parte Mora (2006, p. 1), menciona que la respiración del suelo se relaciona de manera directa con la actividad biológica del sustrato debido que se puede estimar la cantidad de CO₂, la presencia de microorganismos condiciona la respiración del suelo dependiendo de factores como las técnicas de manejo y conservación del mismo.

4.3.2 Pruebas post hoc

4.3.2.1 Prueba LSD

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 90%

MANEJO	N	Media	Agrupación
M2	9	2,38889	A
M3	9	2,22222	A
M1	9	1,77778	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Ilustración 4-20: Prueba LSD para los tipos de manejo de suelo

Realizado por: Sauce D., 2023.

Mediante la aplicación de la prueba de Fisher LSD se pudo identificar que el manejo correspondiente al manejo tradicional (M2) presenta diferencias significativas en cuanto a la respiración media del suelo con el manejo agroecológico (M1), mientras que, el manejo tradicional no presenta diferencias significativas con el barbecho (M3). De manera general se puede inferir que los suelos ocupados por el manejo tradicional son los que mayor cantidad de partes por millón de dióxido de carbono reportaron al momento de realizar los respectivos ensayos.

4.3.3 Verificación de supuestos

4.3.3.1 Prueba de normalidad

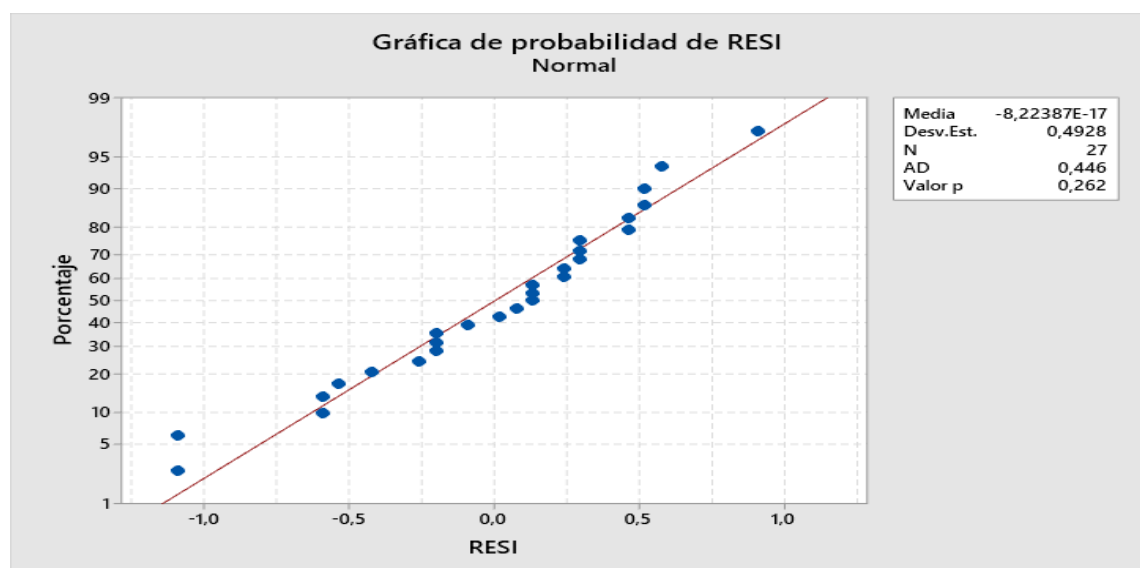


Ilustración 4-21: Prueba de normalidad de residuos de los tipos de manejo de suelo

Realizado por: Sauce D., 2023.

Los residuos representados por puntos azules están relativamente cerca de la línea de distribución normal ajustada, además, el valor p (0,262) es mayor al nivel de significancia 0,10. Por lo tanto no es posible rechazar la hipótesis nula que indica que los residuos correspondientes a la respiración del suelo en diferentes tipos de manejo (agroecológico, tradicional y barbecho) se distribuyen bajo una ley de probabilidad normal.

