

16.

<b>FECHA</b>	lunes, 28 de noviembre de 2022
--------------	--------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
BIBLIOTECA  
Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Extensión Facatativá
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Tesis
<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Agronómica

El Autor (Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Muñoz Guayacundo	Edgar Alejandro	1073528186

Director (Es) y/o Asesor (Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Pinzon Pinto	Maria Angela

**TÍTULO DEL DOCUMENTO**

Estimación de la tasa de respiración del suelo utilizando dos métodos

**EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN**

INDICADORES	NÚMERO
ISBN	
ISSN	
ISMN	

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
03/11/2022	47

**DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS  
(Usar 6 descriptores o palabras claves)**

ESPAÑOL	INGLÉS
1. Respiración del suelo	Breathing of soil
2. Tubos colorimétricos	colorimetric tubes

**FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)**

AMUNSON, R. (2018). El secuestro de carbono en el suelo es una herramienta esquivada de mitigación climática. Soil Science (46)

ARENAS, P. (2019). Respiración y variables edafológicas en suelos de bosques mixtos y monoespecíficos de pino silvestre. Universidad de Valladolid.

ALVAREZ, R. (2020). Capacidad de secuestro de carbono de los suelos Pampeanos.

BURBANO, O. (2008). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. Revista Suelos Ecuatoriales, SCCS,

FAO (2017). La materia orgánica como indicador base de calidad del suelo.

FAO (2020). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para el año 2030.

Hannah V. (2021). La labranza cero a largo plazo mejora la protección del carbono del suelo en la agricultura tropical. Journal europeo.

LAL, R. (2007). Secuestro de Carbono del suelo para mitigar el cambio climático y promover la seguridad alimentaria. Soil Science 2007.

LAW et al. (2001). Carbon storage and fluxes in ponderosa pine forests at different developmental stages. Glob. Change Biol.

LIPTZIN, D. et al. (2022) Evaluación de los indicadores de carbono de la salud del suelo en experimentos agrícolas a largo plazo. Soil Health Institute.

MCCLOSKEY, C. (2020). Un sistema de campo para medir los flujos de carbono en plantas y suelos utilizando métodos de isótopos estables.

MINAKO, Y. (2005). Required sample size for estimating soil respiration rates in large areas of two tropical forests and of two types of plantations in Malaysia

MURCIA-RODRÍGUEZ, M. OCHOA-REYES – (2008). Respiración del suelo en una comunidad sucesional de pastizal del bosque altoandino en la cuenca del río pamplonita, Colombia. Departamento de Biología y Química, Universidad de Pamplona, Norte de Santander.

PAUSCHA J, Maike H. (2020). Presupuestos de carbono de las redes alimentarias de la capa superior y del subsuelo en un sistema arable. Journal Soil Science.

PINZON, A. (2010). Edafología. Cargraphics S.A

PINZON, A. (2016). Apuntes sobre Física de suelos I. Ed. Cargraphis.

PINZON, A. (2020). Apuntes sobre Física de suelos II. Ed. Zarate

RESEARCH, W. (1997). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. USDA:

VALDEZ-PRADO. (2022). Evolución de la respiración del suelo y su relación con aportes de hojarasca en un suelo boscoso de montaña. Boletín científico de ciencias básicas e ingeniería del ICBI.

VÁSQUEZ, F., MACÍAS, JC MENJIVAR – (2013) Respiración del suelo según su uso y su relación con algunas formas de carbono en el departamento del Magdalena, Colombia

YANEZ, I. et al. (2017) Soil respiration in four land use systems. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, Vol 8.

YANG, Z., YANAN W. (2022). La fertilización a largo plazo afecta la composición química del carbono orgánico disuelto al cambiar las propiedades del suelo.

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

El objetivo de esta investigación fue evaluar la respiración del suelo en tres cultivos: lechuga, brócoli, coliflor y suelo en descanso, con dos técnicas diferentes y en dos épocas, en un suelo clasificado como Andic Humudepts, ubicado en la población de Funza. Para realizar la medición de la respiración del suelo se utilizaron los métodos siguientes: tubos colorímetros Draeger de rango corto y Soil Field Test – Solvita; adicionalmente se llevaron a cabo análisis físicos y químicos tales como, textura, estructura, densidad aparente, humedad, temperatura edáfica, color y pH, carbono orgánico, fósforo disponible, calcio, magnesio, potasio, sodio y capacidad de intercambio catiónico; estos elementos se encontraron en un nivel alto con excepción del Na. La respiración del suelo tuvo un comportamiento diferencial por los dos métodos en el suelo en descanso y en el de lechuga, mientras que en brócoli y coliflor fue semejante por los dos métodos tanto en enero como en julio. Los índices de respiración obtenidos fueron clasificados desde muy bajos, moderadamente bajos y actividad del suelo ideal como en el caso de la coliflor (índices de Woods and Research). Los resultados alcanzados en la presente investigación mostraron que los cambios en la temperatura, el pH, la humedad del suelo, y el uso indiscriminado de agroquímicos, especialmente este último corrobora que un manejo inadecuado de los mismos puede incrementar sensiblemente las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Otra de las variables que se consideraron en la investigación es la poca cantidad y variedad de edafofauna lo cual se ve reflejada en la baja respiración en este suelo.

### ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate soil respiration in three crops: lettuce, broccoli, cauliflower and rest soil, with two different techniques and in two epochs, in a soil classified as Andic Humudepts, located in the town of Funza. To measure soil respiration, the following methods were used: short-range Draeger colorimeter tubes and Soil Field Test – Solvita; Additionally, physical and chemical analyzes were carried out, such as texture, structure, apparent density, humidity, edaphic temperature, color and pH, organic carbon, available phosphorus, calcium, magnesium, potassium, sodium and cation exchange capacity; these elements were found at a high level with the exception of Na. Soil respiration had a differential behavior by the two methods in resting soil and in lettuce, while

in broccoli and cauliflower it was similar by both methods in January and July. The respiration indices obtained were classified from very low, moderately low and ideal soil activity as cauliflower case (Woods and Research indices). The results achieved in the present investigation showed that changes in temperature, pH, soil moisture, and the indiscriminate use of agrochemicals, especially last ones corroborate that inadequate management of them can significantly increase CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere. Another of the variables that were considered in the investigation is the low quantity and variety of soil fauna, which is reflected in the low respiration rate in this soil.

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos

honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI \_\_\_ NO \_X\_**.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

## LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



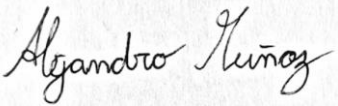
**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. TESIS DE RESPIRACION DEL SUELO	Texto

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
MUÑOZ GUAYACUNDO EDGAR ALEJANDRO	



**ESTIMACION DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DEL SUELO UTILIZANDO  
DOS MÉTODOS**

EDGAR ALEJANDRO MUÑOZ GUAYACUNDO

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMRACA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
EXTENSIÓN FACATATIVÁ

2022

# **ESTIMACION DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DEL SUELO UTILIZANDO DOS MÉTODOS**

EDGAR ALEJANDRO MUÑOZ GUAYACUNDO

Trabajo de grado para optar EL TÍTULO DE Ingeniero Agrónomo.

Directora

ANGELA PINZÓN PINTO

Agróloga M. Sc.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMRACA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
EXTENSIÓN FACATATIVÁ

2022

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado  
en cumplimiento de los requisitos  
exigidos por la Universidad de  
Cundinamarca para optar al título  
de Ingeniero Agrónomo

---

Angela Pinzón Pinto  
Agróloga M. Sc.  
Directora

---

William Montenegro Otalora  
Ingeniero Agrónomo

---

Jorge Alberto Sanchez E  
Agrólogo PhD

Facatativá, 4/ Noviembre/ 2022

A mis padres y hermanos gracias por ayudarme a alcanzar el éxito.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE TABLAS .....	7
LISTA DE ANEXOS .....	8
ABSTRAC .....	10
INTRODUCCIÓN .....	11
OBJETIVO.....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
DISEÑO METODOLÓGICO.....	15
El equipo de respiración Draeger .....	16
El equipo de Soil Field Test – Solvita. ....	17
MATERIALES Y METODOS .....	18
ZONA DE ESTUDIO.....	18
3.2 SUELO .....	19
CULTIVOS.....	22
DESARROLLO DEL MÉTODO DE LA MEDICIÓN DE LA RESPIRACIÓN DEL SUELO CON EL CON EL EQUIPO DRAEGER.....	23
DESARROLLO DEL METODO DE LA MEDICIÓN DE LA RESPIRACIÓN DEL SUELO CON EL EQUIPO SOIL FIELD TEST – SOLVITA .....	26
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	28
RESULTADOS DE LA EDAFOFAUNA .....	35
CONCLUSIONES .....	40
RECOMENDACIONES.....	41
ANEXOS .....	42
ANEXO 1.....	42
ANEXO 2.....	43
ANEXO 3.....	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Elementos del equipo Draeger.....	16
Figura 2 - Elementos del equipo Solvita.....	17
Figura 3 - Modelo digital de la Sabana (IGAC, 2010).....	18
Figura 4 - Dimensiones de la Finca la Cuña.....	19
Figura 5 - Suelo Andic Humudepts.....	20
Figura 6 - Cultivos en campo.....	23
Figura 7 - Medición de respiración con el equipo Draeger.....	26
Figura 8 - Medición de respiración con el equipo SOIL FIELD TEST – SOLVITA.....	27
Figura 9 – Resultados de respiración en suelo en descanso.....	29
Figura 10 – Resultados de respiración en cultivo de lechuga.....	30
Figura 11 – Resultados de respiración en cultivo de brócoli.....	31
Figura 12 – Resultados de respiración en cultivo de coliflor.....	32
Figura 13 – Recopilación de resultados - Draeger.....	32
Figura 14 – Recopilación de resultados - Solvita.....	32
Figura 15 – Muestra resultados del recuento de actinomicetos.....	32
Figura 16 – Resultados del recuento de Hongos totales (mohos y levaduras).....	32
Figura 17 – Recuento de Bacterias mesófilas aerobias.....	32
Figura 18 – Mesoorganismos recolectados en el suelo.....	40

