UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EVALUACIÓN DE MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS FUNCIONALES DEL SUELO EN CUATRO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL CANTÓN SALCEDO”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma

Autora:
Aguayza Mangui Mishell Maritza

Tutor:
Chasi Vizuete Wilman Paolo

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Aguayza Mangui Mishell Maritza, con cédula de ciudadanía No. 0550212955, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **"EVALUACIÓN DE MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS FUNCIONALES DEL SUELO EN CUATRO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL CANTÓN SALCEDO"**, siendo el Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 5 de agosto del 2026

Mishell Maritza Aguayza Mangui
C.C: 0550212955
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **AGUAYZA MANGUI MISHELL MARITZA**, identificada con cédula de ciudadanía **0550212955** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **"EVALUACIÓN DE MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS FUNCIONALES DEL SUELO EN CUATRO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL CANTÓN SALCEDO"**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre 2022 – marzo 2023

Finalización de la carrera: abril 2026 – agosto 2026

Tutor: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.

Tema: **"EVALUACIÓN DE MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS FUNCIONALES DEL SUELO EN CUATRO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL CANTÓN SALCEDO"**

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
b) La publicación del trabajo de grado.
c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 5 días del mes de agosto de 2026.

Mishell Maritza Aguayza Mangui	Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CEDENTE	**LA CESIONARIA**

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN DE MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS FUNCIONALES DEL SUELO EN CUATRO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL CANTÓN SALCEDO”, de Aguayza Mangui Mishell Maritza, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 5 de agosto del 2026

Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.
C.C: 0502409725
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Aguayza Mangui Mishell Maritza, con el título del Proyecto de Investigación: **"EVALUACIÓN DE MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS FUNCIONALES DEL SUELO EN CUATRO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL CANTÓN SALCEDO"**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 05 de agosto del 2026

Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D.
C.C: 0604147900
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Emerson Jacome Mogro, Ph.D.
C.C: 0501974703
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Guadalupe de las Mercedes López Castillo, Mg.
CC: 1801902907
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a Dios, por ser mi guía constante a lo largo de este camino académico, por brindarme la fortaleza en los momentos difíciles y la sabiduría necesaria para superar cada obstáculo. Su bendición ha sido fundamental para alcanzar esta meta tan importante en mi vida, permitiéndome culminar con éxito esta etapa llena de aprendizajes y desafíos que hoy se ven reflejados en este trabajo.

A mis padres, Rosa Mangui y Ramiro Aguayza, quienes han sido el pilar fundamental de mi formación personal y profesional. Gracias por su amor incondicional, por su esfuerzo incansable y por cada sacrificio realizado para verme crecer. Sus valores, consejos y ejemplo de vida han sido la base que me ha permitido mantenerme firme en mis objetivos y no rendirme ante las adversidades.

A mis hermanos, Paul Aguayza y Holger Aguayza, por su apoyo constante, su compañía y por motivarme a seguir adelante en cada etapa de mi vida. Su presencia ha sido un impulso importante para continuar con determinación, recordándome siempre la importancia de la familia como fuente de fortaleza y apoyo incondicional.

A mi tutor, Ing. Paolo Chasi, por su valiosa guía, paciencia y dedicación durante el desarrollo de esta investigación. Su conocimiento, experiencia y orientación fueron fundamentales para la correcta elaboración de este trabajo, aportando significativamente en cada etapa del proceso y motivándome a mantener un enfoque crítico y profesional.

A mis amigos Aida Oto, Felicidad Molina, Aracely Través y Jorge de la Cruz, quienes han sido un apoyo importante a lo largo de este camino. Gracias por su amistad sincera, por los momentos compartidos y por brindarme ánimo en los momentos de dificultad, haciendo de esta experiencia académica un proceso más llevadero y significativo.

Mishell Maritza Aguayza Mangui

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo amor y gratitud a mis padres, Rosa Mangui y Ramiro Aguayza, quienes han sido mi mayor inspiración y el motor que impulsa cada uno de mis sueños. Gracias por su apoyo incondicional, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y por enseñarme que con esfuerzo, dedicación y perseverancia todo es posible alcanzar.