4.3.3.2 Prueba de homocedasticidad

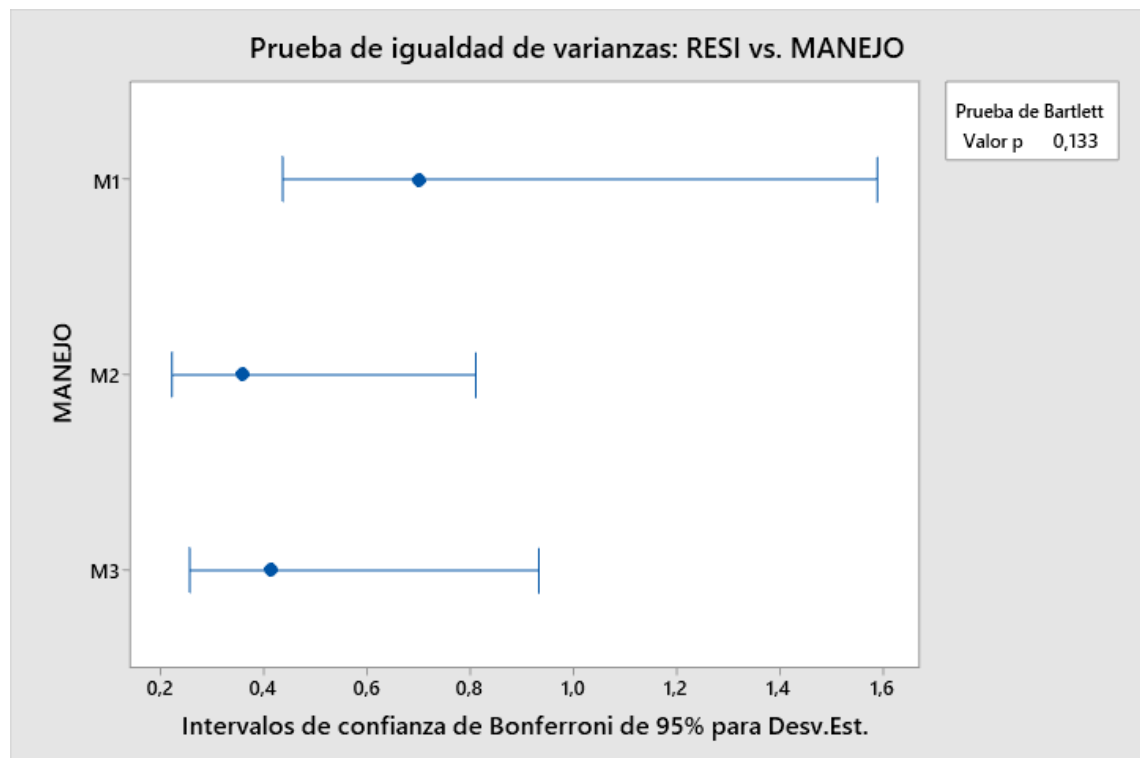


Ilustración 4-22: Prueba de Bartlett para los residuos de los tipos de manejo de suelo

Realizado por: Sauce D., 2023.

A partir del valor p (0,133) obtenido en la prueba de Bartlett no es posible rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, no es posible asumir que la varianza de los residuos correspondiente a la respiración del suelo dentro de los manejos (agroecológico, tradicional y barbecho) sean diferentes.

4.3.3.3 Prueba de independencia

Prueba		
Hipótesis nula	H_0 : El orden de los datos es aleatorio	
Hipótesis alterna	H_1 : El orden de los datos no es aleatorio	
Número de corridas		
Observado	Esperado	Valor p
11	14,04	0,216

Ilustración 4-23: Prueba de independencia para los tipos de manejo

Realizado por: Sauce D., 2023.

Tomando en cuenta el valor p (0,216) obtenido en la prueba de corridas, se puede manifestar que los residuos de respiración del suelo en función al orden de corrida del experimento no están correlacionados.

4.3.4 Comparación entre tipos de manejo de suelo y ecosistemas de referencia

La comparación de los índices de respiración según el uso de suelo, es decir, tipos de manejo de suelo y ecosistemas de referencia tanto naturales como degradados, se desarrolló con la finalidad de identificar la influencia de la actividad biológica ya sea positiva o negativa en la cangahua. Se utilizó un modelo estadístico en bloques completamente al azar, tomando como factor de bloqueo las fincas debido a que no presentan influencia estadística en la respiración del suelo, así también, para ajustar al modelo estadístico se promediaron los resultados de cada repetición con la finalidad de tener un solo valor en cada tipo de manejo de suelo.

En la ilustración 4-24 se presenta el análisis de varianza resultante:

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Manejo	4	8,759	2,1897	7,86	0,007
Bloque	2	1,345	0,6723	2,41	0,151
Error	8	2,229	0,2787		
Total	14	12,333			

Ilustración 4-24: ANOVA para la comparación de respiración según el uso de suelo

Realizado por: Sauce, David, 2023.