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Propiedades físicas del suelo.....	20
Tabla 2 - Propiedades químicas del suelo.....	21
Tabla 3 - Resultados obtenidos por los dos métodos y algunas propiedades físicas del suelo.....	33
Tabla 4 - Evaluación del índice de respiración por el método Draeger según Woods End Research, 1997 .....	34
Tabla 5 - Análisis microbiológico de Laboratorio.....	36

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Indices generales para clases de respiración del suelo (Woods End Research, 1997) .....	43
Anexo 2 - Agroquímicos utilizados en los cultivos de la finca.....	44
Anexo 3 - Escala de respiración por el método Soil Field Test - Solvita.....	45



# **ESTIMACION DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DEL SUELO UTILIZANDO DOS MÉTODOS**

## **RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue evaluar la respiración del suelo en tres cultivos: lechuga, brócoli, coliflor y suelo en descanso, con dos técnicas diferentes y en dos épocas, en un suelo clasificado como Andic Humudepts, ubicado en la población de Funza. Para realizar la medición de la respiración del suelo se utilizaron los métodos siguientes: tubos colorímetros Draeger de rango corto y Soil Field Test – Solvita; adicionalmente se llevaron a cabo análisis físicos y químicos tales como, textura, estructura, densidad aparente, humedad, temperatura edáfica, color y pH, carbono orgánico, fósforo disponible, calcio, magnesio, potasio, sodio y capacidad de intercambio catiónico; estos elementos se encontraron en un nivel alto con excepción del Na. La respiración del suelo tuvo un comportamiento diferencial por los dos métodos en el suelo en descanso y en el de lechuga, mientras que en brócoli y coliflor fue semejante por los dos métodos tanto en enero como en julio. Los índices de respiración obtenidos fueron clasificados desde muy bajos, moderadamente bajos y actividad del suelo ideal como en el caso de la coliflor (índices de Woods and Research). Los resultados alcanzados en la presente investigación mostraron que los cambios en la temperatura, el pH, la humedad del suelo, y el uso indiscriminado de agroquímicos, especialmente este último corrobora que un manejo inadecuado de los mismos puede incrementar sensiblemente las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Otra de las variables que se consideraron en la investigación es la poca cantidad y variedad de edafofauna lo cual se ve reflejada en la baja respiración en este suelo.

Palabras claves: respiración, tubos colorimétricos

## ABSTRAC

The objective of this research was to evaluate soil respiration in three crops: lettuce, broccoli, cauliflower and rest soil, with two different techniques and in two epochs, in a soil classified as Andic Humudepts, located in the town of Funza. To measure soil respiration, the following methods were used: short-range Draeger colorimeter tubes and Soil Field Test – Solvita; Additionally, physical and chemical analyzes were carried out, such as texture, structure, apparent density, humidity, edaphic temperature, color and pH, organic carbon, available phosphorus, calcium, magnesium, potassium, sodium and cation exchange capacity; these elements were found at a high level with the exception of Na. Soil respiration had a differential behavior by the two methods in resting soil and in lettuce, while in broccoli and cauliflower it was similar by both methods in January and July. The respiration indices obtained were classified from very low, moderately low and ideal soil activity as cauliflower case (Woods and Research indices). The results achieved in the present investigation showed that changes in temperature, pH, soil moisture, and the indiscriminate use of agrochemicals, especially last ones corroborate that inadequate management of them can significantly increase CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere. Another of the variables that were considered in the investigation is the low quantity and variety of soil fauna, which is reflected in the low respiration rate in this soil.

Key words: breathing, colorimetric tubes

## INTRODUCCIÓN

El suelo debe considerarse como punto de partida para avanzar en la comprensión de los fenómenos que se consideran en el cambio climático, debido a la potencialidad de captura de carbono que tiene. Es de suma importancia que esta investigación abra el camino para conocer las tasas de respiración en diferentes tipos de suelos, usos y manejos, con el fin de ayudar a determinar su contribución al balance de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

En correlación con lo anterior hay que mencionar que la respiración que ocurre en el suelo, que consiste en la producción de CO<sub>2</sub>, resultante de dos procesos: oxidación de la materia orgánica del suelo (MOS) realizada por los microorganismos del suelo y la respiración de las células de las raíces de las plantas. El uso y el manejo del suelo pueden direccionar su rol y afectar sus contenidos de carbono, es por ello, que hoy en día se requiere un cambio de enfoque con sistemas agroalimentarios que privilegien la resiliencia, la productividad y la sostenibilidad.

A través de la investigación se demostrará que las prácticas de Manejo Sustentable del Suelo (MSS) no solo podrían mitigar la emisiones de GEI, sino que también ofrecen múltiples beneficios, como mejorar la seguridad alimentaria, reducir la pobreza y la desnutrición, brindar servicios ecosistémicos esenciales (regulación climática e hídrica, mantenimiento de la biodiversidad y ciclaje de nutrientes, entre otros), lo cual contribuye a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) al crear resiliencia ante los eventos climáticos extremos.

Son escasas las investigaciones sobre respiración del suelo, sin embargo, existen algunas, las cuales utilizaron diferentes métodos de medición, por ejemplo, Vázquez, Macías y Menjivar, (2013), estudiaron “La respiración del suelo según su uso y su relación con algunas formas de carbono en el departamento del Magdalena, Colombia”; ellos utilizaron un espirómetro Micro-Oxymax. Otro aporte de la medición de la respiración del suelo fue la elaborada por Murcia y Ochoa, de la Universidad Nacional y la Universidad de Pamplona respectivamente (2008), quienes midieron la respiración del suelo en una comunidad sucesional de pastizal del bosque altoandino en la cuenca del río Pamplonita Colombia, utilizando el método de la “caja invertida”, propuesto por Walter y Haber. Por otra parte, en Méjico, Yánez (2017), investigó la respiración del suelo en cuatro sistemas de uso en Vertisoles; la respiración del suelo fue medida in situ, utilizando la cámara cerrada de Parkinson (1981) con un sistema portátil EGM-4.

Aunque la capacidad del suelo para secuestrar el carbono es muy variable en el espacio y en el tiempo (Paustian et al., 2016; Wiesmeier et al., 2019), uno de los aspectos que todos los suelos tienen en común es la emisión del COS a la atmósfera causada por prácticas insostenibles de manejo. Por lo tanto, evitar la pérdida de COS mediante el manejo sustentable del suelo es crucial y, con frecuencia, la opción más fácil.

La velocidad del secuestro del suelo depende en gran medida de las condiciones locales del clima, la cobertura, el tipo de suelo, su uso, y la adopción de prácticas de MSS centradas en el COS. El secuestro del COS es normalmente un proceso a mediano plazo y las ganancias totales de carbono mediante prácticas de MSS solo pueden detectarse después de algunos años (de 1 a 20 años) dependiendo de la fracción de la materia orgánica medida y del tipo de suelo.

Como parte de las funciones naturales y servicios ecosistémicos provistos por los suelos, un suelo saludable almacena más carbono que el almacenado en la atmósfera y la vegetación en conjunto. (Ciais et al., 2013). El carbono del suelo puede permanecer secuestrado en el suelo durante miles de años (Stockmann et al., 2013; Wiesmeier, 2019). No obstante, los suelos cultivados del mundo han perdido del 25 al 75% de sus reservas originales de carbono (Lal, 2018, 2004; Lorenz and Lal, 2018) las cuales han sido emitidas a la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub>, principalmente a causa de prácticas de manejo insostenibles que producen degradación del suelo.

Las prácticas de Manejo Sustentable del Suelo (MSS) pueden almacenar carbono en el suelo de manera efectiva en el corto y mediano plazo, mejorando así la producción de alimentos y contribuyendo al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para el año 2030. (FAO,2020). Se considera que la implementación de prácticas probadas para mantener las reservas en los suelos ricos en carbono (i.e. turberas, suelos negros, permafrost) y para secuestrar más carbono en ellos con dicho potencial.

Es necesario aumentar los conocimientos sobre respiración del suelo con datos bien fundamentados mediante prácticas juiciosas de gestión a distintas escalas para todos los usos del suelo, especialmente en puntos críticos. Se necesitan mejores, más holísticas y comprensibles soluciones para superar barreras de adopción de prácticas de secuestro de COS para el diseño y la implementación de políticas acordes a las necesidades del país.