A mis hermanos, Paul Aguayza y Holger Aguayza, por acompañarme en este proceso y brindarme siempre su apoyo sincero. Su presencia ha sido un aliento constante que me ha permitido seguir adelante, recordándome que no estoy sola en este camino y que siempre puedo contar con ellos.

A mis amigos, quienes han compartido conmigo alegrías y dificultades a lo largo de esta etapa, brindándome su apoyo, comprensión y motivación en todo momento. Gracias por ser parte importante de mi vida y por contribuir a que este logro sea aún más significativo.

A todas aquellas personas que han confiado en mí y han creído en mi capacidad para alcanzar esta meta, les dedico este trabajo como muestra de esfuerzo, constancia y superación personal. Este logro no solo me pertenece, sino también a todos quienes han sido parte de este camino.

Mishell Maritza Aguayza Mangui

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: "EVALUACIÓN DE MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS FUNCIONALES DEL SUELO EN CUATRO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL CANTÓN SALCEDO"

Autor:
Aguayza Mangui Mishell Maritza

RESUMEN

Los sistemas de producción agrícola contribuyen al equilibrio de los individuos; sin embargo, la degradación provocada por incorrectas prácticas de manejo ha afectado la funcionalidad de los suelos, por lo que son indispensables estudios orientados a identificar la función de sus componentes. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar macro y micro invertebrados funcionales del suelo en cuatro sistemas de producción agrícola (tradicional, agroecológico, convencional y natural) del cantón Salcedo. Para la captura de los invertebrados se empleó trampas pitfall y embudos Berlese-Tullgren, instalándose seis trampas por sistema y recolectándose cinco muestras durante el período de estudio. Los invertebrados fueron identificados mediante claves taxonómicas y la aplicación iNaturalist; posteriormente, los datos se analizaron mediante análisis estadístico como ANOVA, prueba de Tukey ($p<0,05$) e índices de diversidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson. Se registró un total de 905 macro invertebrados y 224 micro invertebrados. Los resultados entre sistemas (tradicional, convencional, natural, agroecológico) mostraron diferencias altamente significativas ($p<0,001$), con un coeficiente de variación de 11,56 y diferencias muy significativas ($p=0,0029$) entre muestras, con un coeficiente de variación de 23,27; lo que sugiere que existen variaciones en las comunidades del suelo a pesar de los distintos manejos. El sistema convencional presentó la mayor abundancia en las trampas pitfall con un promedio de 11,6, mientras que los sistemas agroecológico y convencional destacaron en los embudos Berlese Tullgren con promedios de 2,33 y 2,23. Los detritívoros fueron más abundantes en los sistemas agroecológicos y naturales. El grupo funcional predominante en el sistema tradicional fue el de los depredadores (58%), mientras que en los sistemas agroecológico y natural predominaron los detritívoros (64% y 94%); en el sistema convencional, los depredadores representaron el 80%. El índice de Shannon-Wiener más alto se registró en el sistema tradicional con 1,43 y en el sistema agroecológico con 1,06, mientras que el índice de Simpson determinó dominancia de 0,73 en el sistema tradicional y 0,89 en el sistema convencional. Al concluir este estudio, se demuestra que, aunque el sistema convencional presentó mayor abundancia, esta no refleja mayor diversidad, sino que domina una sola especie. Esta investigación también destaca la importancia de los métodos de captura de invertebrados mediante técnicas fáciles de aplicar y, con ello, determinar la salud del suelo.

Palabras clave: Macro y micro invertebrados, sistemas de producción agrícola, trampas pitfall, embudos Berlese-Tullgren.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: "EVALUATION OF FUNCTIONAL MACRO AND MICRO INVERTEBRATES IN FOUR AGRICULTURAL PRODUCTION SYSTEMS IN THE SALCEDO CANTON".