A un 99% de confianza se puede afirmar que el manejo del suelo influye en la respiración del mismo, debido a que la actividad biológica depende del uso del suelo y la disponibilidad de materia orgánica que se encuentre presente en la superficie. Este indicador nos permite definir de manera indirecta la fertilidad de los sustratos en la comunidad de San Miguel de Quera perteneciente a la parroquia de Cacha.

Con la finalidad de respaldar estadísticamente el ANOVA, se procedió a realizar la verificación de los supuestos de normalidad y prueba de igualdad de varianza, mientras que la comparación de medias se desarrolló mediante la prueba de Tukey a un 95% de confianza.

En la ilustración 4-25 se plasma la prueba de comparación de medias, mediante la prueba de Tukey:

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Manejo	N	Media	Agrupación
EN	3	2,94433	A
M2	3	2,38889	A
M3	3	2,22222	A
M1	3	1,77778	A B
ED	3	0,66667	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Ilustración 4-25: Prueba de Tukey para la comparación de respiración según el uso de suelo

Realizado por: Sauce, David, 2023.

A partir de la prueba de Tukey se puede afirmar que la respiración del suelo en los ecosistemas naturales es estadísticamente similar para el manejo tradicional y de barbecho, mientras que el ecosistema degradado tiene similitud estadística con el manejo agroecológico. Los resultados obtenidos para el manejo agroecológico pueden ser variable de acuerdo al tiempo de aplicación de las técnicas ecológicas de cultivo.

En la ilustración 4-26 se plasman los resultados de la prueba de normalidad para el análisis de la respiración según el uso del suelo:

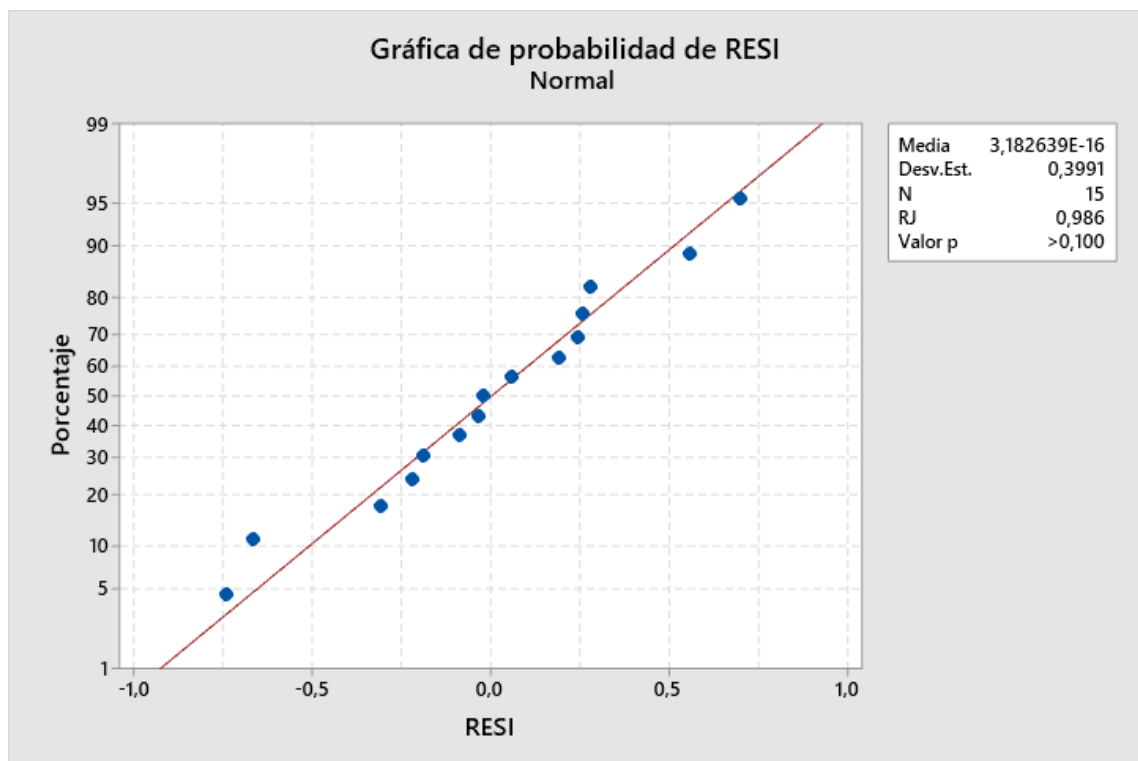


Ilustración 4-26: Prueba de normalidad de residuos de respiración del suelo

Realizado por: Sauce, David, 2023.