## **OBJETIVO**

El objetivo de esta investigación es el de evaluar la respiración del suelo en tres cultivos: lechuga, brócoli, coliflor y suelo en descanso, con dos técnicas y en dos épocas diferentes, en un suelo clasificado como Andic Humudepts, ubicado en la población de Funza.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Generar conocimiento sobre nuevos métodos que permitan ahondar sobre la respiración del suelo
- Conocer la respuesta de la respiración de un mismo suelo bajo tres cultivos y suelo en descanso y en dos épocas diferentes.
- Fortalecer la investigación científica de los estudiosos del suelo

## DISEÑO METODOLÓGICO

- La investigación se realizó en La Finca la Cuña, localizada en la vereda la Unión del municipio de Funza, Cundinamarca.
- Reconocimiento de la infraestructura de la finca, clasificación del suelo y de los cultivos utilizados en la investigación.
- Elaboración del equipo de respiración Draeger.
- Prueba de los equipos.
- Medición en campo de: pH, temperatura, humedad del suelo, densidad aparente humedad y textura.
- Medición de la respiración del suelo utilizando los dos métodos: tubos colorímetros Draeger de rango corto y Soil Field Test – Solvita.
- Recolección de muestras para el análisis químico y microbiológico.

## El equipo de respiración Draeger

Este equipo consta de los siguientes implementos:

- Tubos colorimétricos Draeger de rango corto: (*fig. 1a*)
- Anillo de 6 pulgadas de diámetro: (*fig. 1b*)
- Tapa con tapones de goma: (*fig. 1c*)
- Mazo y bloque de madera: (*fig. 1b*)
- Termómetro para suelos: (*fig. 1e*)
- Jeringa de 140 cm<sup>-3</sup>: (*fig. 1d*)
- Cronómetro

*Figura 1 - Elementos del equipo Draeger*





## El equipo de Soil Field Test – Solvita.

Respiración del Suelo (Método Alternativo). Este método

Con el equipo Solvita los resultados se obtienen en 24 horas; este método emplea un equipo producido por la compañía Woods End<sup>1</sup> conocido como el Equipo Vida del suelo Solvita.

El equipo consta de los siguientes implementos:

- Un recipiente para la muestra de suelo, el cual contiene el volumen correcto para el ensayo: (Fig. 2a)
- Un paquete metálico conteniendo una paleta de gel de color especial: (Fig. 2b)
- Una clave de colores para la lectura de los resultados: (Fig. 2c)

Figura 2 - Elementos del equipo Solvita



## MATERIALES Y METODOS

### ZONA DE ESTUDIO

Los suelos correspondientes al municipio de Funza son de origen Lacustre, de aluviones recientes del cuaternario que corresponden a la formación Sabana (arcillas lacustres), generando la sedimentación de los aluviones, proceso que fue complementado y enriquecido con una cobertura de cenizas volcánicas, que han influido en la genética del suelo, dando origen a la actual planicie aluvial. El sitio de estudio está ubicado a una altura entre los 2.546 msnm, el clima es frío, con una temperatura media anual de 13,8°C y una precipitación de 1.059,8 milímetros anuales.

El estudio se llevó a cabo en La Finca la Cuña, localizada en la vereda la Unión del municipio de Funza, (fig. 3) Cundinamarca; tiene una extensión de 15 hectáreas sembradas en Hortalizas.

*Figura 3 - Modelo digital de la Sabana (IGAC, 2010)*

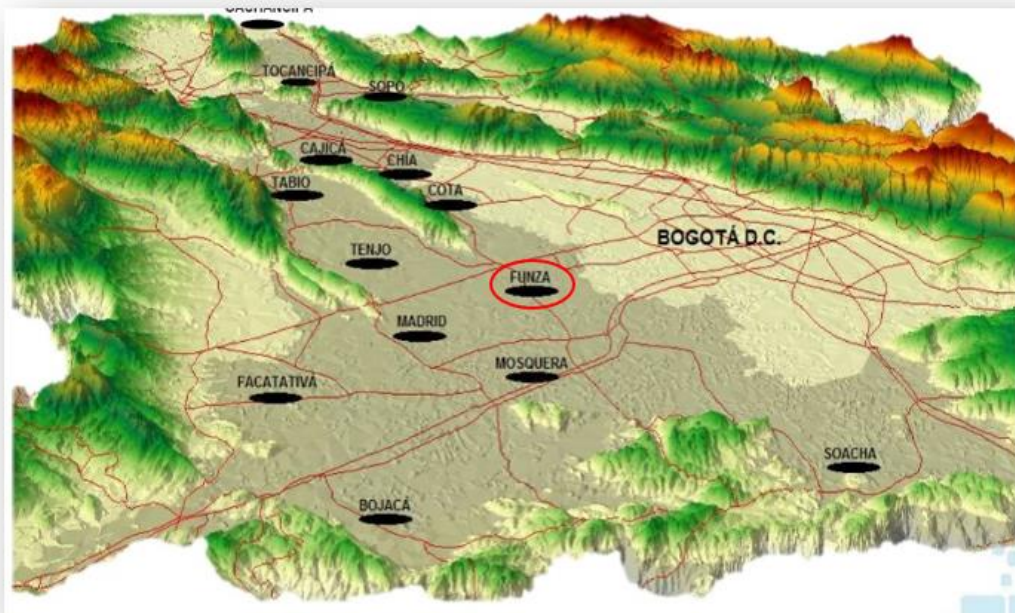


Figura 4 - Dimensiones de la Finca la Cuña



### 3.2 SUELO

El suelo fue clasificado como Andic Humudepts, (Fig. 5)

La *tabla 1* muestra las propiedades físicas del suelo: la textura es Franca en los dos primeros horizontes, franco-arcillosas, franco arcillo-arenosas en los más profundos; la estructura es granular en el primero horizonte y de bloques subangulares medios y gruesos, la densidad aparente es de  $0.85 \text{ g.cm}^{-3}$  en el primer horizonte y de  $0.98 \text{ g.cm}^{-3}$  en el segundo horizonte, en los horizontes más profundos densidad aumenta entre 1.1 a  $1.4 \text{ g.cm}^{-3}$ ; en el campo se hizo la estabilidad de los agregados en los dos primeros horizontes siendo muy estable; en campo se hizo la prueba de infiltración del agua siendo moderadamente rápida, lo cual permite que las raíces la absorban sin ningún estrés; la humedad obtenida en campo fluctúa entre 48 y 70% en el primer horizonte debido a la materia orgánica principalmente y disminuye en profundidad; no hay indicios de erosión ni de encharcamiento.

Figura 5 - Suelo Andic Humudepts

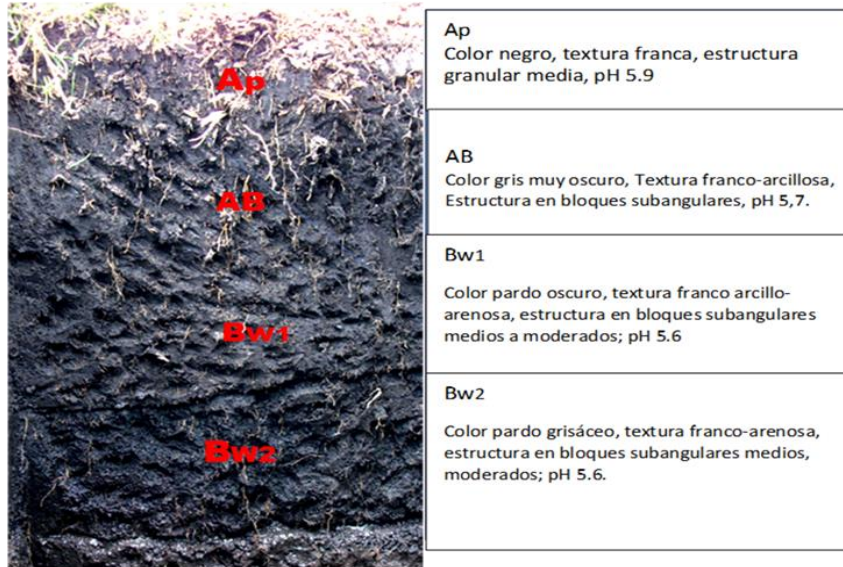


Tabla 1 - Propiedades físicas del suelo

Profundidad cm	Textura	Estructura	Densidad Aparente g.cm <sup>-3</sup>	Humedad en campo %	Temperatura Edáfica °C	Color
00-25	F	Granular medios	0.8	33.2	12 - 18	10YR2/1
25-36	FAR	Bloques Subangulares finos	0.9	25.7	11 - 16	10YR3/1
36-58	FARa	Bloques subangulares	1.3	29.8	10	7.5YR5/4
58-66	FARa	Bloques Angulares	1.0	31.0	10	10YR6/6
56 -X	FARa	Bloques Angulares	1.4	29.9	10	10YR6/6

Los resultados de los análisis químicos, (*Tabla 2*) indican que estos suelos presentan reacción moderadamente ácida, la capacidad catiónica de cambio es alta, Calcio alto en superficie y profundidad, Magnesio bajo en los dos primeros horizontes, medio de 37 a 66 cm y alto en profundidad, el P es alto en el primer horizonte, la relación Ca/Mg es alta en el primer horizonte y baja en el resto del perfil; el Potasio es alto; la materia orgánica es alta, por lo tanto, el Carbón orgánico lo es también.

*Tabla 2 - Propiedades químicas del suelo*

<b>DETERMINACIÓN ANÁLITICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
<b>Carbono Orgánico (CO)</b>	g/100g	5.56	Alto
<b>Materia Orgánica</b>	%	9.60	Alta
<b>Fósforo (P) Disponible</b>	mg/kg	118.12	Alto
<b>Capacidad Intercambio Catiónico Efect (CICE)</b>	cmol(+)/kg	16.67	Media
<b>Calcio (Ca) disponible</b>	cmol(+)/kg	11.49	Alto
<b>Magnesio (Mg) Disponible</b>	cmol(+)/ kg	3.33	Alto
<b>Potasio (K) Disponible</b>	cmol(+)/ kg	1.28	Alto
<b>Sodio (Na) Disponible</b>	Cmol(+)/kg	0.57	Normal

## CULTIVOS

### **Lechuga (*Lactuca sativa*)**

Se cultiva en zonas ubicadas en alturas entre 1.800 y 2.800 m.s.n.m., en condiciones de clima templado frío, (temperaturas 15 y 18 °C), se adaptan a humedades relativas del 68 al 70%. En general el cultivo de *Lactuca sativa* tiene un mejor desarrollo en suelos franco-arcillosos o franco-arenosos con alto contenido de materia orgánica y un óptimo drenaje; además es tolerante a pH ácidos de 5.7 a 6.5 (Ureña Huizar & Campoverde Gutiérrez, 2010). El rendimiento aproximado del cultivo de lechuga es de 20.95 ton/ Ha, siendo Cundinamarca el departamento con mayor producción en el país.

### **Coliflor (*Brassica oleracea var. Botrytis*)**

Es una hortaliza que se caracteriza por su resistencia a condiciones frías y humedades relativas altas, generalmente en Colombia se cultiva en alturas entre 1.800 a 2.700 m.s.n.m. y temperaturas entre 13 a 22°C (Jaramillo & Díaz, 2012). Nariño es el departamento con mayor producción de Coliflor con 48%, además el rendimiento y producción en Colombia se aproxima a 19.77 ton/ Ha.

### **Brócoli (*Brassica oleracea L. var. itálica*)**

Los requerimientos edafoclimáticos del cultivo para un óptimo desarrollo son: suelos de textura franca, buen drenaje y cantidades considerables de materia orgánica; una temperatura de 15 a 18°C, una humedad relativa de 70 a 80% y un pH del suelo de 6.0 a 6.8 (Corrales Gutierrez, 2017). Dependiendo de la zona y el manejo agronómico del

cultivo, el rendimiento aproximado puede estar entre 20 a 30 ton/Ha, donde la zona con mayor producción del país es Cundinamarca con el 38%.

*Figura 6 - Cultivos en campo*



## **DESARROLLO DEL MÉTODO DE LA MEDICIÓN DE LA RESPIRACIÓN DEL SUELO CON EL CON EL EQUIPO DRAEGER**

1. Limpiar el área del muestreo de residuos superficiales, teniendo cuidado de no alterar el suelo.
2. Colocar el anillo en el suelo (*Fig. 7a*).
3. Usar el mazo y el bloque de madera para clavar el anillo de 15 cm, con el borde

biselado hacia abajo, hasta una profundidad de tres pulgadas

4. Medir la altura de la superficie del suelo hasta el tope del anillo, en centímetros (cm).
5. Para una medida más precisa de la respiración del suelo se debe medir el espacio vacío en la parte superior del anillo.
6. Cubrir el anillo con la tapa y esperar anotando la hora (30 minutos), esto con el fin de permitir que el CO<sub>2</sub> se acumule dentro del anillo (*Fig. 7b*).
7. Insertar dentro del suelo adyacente el termómetro de Suelos, a una distancia de aproximada de 3 cm del anillo y a una profundidad de 2.5 cm (*Fig. 7c*).
8. Conectar el tubo Draeger justo antes de finalizar la espera de los 30 minutos (*Fig. 7d*).
9. Conectar la aguja a uno de los tubos de goma.
10. Romper ambos extremos del tubo de Draeger, ya sea usando el agujero en el mango de la jeringa.
11. Conectar el tubo Draeger al otro extremo del tubo de goma. La flecha en el costado del tubo Draeger debe apuntar en dirección contraria a la de la conexión con la aguja (*Fig. 7e*).
12. Con el segundo tubo de goma conectar el tubo Draeger con la jeringa.
13. Inserte la Aguja en el Tapón.
14. Luego de 30 minutos insertar la aguja del aparato con tubo Draeger en un tapón.



15. Insertar una segunda aguja en el otro tapón de la tapa, esto con el fin de permitir el flujo del aire hacia el espacio debajo de la tapa, durante el tiempo en que se realiza el muestreo del gas.

16. Esta aguja deberá ser insertada justo antes de que se muestree el gas.

17. Toma de Muestra de Aire.

18. Por un lapso de 15 segundos, hale le el mango de la jeringa hasta la lectura  $100 \text{ cm}^{-3}$

( $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$ ) (*Fig. 7d*).

19. Registrar la Temperatura del Suelo y el porcentaje de  $\text{CO}_2$ .

20. El porcentaje de  $\text{CO}_2$  está indicado por el máximo avance del color púrpura en el tubo Draeger.

21. Registre la humedad del suelo.

### **CÁLCULOS:**

Respiración del Suelo (Kg de  $\text{CO}_2$ / Ha/ día) = PF x TF x (%  $\text{CO}_2 - 0.035$ ) x 22.91 x H

PF = factor de presión = 1

TF = factor de temperatura = (temperatura del suelo en Celsius) + 273

H= altura en parte interna del anillo = 5.08cm

Figura 7 - Medición de respiración con el equipo Draeger



## DESARROLLO DEL METODO DE LA MEDICIÓN DE LA RESPIRACIÓN DEL SUELO CON EL EQUIPO SOIL FIELD TEST – SOLVITA

- 1 - Se tomaron varias muestras (pequeñas) de diferentes sitios y se mezclaron para lograr homogeneidad. La idea es disturbar lo menos posible la condición natural (*Fig. 8a*).
- 2 - El suelo estaba a una humedad cercana a la capacidad de campo
- 3 - Se coloca la muestra dentro del recipiente justamente hasta la línea que marca dicho recipiente.
- 4 - Se saca la paleta, sin tocar la superficie del gel, el suelo no debe estar en contacto con el gel de la paleta
- 7 - Se insertar la paleta de la siguiente manera: introduzca la punta de la paleta en el suelo

del recipiente (tener cuidado en no golpear o inclinar el recipiente) (Fig. 8b).

8 - Ajustar la tapa muy fuertemente y mantenga el recipiente a temperatura ambiente apartado de la luz solar, durante 24 horas (Fig. 8c).

9 - Después de 20 –28 horas compare el color de la paleta del suelo con la clave de color (Fig. 8d).

Figura 8 - Medición de respiración con el equipo SOIL FIELD TEST – SOLVITA



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Suelo en descanso

En la primera toma de muestra del mes de enero, la respiración del suelo por el método Draeger, fue de 21.34 Kg de CO<sub>2</sub>/ Ha/ día, la cual se clasifica como mediana, mientras que la segunda toma de muestra fue de 0.95 Kg de CO<sub>2</sub>/ Ha/ día (*Fig. 9*), lo cual indica un índice muy bajo según Woods Ends Laboratories, Research Institute (1997) (*Anexo 1*). Estas diferencias están relacionadas con un cambio en el pH de 6.8 a 5.0, cambios en la temperatura edáfica de 12° C en enero y de 16°C en Julio; igualmente sucedió con la humedad del suelo; el manejo cultural como labranza y uso de agroquímicos residuales (*Anexo 2*) pudo alterar el resultado obtenido en las dos épocas.

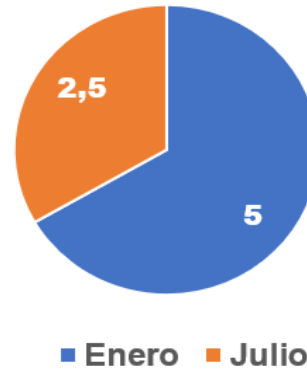
Por el método de Solvita se obtuvo el dato de 5 (CO<sub>2</sub>) en enero (*Fig. 9*), que según escala del método Soil Field Test – Solvita significa alta respiración de CO<sub>2</sub> (*Anexo 3*). En la segunda toma del mes de julio fue de 2.5 calificado como baja respiración, fuera de las anteriores características que afectaron el descenso de CO<sub>2</sub> también puede ser efecto de la baja actividad de la edafofauna.