Los residuos representados por puntos azules están relativamente cerca de la línea de distribución normal ajustada, además, el valor p (mayor a 0,100) es mayor al nivel de significancia 0,10. Por lo tanto no es posible rechazar la hipótesis nula que indica que los residuos correspondientes a la respiración del suelo en diferentes tipos de manejo (agroecológico, tradicional y barbecho) y los ecosistemas de referencia (naturales y degradados) se distribuyen bajo una ley de probabilidad normal.

La ilustración 4-27 presenta los resultados obtenidos en la prueba de igualdad de varianzas:

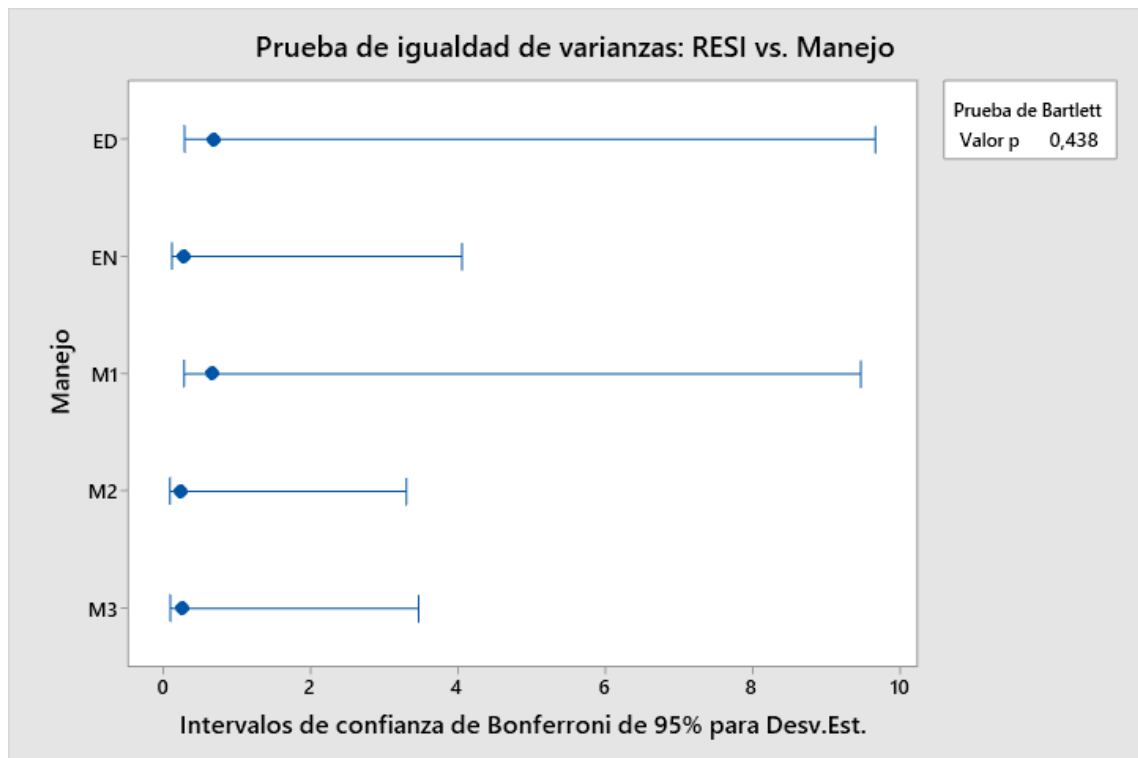


Ilustración 4-27: Prueba de igualdad de varianzas para los residuos de la respiración

Realizado por: Sauce, David, 2023.