Figura 9 – Resultados de respiración en suelo en descanso

Respiración del suelo en descanso -  
Draeger



Respiración del suelo en descanso -  
Solvita

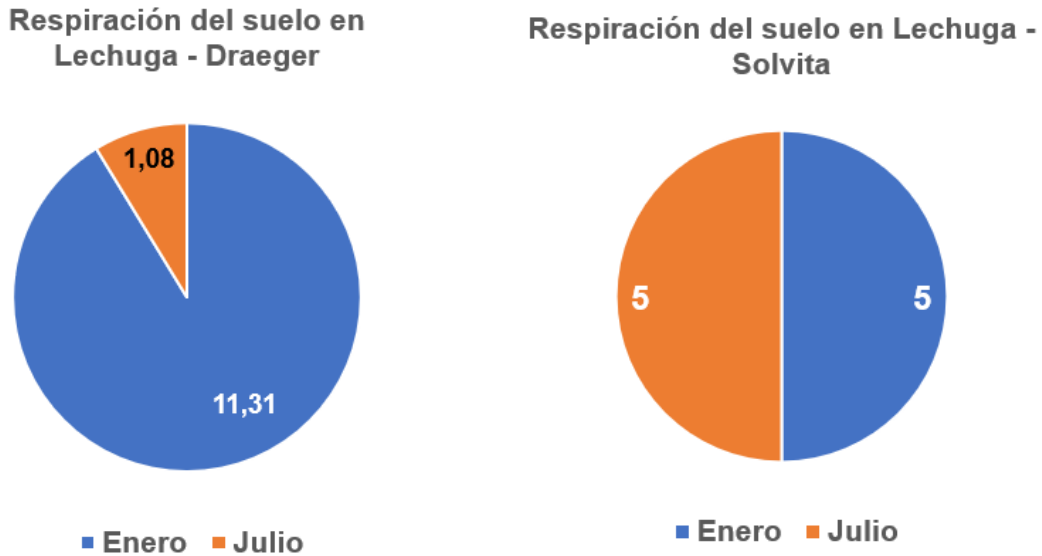


### Cultivo de Lechuga

La respiración en este cultivo tomada con el método Draeger arrojó el siguiente resultado en enero 11.31 Kg de CO<sub>2</sub>/ Ha/ día, calificado como moderadamente bajo y en julio el dato obtenido fue 1.08 Kg de CO<sub>2</sub>/ Ha/ día (Fig. 10), clasificado como muy bajo; esta diferencia se debió al cambio en el Ph de 6.5 a 5.5 y la humedad del suelo del mes de julio; es probable que estas dos variables hayan afectado el desarrollo de las raíces y la biota del suelo.

En el método Solvita no se identificaron cambios en ninguna de las dos épocas, obteniendo datos de 5 (CO<sub>2</sub>) (Fig. 10), clasificándose como alta respiración (Anexo 3), la hipótesis que se asume es en primer lugar la diferencia de métodos, debido a que en este método se recolectan muestras en diversos sitios del cultivo.

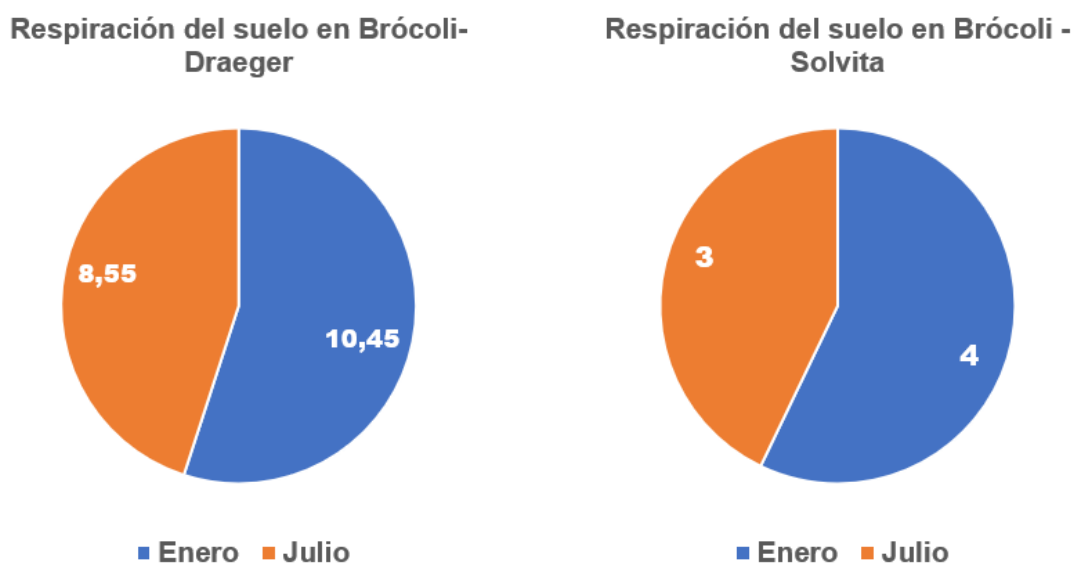
Figura 10 – Resultados de respiración en cultivo de lechuga



### Cultivo de Brócoli

Los resultados del análisis de CO<sub>2</sub> en el cultivo de brócoli en el método Draeger son muy bajos, cambió de 10.45 a 8.55Kg de CO<sub>2</sub>/ Ha/ día (Fig. 11). De acuerdo con la información brindada con el agricultor, el uso de agroquímicos es constante para el control de plagas y enfermedades; por lo que afecta directamente a la respiración microbiana del suelo. Con el Test de Solvita se evidenció una disminución de 4 a 3 (CO<sub>2</sub>) (Fig. 11), es decir moderadamente bajo, por lo que se puede relacionar con el cambio de temperatura edáfica de 14° a 20°C respectivamente en las dos épocas y por el efecto de los productos residuales en el suelo. De acuerdo con lo observado en campo la presencia de mesoorganismos es casi nula en este cultivo, se dedujo que la respiración se debe principalmente a la rizosfera.

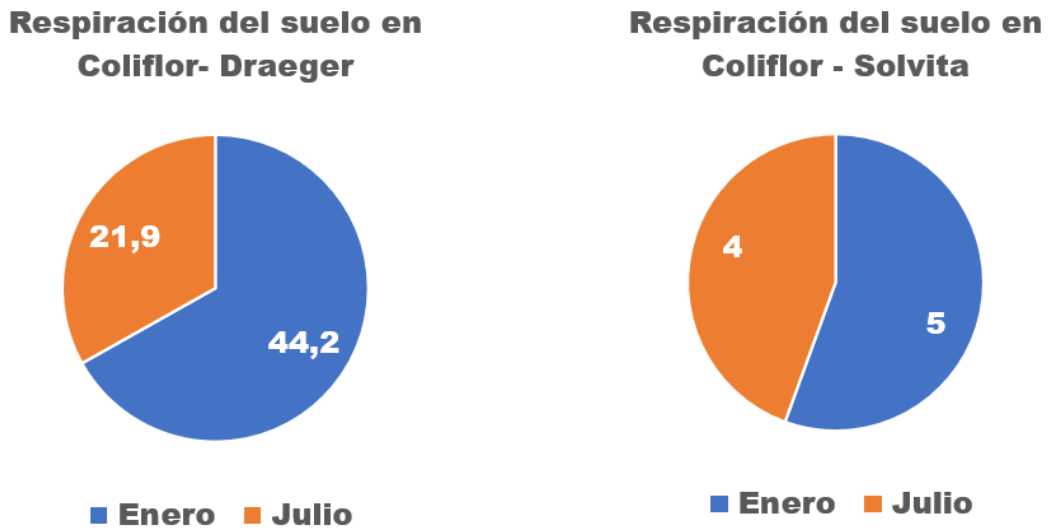
Figura 11 – Resultados de respiración en cultivo de brócoli



### Cultivo de Coliflor

En el cultivo de la Coliflor se encontró la más alta respiración tanto con el método Draeger como en el Solvita, 44.2 y 21.9Kg de CO<sub>2</sub>/ Ha/ día respectivamente (Fig. 12). No hay cambios en el pH ni en la humedad del suelo, estimamos que la respiración encontrada es debida al sistema radical especialmente a los numerosos pelos radicales que en un momento dado superan a la actividad de los organismos.