A partir del valor p (0,438) obtenido en la prueba de Bartlett no es posible rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, no es posible asumir que la varianza de los residuos correspondiente a la respiración del suelo dentro de los manejos (agroecológico, tradicional y barbecho) y los ecosistemas de referencia (natural y degradado) sean diferentes.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

En base al estudio realizado, se puede concluir que la respiración del suelo reflejada en la cantidad de CO₂ liberado, de manera indirecta en un indicador de fertilidad del sustrato; es así como el rango máximo de respiración en el manejo agroecológico es de 23 a 34 ppm que representa una fertilidad media-baja al igual que el manejo de barbecho, por su parte el manejo tradicional presenta índices bajos de respiración. Los ecosistemas de referencia naturales mostraron los mayores índices de respiración, con un rango máximo de 23 a 34 ppm de CO₂, es decir, los ecosistemas naturales sin alteraciones importantes son los más activos en términos de respiración y fertilidad del suelo; por otro lado, los ecosistemas degradados presentaron índices mínimos de respiración del suelo, esto sugiere que la degradación del suelo puede reducir la actividad biológica y, por lo tanto, la liberación de CO₂. El manejo del suelo y el estado de degradación del ecosistema pueden influir significativamente en la respiración del suelo y, por lo tanto, en la liberación de dióxido de carbono, lo que tiene implicaciones para el ciclo del carbono y la salud del suelo.

El desarrollo de metodologías que permitan identificar los indicadores de la salud del suelo relacionados a la actividad biológica son de vital importancia el momento de realizar el diagnóstico actual de los sustratos, el protocolo planteado en el presente trabajo de investigación (respiración del suelo por incubación de KOH) va direccionado tanto al sector académico como al sector productivo, debido a que, se utilizan materiales de fácil acceso.

Se pudo identificar al 93% de confiabilidad que los tipos de manejo (agroecológico, tradicional y barbecho) influyen en la actividad biológica del suelo que se relaciona con la respiración basal del mismo; al realizar la comparación de medias de la respiración se identificó que el manejo tradicional (M2) tiene diferencias significativas con el manejo agroecológico (M1), a su vez, las parcelas destinadas al manejo tradicional presentaron mayor índice de respiración en partes por millón de dióxido de carbono. La confiabilidad de los resultados obtenidos en este experimento se respalda en la verificación de los supuestos del modelo estadístico. Finalmente, a pesar de existir diferencias significativas en las medias de respiración basal del suelo, la equivalencia en términos de fertilidad resulta ser baja para la mayoría de los ensayos evaluados.

6. RECOMENDACIONES

El presente estudio de la respiración del suelo por metodología SOLVITA es el primero en desarrollarse en el país, por lo que es recomendable aplicar otras metodologías que determinen la respiración del sustrato y generar comparaciones entre los resultados obtenidos, con la finalidad de evaluar y validar los procesos aplicados.

Los suelos en la comunidad de San Miguel de Quera – Cacha presentan una fertilidad relativamente baja, sin embargo, al ser zona de cangahua los manejos agroecológicos están aportando a la recuperación, por esta razón, se recomienda fortalecer las técnicas agrícolas ecológicas buscando nuevas alternativas que permitan fortalecer la dinámica de la actividad biológica del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

ASSELIN, O. *Apreciar el suelo sobre el que caminamos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* [en línea]. 2017. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1071075/>

BARCHUK, Alicia H. et al. *Manual de buenas prácticas para diseños agroecológicos* [en línea]. Buenos Aires : Editorial Brujas, 2021. ISBN 9789877602821. [Consulta: 6 mayo 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/183418?page=87>

BURBANO ORJUELA, Hernán. “El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático”. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 2018. Vol. 35, número 1, pp. 82–96. DOI 10.22267/rcia.183501.85.

CARTAGENA, Yamil et al. “Eficiencia del uso de abonos verdes y urea en el cultivo de maíz de valles altos”. *Avances en ciencias e ingenierías* [en línea]. 2021. pp. 80–93. [Consulta: 7 mayo 2023]. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/2038/2334>

LÓPEZ, Leticia, MONTERROSO, Alejandro y GÓMEZ, Jesús. “DISEÑO DE CALIBRACIÓN PARA CUANTIFICAR EMISIONES DE CO₂ (RESPIRACIÓN DEL SUELO) DURANTE INTERVALOS DIURNOS”. *Agrociencia* [en línea]. 2020. Vol. 54, número 6, pp. 731–745. [Consulta: 21 agosto 2023]. Disponible en: <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/2188/1952>

DEPARTMENT OF AGRICULTURE NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE. *Recommended Soil Health Indicators and Associated Laboratory Procedures* [en línea]. 2019. [Consulta: 19 junio 2023]. Disponible en: <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=44475.wba>

FAO. “Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables”. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura* [en línea]. 2015. [Consulta: 5 abril 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i4405s/i4405s.pdf>

FAO. *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales* [en línea]. 2018. Bogotá: FAO. ISBN 978-92-5-130425-9. [Consulta: 6 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/I8864ES/i8864es.pdf>