Figura 12 – Resultados de respiración en cultivo de coliflor



En la siguiente (Figura 13 y Tabla 3) se recopilan los resultados de los dos métodos empleados en la investigación:

Figura 13- Recopilación de resultados - Draeger

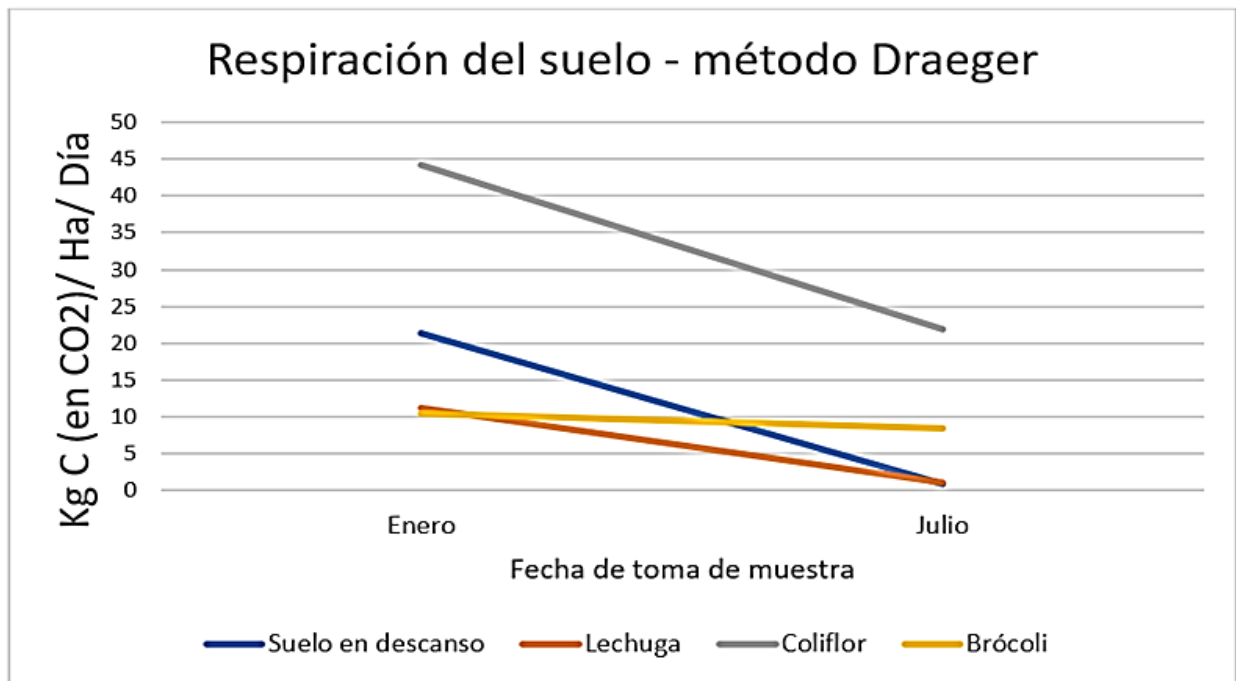




Figura 14- Recopilación de resultados - Solvita

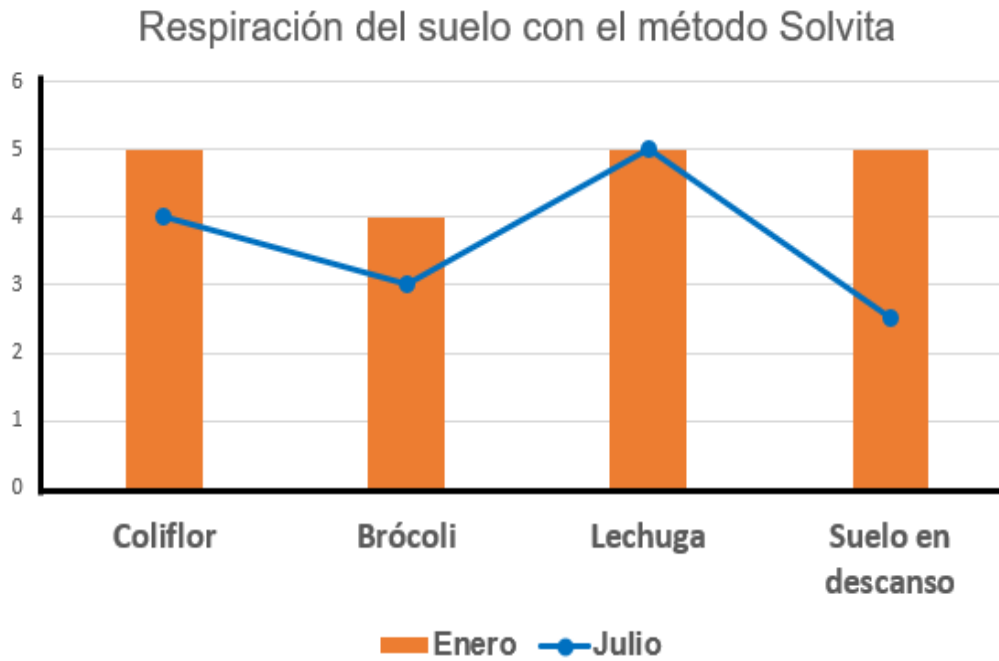


Tabla 3 Resultados obtenidos por los dos métodos

Cultivo	Época de muestra	pH	Textura	Humedad %	T°C suelo	Draeger	Solvita
Suelo en descanso	Enero	6,8	Far	10	12	21,34	5
	Julio	5.0		18	16	0,95	2.5
Lechuga	Enero	6,5	Far	17.5	18	11,31	5
	Julio	5,5		12	16	1,08	5
Brócoli	Enero	7.0	Far	14.6	14	10,45	4
	Julio	6,5		18.8	20	8,55	3
Coliflor	Enero	6,5	FarA	19.1	23	44,2	5
	Julio	6,5		20	17	21,9	4

Tabla 4 – Evaluación del índice de respiración por el método Draeger según Woods End Research, 1997

<b>CULTIVO</b>	<b>Respiración del suelo evaluada Kg C (en CO<sub>2</sub>) /ha/día</b>	<b>CLASE</b>
Suelo en descanso Enero	21,34	Actividad del suelo mediana
Suelo en descanso Julio	0,95	Actividad del suelo muy baja
Lechuga Enero	11,31	Actividad del suelo moderadamente baja
Lechuga Julio	1,08	Actividad del suelo muy baja
Brócoli Enero	10,45	Actividad del suelo muy baja
Brócoli Julio	8,55	Actividad del suelo muy baja
Coliflor Enero	44,2	Actividad del suelo ideal
Coliflor Julio	21,9	Actividad del suelo mediana

## RESULTADOS DE LA EDAFOFAUNA

La gestión agrícola insostenible practicada en este suelo, como es el uso extensivo de labranza e insumos químicos, degrada el frágil entramado de interacciones que ocurren entre los organismos del suelo y las plantas, tiene repercusiones negativas en la respiración del suelo, dadas las continuas pérdidas de actividad microbiana y mesofauna.

La recolección de las muestras para hacer el análisis microbiano se hizo en toda la finca en las dos épocas. Como se puede observar en la (*Tabla 4*), la calificación de la respiración en general es muy baja en los dos métodos, especialmente en el de Draeger. Se exceptúa el cultivo de la coliflor, en el segundo muestreo se clasificó como *actividad del suelo ideal* según los Índices de: Woods End Research Laboratory (para clases de la respiración del suelo).

El suelo en descanso en el mes de enero se clasificó como mediana la respiración, pero en julio fue muy baja, observamos que se había perdido parte de la materia orgánica de los primeros centímetros del suelo.

En este suelo clasificado como Andic Humudepts fue escasa la actividad de los microorganismos; se encontraron actinomicetos, bacterias mesófilas y hongos totales. Los actinomicetos son una parte fundamental en el equilibrio de los ecosistemas, transforma compuestos orgánicos descomponiéndolos o modificando su estructura consiguiendo su mineralización. Los hongos del suelo juegan un papel clave en los procesos de descomposición que mineralizan y reciclan nutrientes de plantas. En el suelo, los hongos interactúan con una compleja comunidad microbiana que incluye: bacterias, actinomicetos (actinobacterias) y pequeños invertebrados. Los hongos son una

parte importante de la cadena alimenticia en el suelo, principalmente para la mesofauna que habita en el suelo.

Los análisis microbiológicos obtenidos en los diferentes cultivos arrojan pocos microorganismos (*Tabla 5*) lo cual conlleva a la baja actividad respiratoria, esto debido al mal manejo del suelo. La actividad microbiana del suelo resulta ser un factor clave sobre las emisiones de carbono a la atmósfera.

*Tabla 5 - Análisis microbiológico de Laboratorio*

	Análisis microbiológico					
	Muestra 1			Muestra 2		
	Bacterias mesófilas aerobias (UFC/g)	Hongos totales: mohos y levaduras (UFC/g)	Actinomicetos	Bacterias mesófilas aerobias (UFC/g)	Hongos totales: mohos y levaduras (UFC/g)	Actinomicetos
Suelo en descanso	2.43E+07	5.97E+04	3.00E+05	2.33E+07	2.77E+04	Menor a 100
Coliflor	2.07E+07	4.53E+04	Menor a 100	2.47E+07	7.30E+04	Menor a 100
Lechuga	1.75E+07	3.47E+04	Menor a 100	1.93E+07	3.20E+04	Menor a 100
Brócoli	2.07E+07	4.77E+04	Menor a 100	2.07E+07	3.57E+04	Menor a 100

*Figura 15 – Muestra resultados del recuento de actinomicetos*

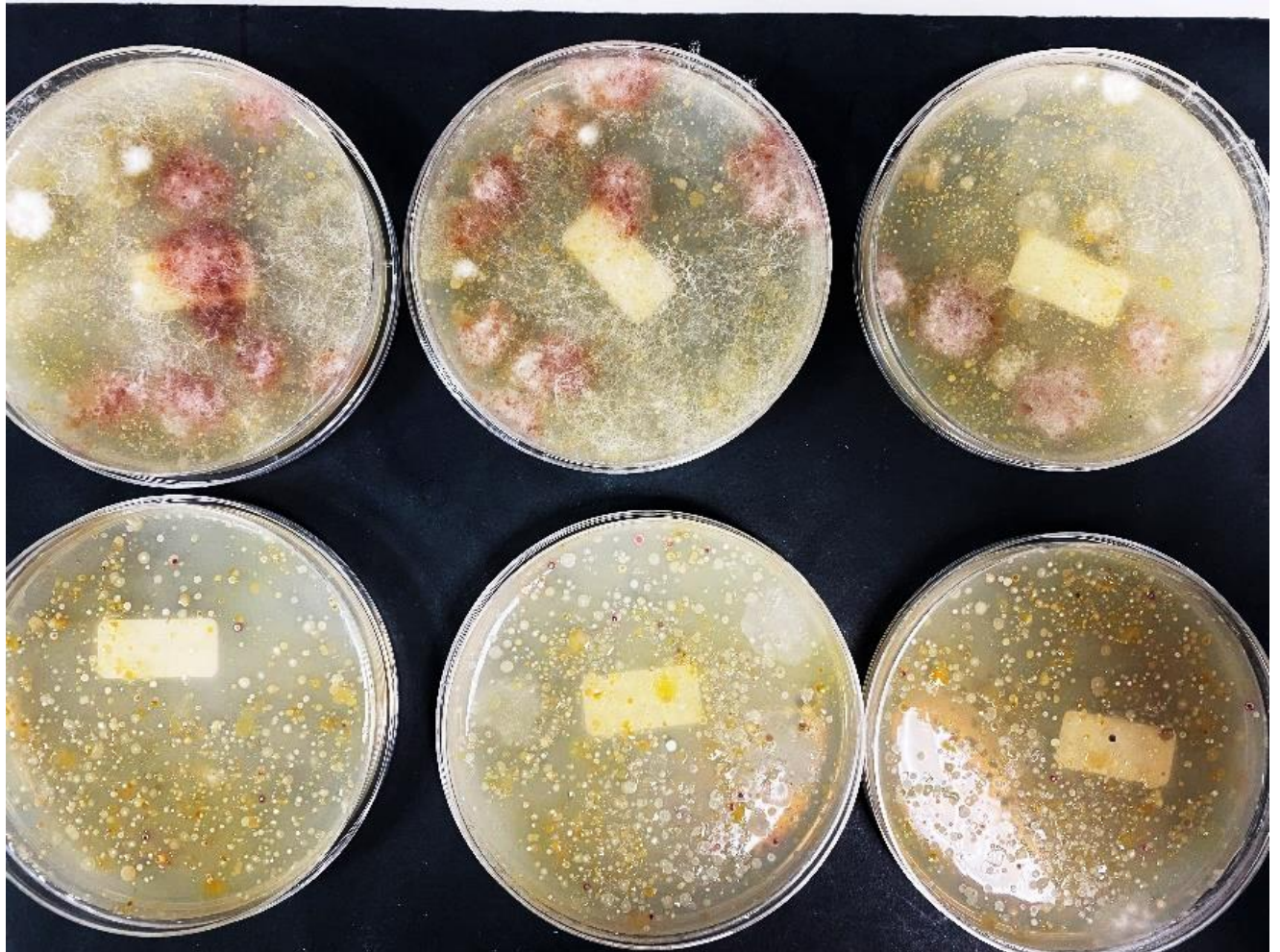


Figura 16 – Resultados del recuento de Hongos totales (mohos y levaduras)

Figura 17 - Recuento de Bacterias mesófilas aerobias

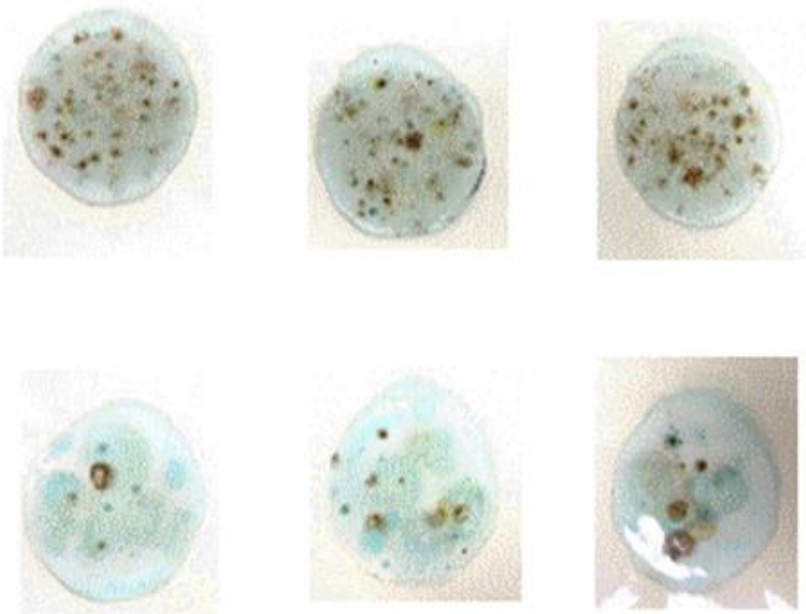
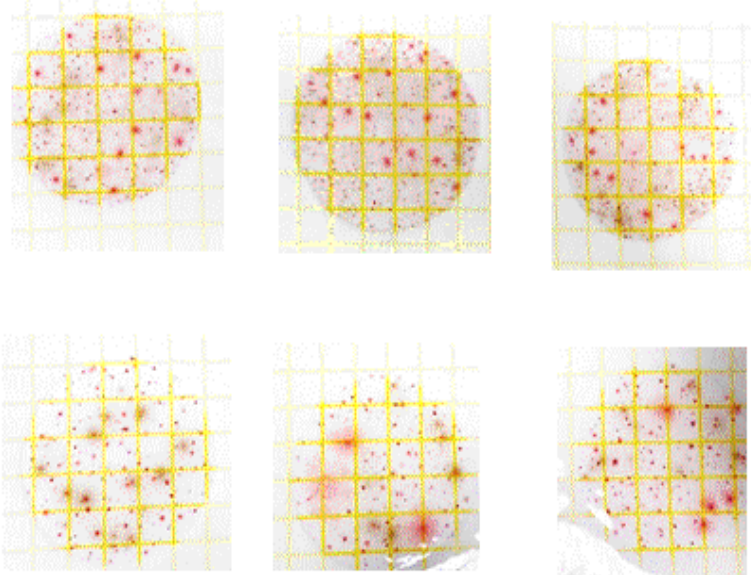
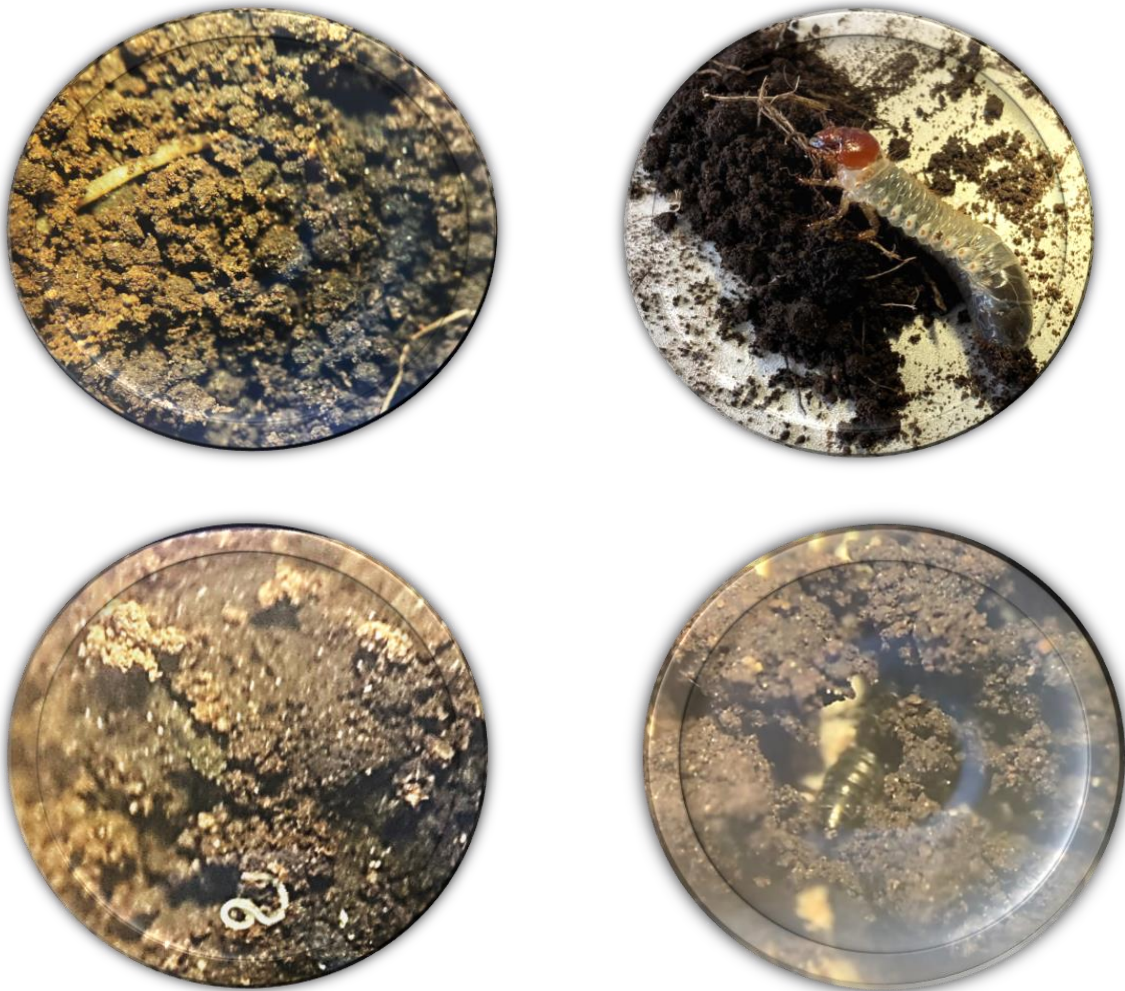


Figura 17 - Recuento de Bacterias mesófilas aerobias



La observación hecha en campo de los mesoorganismos y analizada en el estereoscopio, es aún menos favorable para la respiración del suelo; escasamente se encontraron algunos organismos como: Nematodos, ácaros y larvas del orden Coleóptera que son comúnmente conocidas como chizas. En ninguno de los cultivos se encontraron lombrices, esto es un indicativo del estado de la salud del suelo. Las lombrices tienen una función específica que es la de asimilar el carbono de las fracciones más lábiles de los restos orgánicos, lo cual contribuye a la supervivencia de algunos microorganismos.