GADPR CACHA. *Plan de Desarrollo y ordenamiento Territorial de la Parroquia Cacha* [en línea]. 2019. Riobamba. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: http://www.cacha.gob.ec/images/R1_PDOT_PARROQUIA_CACHA_2019_-_2023_1.pdf

GUTIÉRREZ, Jesús, AGUILERA, Luis y GONZÁLEZ, Carlos. “Agroecología y sustentabilidad”. *Convergencia* [en línea]. 2008. [Consulta: 1 mayo 2023]. Recuperado a partir de : <https://www.scielo.org.mx/pdf/conver/v15n46/v15n46a4.pdf>

ILLAPA, Diego. *Evaluación de las prácticas de manejo Agroecológico para la recuperación de suelos degradados en San Miguel de Quera - Cacha.* Riobamba, Ecuador (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Riobamba - Ecuador). 2022.

MORA, J. *LA ACTIVIDAD MICROBIANA: UN INDICADOR INTEGRAL DE LA CALIDAD DEL SUELO* [en línea]. 2006. Disponible en: http://lunazul.ucaldas.edu.co/index2.php?option=com_content&task=view&id=223&I...

NAVARRO, Ginés, PÉREZ, Gabriel y NAVARRO, Simón. *Análisis de suelos y aguas : Aplicación agrícola* [en línea]. 2022. Dextra Editorial. ISBN 9788417946906. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/228505?page=1>

PALACIOS, Ivan, USHINA, Dennis y CARRERA, David. “Pixel Purity Index Applied to the Mapping of Degraded Soils by the Presence of Cangahuas in the Ilalo Volcano, Ecuador”. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 2021, Vol. 11, número 5, pp. 2121–2127. DOI 10.18517/IJASEIT.11.5.14684.

SHEDEKAR, Vinayak. “Prueba de salud del suelo con respiración de CO2 SOLVITA”. *Universidad Estatal de Ohio* [en línea]. 2019. [Consulta: 8 julio 2023]. Recuperado a partir de : <https://agcrops.osu.edu/newsletter/corn-newsletter/2019-08/solvita-%C2%AE-co2-respiration-soil-health-test>

SIGTIERRAS. *MAPA DE ÓRDENES DE SUELOS DEL ECUADOR Memoria Explicativa PRESENTACIÓN* [en línea], 2019, Quito. [Consulta 28 abril 2023]. Disponible en:

http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/MEMORIA_MAPA_DE_ORDENES_DE_SUELOS_MAG_SIGTIERRAS.pdf

THOMPSON, Louis M. y TROEH, Frederick R. *Los suelos y su fertilidad* [en línea], 2021, 4. Madrid : Reverté. ISBN 9788429190014. [Consulta 29 abril 2023]. Disponible en: https://www.google.com.ec/books/edition/Los_suelos_y_su_fertilidad/VpIUEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=que+es+el+suelo&printsec=frontcover

TRUJILLO, G et al., 2014. “Habilitación de cangahua en Ecuador una necesidad prioritaria para la seguridad alimentaria, provisión de agua y captura de CO2 en áreas erosionadas del país”. *Siembra* [en línea], 2014, Vol. 1, número 1, pp. 106–109. [Consulta: 18 agosto 2023]. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/3476>

USDA. “Agricultura Convencional”. *United States Department of Agriculture* [en línea], 2015, [Consulta: 29 abril 2023]. Recuperado a partir de : <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/coexistence-conventional-farming-factsheet.pdf>

VARGAS, Cristian. *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BARRERAS VIVAS PARA EL CONTROL DE OLORES OFENSIVOS PROVENIENTES DEL SECTOR PORCÍCOLA, EN LA COMUNIDAD COROCITO DEL RESGUARDO INDÍGENA WACOYO, PUERTO GAITÁN, META* [en línea], 2020, Villavicencio: Universidad Santo Tomás. [Consulta: 8 mayo 2023]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30733/2020cristianvargas.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

VÁSQUEZ, J, MACÍAS, F y MENJIVAR, J. “RESPIRACIÓN DEL SUELO SEGÚN SU USO Y SU RELACIÓN CON ALGUNAS FORMAS DE CARBONO EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, COLOMBIA”. *Bioagro* [en línea], 2013, Vol. 25, número 3, pp. 175–180. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v25n3/art04.pdf>

VATSYAYANA, Manan. “La biodiversidad de los suelos es ignorada, pero es fundamental para alimentar al planeta”. *Noticias ONU* [en línea], 2020, diciembre 5. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2020/12/1485132>

VERDEZOTO, Diana. *Línea base para el proceso de transformación de la finca “la Esperanza” de agricultura convencional a agricultura agroecológica en la parroquia Quinche, Pichincha* [en línea], 2021, Quito : Universidad Central del Ecuador. [Consulta: 27 abril 2023].
Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/24189/1/UCE-FAG-VERDEZOTO%20DIANA.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: SALIDAS DE CAMPO Y SOCIALIZACIÓN CON LA COMUNIDAD

Datos de ubicación	
Cantón	Riobamba
Parroquia	Cacha
Comunidad	San Miguel de Quera
	
Descripción: Socialización con los pobladores de la comunidad de San Miguel de Quera de la parroquia Cacha, se explicó el proceso que se desarrolló durante la investigación.	
	
Descripción: Visita a los dueños de las fincas	

ANEXO B: TOMA DE MUESTRAS

Datos de ubicación	
Cantón	Riobamba
Parroquia	Cacha
Comunidad	San Miguel de Quera
	
	
Descripción: Toma de muestras para en análisis en las fincas evaluadas	

ANEXO C: NOMENCLATURA DE LAS FINCAS Y TIPOS DE MANEJO

NOMENCLATURA UTILIZADA	
F1	FINCA 1
F2	FINCA 2
F3	FINCA 3
R1	REPETICIÓN 1
R2	REPETICIÓN 2
R3	REPETICIÓN 3
M1	TRATAMIENGO AGROECOLÓGICO
M2	TRATAMIENTO - MONOCULTIVO
M3	TRATAMIENTO - BARBECHO
ER1	ECOSISTEMA DE REFERENCIA 1
ER2	ECOSISTEMA DE REFERENCIA 2
ER3	ECOSISTEMA DE REFERENCIA 3
AD1	ÁREA DEGRADADA 1
AD2	ÁREA DEGRADADA 2
AD3	ÁREA DEGRADADA 3

ANEXO D: ESQUEMA DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

FINCA 1				
Manejo Agroecológico	Manejo tradicional	Barbecho	Ecosistema de Referencia (Natural)	Ecosistema degradado
R1	R1	R1	R1	R1
R2	R2	R2	R2	R2
R3	R3	R3	R3	R3
FINCA 2				
Manejo Agroecológico	Manejo tradicional	Barbecho	Ecosistema de Referencia (Natural)	Ecosistema degradado
R1	R1	R1	R1	R1
R2	R2	R2	R2	R2
R3	R3	R3	R3	R3
FINCA 3				
Manejo Agroecológico	Manejo tradicional	Barbecho	Ecosistema de Referencia (Natural)	Ecosistema degradado
R1	R1	R1	R1	R1
R2	R2	R2	R2	R2
R3	R3	R3	R3	R3

ANEXO E: RESULTADOS DE RESPIRACIÓN POR SOLVITA

F1 PEDRO MOROCHO									
Repetición	Manejo 1			Manejo 2			Manejo 3		
	escala color	resultado	fertilidad	escala color	resultado	fertilidad	escala color	resultado	fertilidad
1	2	10-14	baja	2,5	15-22	baja	2	10-14	baja
2	2,5	15-22	baja	2	10-14	baja	2,5	15-22	baja
3	2,5	15-22	baja	2	10-14	baja	3	23-34	media-baja
*El resultado corresponde a rango de ppm (partes por millón) de CO ₂ -C									
** La escala de color Solvita es un "índice de fertilidad" biológica o la capacidad del suelo para producir dióxido de carbono microbiano en un rango de aproximadamente 0 - 250 mg /kg (ppm)/día.									

F2 ANTONIO AGUALSACA									
Repetición	Manejo 1			Manejo 2			Manejo 3		
	escala color	resultado*	fertilidad**	escala color	resultado	fertilidad	escala color	resultado	fertilidad
1	2	10-14	baja	2	10-14	baja	2	10-14	baja
2	0	0-3	baja	2	10-14	baja	2	10-14	baja
3	0	0-3	baja	2	10-14	baja	1	4-9	baja
*El resultado corresponde a rango de ppm (partes por millón) de CO ₂ -C									
** La escala de color Solvita es un "índice de fertilidad" biológica o la capacidad del suelo para producir dióxido de carbono microbiano en un rango de aproximadamente 0 - 250 mg /kg (ppm)/día.									