*Figura 18 - Mesoorganismos recolectados en el suelo de estudio*

## CONCLUSIONES

- A través de esta investigación se demostró que las prácticas de fertilización y uso inapropiado de agroquímicos, afecta notablemente la respiración del suelo, especialmente aquellas relacionadas con la edafofauna.
- Para conocer la respiración del suelo se tuvieron en cuenta las condiciones locales del clima, cobertura, propiedades físicas, químicas y observaciones en campo de mesoorganismos del suelo y análisis de laboratorio de microorganismo.
- Según este estudio, el método más efectivo es con el equipo de respiración Draeger; sin embargo, el método equipo Soil Field Test – Solvita es recomendable para investigaciones de corto tiempo.
- Se necesita un número significativo de muestreos en un área determinada para llegar a conclusiones y recomendaciones específicas.
- La capacidad del suelo para secuestrar carbono es muy variable en el espacio y en el tiempo, es por ello por lo que se necesita hacer la evaluación en diferentes tipos de suelos, usos y manejo.



## RECOMENDACIONES

Se espera que los resultados ayuden a sensibilizar sobre la importancia de la respiración del suelo, el cual representa alrededor de las tres cuartas partes de la respiración total del ecosistema.

Incrementar los estudios, diálogos, discusiones e investigaciones relacionadas con la problemática en ambientes de academia, entre profesores, estudiantes, con el objeto de crear masa crítica frente a la problemática y generar un espacio para divulgación con datos científicos en relación con el tema.

Es necesario aumentar los conocimientos sobre respiración del suelo, gestionar eficazmente el COS para así mejorar la producción de alimentos, la mitigación y adaptación al cambio climático. Son esenciales las recomendaciones bien fundamentadas y basadas en investigaciones para mantener y/o aumentar las reservas de COS mediante prácticas juiciosas de gestión a distintas escalas para todos los usos del suelo, especialmente en puntos críticos. Se necesitan mejores, más holísticas y comprensibles soluciones para superar barreras de adopción de prácticas de secuestro de COS para el diseño y la implementación de políticas acordes a las necesidades del país.

## ANEXOS

### ANEXO 1

Anexo 1:

<b>Indices generales para clases de respiración del suelo (Woods End Research, 1997)</b>		
Respiración del suelo Kg C (en CO <sub>2</sub> ) /Ha/día	Clase	Estado del suelo
0	Sin actividad del suelo	El suelo no presenta actividad biológica y es virtualmente estéril
< 10,64	Actividad del suelo muy baja	El suelo ha perdido un poco de MO y presenta poca actividad biológica
10,64 - 17,92	Actividad del suelo moderadamente baja	El suelo ha perdido parte de MO disponible y la actividad biológica es baja
17,92 - 35,84	Actividad del suelo mediana	El suelo se está aproximando o alejando de un estado ideal de actividad biológica
38,84 - 71,68	Actividad del suelo ideal	El suelo se encuentra en un estado ideal de actividad biológica y posee adecuada MO y activas poblaciones de microorganismos
>71,68	Actividad del suelo inusualmente alta	El suelo tiene un muy elevado nivel de actividad microbiana y tienen elevados niveles de MO disponible

## ANEXO 2

### Anexo 2 - Agroquímicos utilizados en los cultivos de la finca

<b>Producto</b>	<b>Clase de uso</b>	<b>Formulación</b>	<b>Composición</b>	<b>Categoría toxicológica</b>
<b>A-MICSUR</b>	Bioestimulante	Concentrado soluble	Aminoácidos libres, Nitrógeno proteico, Nitrógeno ureico, Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O) y Anhídrido fosfórico (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	N/A
<b>NUTRIAL HOJAS</b>	Bioestimulante	Concentrado soluble	Nitrógeno amoniacal, nitrógeno nítrico, nitrógeno ureico, fósforo asimilable, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, manganesos solubles, silicio, zinc, carbono orgánico y aminoácidos libres	N/A
<b>GLOBAFOL</b>	Bioestimulante	Concentrado soluble	Nitrógeno y óxido de potasio	N/A
<b>FENTHOPEN FULMINAITOR</b>	Insecticida	Concentrado emulsionable	Ingredientes activos: Profenofos 500g/L Cipermetrina 100g/L	II
<b>DINASTÍA 350 SC</b>	Insecticida	Concentrado emulsionable	Deltametrina	II
<b>MINECTO DUO</b>	Insecticida	Gránulos Dispersables	Thiamethoxam Cyantraniliprole	III
<b>ESTOCADA</b>	Insecticida	Polvo soluble	Ingrediente activo: Methomyl	II
<b>PILARMATE SP</b>	Insecticida	Polvo soluble	Methomyl	I
<b>LANNATE 40 SP</b>	Insecticida	Polvo soluble	Methomyl	II

## ANEXO 3

Anexo 3 - Escala de respiración por el método Soil Field Test - Solvita



## BIBLIOGRAFÍA

AMUNSON, R. (2018). *El secuestro de carbono en el suelo es una herramienta esquivada de mitigación climática*. Soil Science (46)

ARENAS, P. (2019). *Respiración y variables edafológicas en suelos de bosques mixtos y monoespecíficos de pino silvestre*. Universidad de Valladolid.

ALVAREZ, R. (2020). Capacidad de secuestro de carbono de los suelos Pampeanos.

BURBANO, O. (2008). *El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático*. Revista Suelos Ecuatoriales, SCCS,

FAO (2017). *La materia orgánica como indicador base de calidad del suelo*.

FAO (2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para el año 2030*.

Hannah V. (2021). *La labranza cero a largo plazo mejora la protección del carbono del suelo en la agricultura tropical*. Journal europeo.

LAL, R. (2007). *Secuestro de Carbono del suelo para mitigar el cambio climático y promover la seguridad alimentaria*. Soil Science 2007.

LAW et al. (2001). *Carbon storage and fluxes in ponderosa pine forests at different developmental stages*. Glob. Change Biol.

LIPTZIN, D. et al. (2022) *Evaluación de los indicadores de carbono de la salud del suelo en experimentos agrícolas a largo plazo*. Soil Health Institute.

MCCLOSKEY, C. (2020). *Un sistema de campo para medir los flujos de carbono en plantas y suelos utilizando métodos de isótopos estables.*

MINAKO, Y. (2005). *Required sample size for estimating soil respiration rates in large areas of two tropical forests and of two types of plantations in Malaysia*

MURCIA-RODRÍGUEZ, M. OCHOA-REYES – (2008). *Respiración del suelo en una comunidad sucesional de pastizal del bosque altoandino en la cuenca del río pamplonita, Colombia.* Departamento de Biología y Química, Universidad de Pamplona, Norte de Santander.

PAUSCHA J, Maike H. (2020). *Presupuestos de carbono de las redes alimentarias de la capa superior y del subsuelo en un sistema arable.* Journal Soil Science.

PINZON, A. (2010). *Edafología.* Cargraphics S.A

PINZON, A. (2016). *Apuntes sobre Física de suelos I.* Ed. Cargraphis.

PINZON, A. (2020). *Apuntes sobre Física de suelos II.* Ed. Zarate

RESEARCH, W. (1997). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo.* USDA:

VALDEZ-PRADO. (2022). *Evolución de la respiración del suelo y su relación con aportes de hojarasca en un suelo boscoso de montaña.* Boletín científico de ciencias básicas e ingeniería del ICBI.

VÁSQUEZ, F., MACÍAS, JC MENJIVAR – (2013) *Respiración del suelo según su uso y su relación con algunas formas de carbono en el departamento del Magdalena, Colombia*

YANEZ, I. et al. (2017) *Soil respiration in four land use systems.* Revista Mexicana de Ciencias Forestales, Vol 8.

YANG, Z., YANAN W. (2022). *La fertilización a largo plazo afecta la composición química del carbono orgánico disuelto al cambiar las propiedades del suelo.*