F3 ANTONIO AGUALSACA									
Repetición	Manejo 1			Manejo 2			Manejo 3		
	escala color	resultado*	fertilidad**	escala color	resultado	fertilidad	escala color	resultado	fertilidad
1	3	23-34	media-baja	2,5	15-22	baja	2,5	15-22	baja
2	3	23-34	media-baja	2,5	15-22	baja	2	10-14	baja
3	3	23-34	media-baja	2,5	15-22	baja	2,5	15-22	baja

*El resultado corresponde a rango de ppm (partes por millón) de CO2-C

** La escala de color Solvita es un "índice de fertilidad" biológica o la capacidad del suelo para producir dióxido de carbono microbiano en un rango de aproximadamente 0 - 250 mg /kg (ppm)/día.

ECOSISTEMA DE REFERENCIA NATURAL									
Repetición	ER1			ER2			ER3		
	Escala color	Resultado	Fertilidad	Escala color	Resultado	Fertilidad	Escala color	Resultado	Fertilidad
1	3	23-34	media-baja	3	23-34	media-baja	3	23-34	media-baja
2	3	23-34	media-baja	2,5	15-22	baja	3	23-34	media-baja
3	3	23-34	media-baja	3	23-34	media-baja	3	23-34	media-baja

ÁREA DEGRADADA									
Repetición	AD1			AD2			AD3		
	Escala color	Resultado	Fertilidad	Escala color	Resultado	Fertilidad	Escala color	Resultado	Fertilidad
1	0	0-3	baja	1	4-9	baja	1	4-9	baja
2	0	0-3	baja	1	4-9	baja	1	4-9	baja
3	0	0-3	baja	1	4-9	baja	1	4-9	baja

ANEXO F: ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS



Muestra almacenada (secada)



Tamizado de la muestra



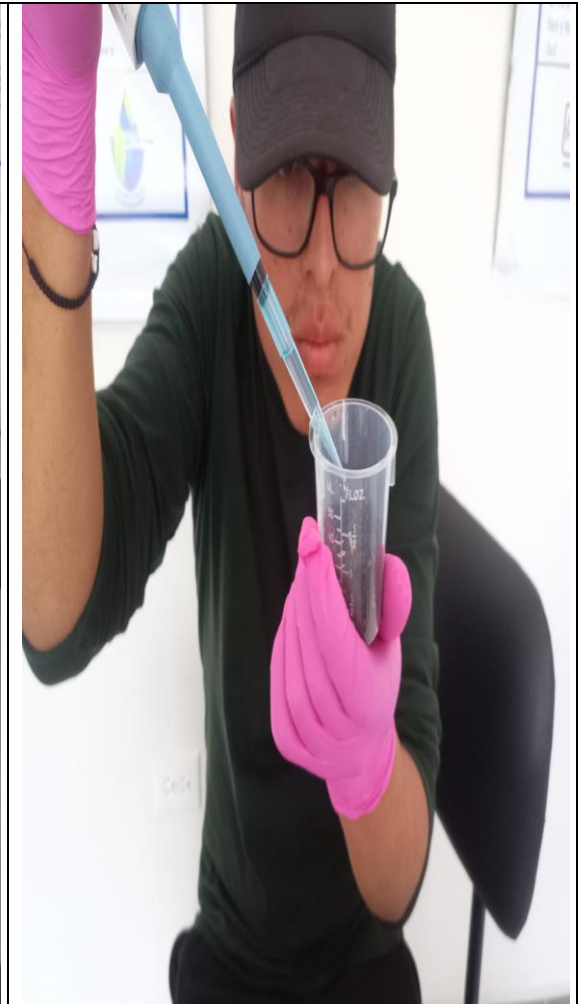
Medición de la muestra a analizar



Evaluación de la muestra medida



Tamizado de la muestra



Rehidratación de la muestra a analizar



Muestra etiquetada



Colocación de la sonda SOLVITA



Incubación de la muestra a analizar

ANEXO G: PROTOTIPO DE LA TRAMPA PARA INCUBACIÓN DE KOH





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



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

Fecha de entrega: 29/ 11/ 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: HENRY DAVID SAUCE GADÑAY
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: RECURSOS NATURALES
Carrera: RECURSOS NATURALES RENOVABLES
Título a optar: INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
f. Analista de Biblioteca responsable:  Ing. Fernanda Arévalo M. .