Author:
Aguayza Mangui Mishell Maritz

ABSTRACT

Agricultural production systems contribute to the equilibrium of soil organisms; however, degradation caused by inadequate management practices has affected soil functionality, making studies aimed at identifying the role of its components essential. The present research aimed to evaluate functional soil macro- and microinvertebrates across four agricultural production systems (traditional, agroecological, conventional, and natural) in the Salcedo canton. Invertebrates were captured using pitfall traps and Berlese-Tullgren funnels, with six traps installed per system and five samples collected during the study period. Invertebrates were identified through taxonomic keys and the iNaturalist application; subsequently, data were analyzed through statistical methods including analysis of variance (ANOVA), Tukey's test ($p<0.05$), and the Shannon-Wiener diversity index and Simpson's dominance index. A total of 905 macroinvertebrates and 224 microinvertebrates were recorded. Results among systems (traditional, conventional, natural, agroecological) showed highly significant differences ($p<0.001$), with a coefficient of variation of 11.56, and highly significant differences ($p=0.0029$) among samples, with a coefficient of variation of 23.27, suggesting that variations exist in soil communities despite differing management practices. The conventional system exhibited the highest abundance in pitfall traps, with an average of 11.6, while the agroecological and conventional systems stood out in Berlese-Tullgren funnels, with averages of 2.33 and 2.23, respectively. Detritivores were more abundant in the agroecological and natural systems. The predominant functional group in the traditional system was predators (58%), while detritivores predominated in the agroecological and natural systems (64% and 94%, respectively); in the conventional system, predators accounted for 80%. The highest Shannon-Wiener index was recorded in the traditional system (1.43) and the agroecological system (1.06), while the Simpson index indicated a dominance of 0.73 in the traditional system and 0.89 in the conventional system. In conclusion, this study demonstrates that although the conventional system exhibited greater abundance, this does not reflect greater diversity but rather the dominance of a single species. This research also highlights the importance of invertebrate capture methods through techniques that are easy to apply, thereby enabling the assessment of soil health.

Keywords: Macro- and microinvertebrates, agricultural production systems, pitfall traps, Berlese-Tullgren funnels

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA ii

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR iii

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN v

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN vi

AGRADECIMIENTO vii

DEDICATORIA viii

RESUMEN ix

ABSTRACT x

ÍNDICE DE CONTENIDO xi

ÍNDICE DE TABLAS xv

INDICE DE FIGURAS xvi

ÍNDICE DE ANEXOS ..... **¡Error! Marcador no definido.**

1. INFORMACIÓN GENERAL 1

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 3

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO 3

3.1. Beneficiarios directos 3

3.2. Beneficiarios indirectos 4

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 4

5. OBJETIVOS 5

5.1. General 5

5.2. Específicos 5

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS 6

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA 7

7.1. El suelo 7

7.2. Características del suelo 7
7.2.1. Físicas 7
7.2.2. Químicas 8
7.2.3. Biológicas 8
7.3. Degradación del suelo 8
7.4. La erosión 9
7.5. Pérdida de materia orgánica 10
7.6. Sistemas de producción agrícola 10
7.7. Métodos de muestreo para la recolección de la fauna edáfica del suelo. 12
7.8. Diversidad en el suelo 13
7.8.2. Micro invertebrados 18
7.9. Indicadores biológicos 20
7.10. Índices de diversidad 21
7.10.1 Índice de diversidad Shannon-Wiener 21
7.10.2 Índice de dominancia Simpson 21
7.11 Identificación con aplicación iNaturalist 21
7.11.1 Aplicación iNaturalist 21
7.11.2 Clase 22
7.11.3 Orden 22
7.11.4 Familia 22
7.12 Grupos funcionales 22
7.12.1 Depredadores 22
7.12.2 Detritívoros 22
7. 12. 3 Herbívoros 23
7.12.4 Omnívoros 23
8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS 23
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL 23
9.1 Tipo de investigación 23
9.1.1. Descriptiva 23

9.1.2. De campo 23
9.1.3. Cuantitativa 23
9.1.4. Cualitativa 24
9.2. Gestores bibliográficos 24
9.3. Área de estudio 24
9.4. Descripción de los sistemas productivos en el campo 25
9.4.1. Sistema Tradicional 25
9.4.2. Sistema Agroecológico 26
9.4.3. Sistema Convencional 26
9.4.4. Sistema Natural 27
9.5. Muestreo de macro e invertebrados 27
9.5.1. Muestreo o recorrido en zigzag 27
9.5.2. Proceso de ejecución en el área de estudio 28
9.6. Técnicas de muestreo de macro y micro invertebrados 28
9.6.1. Trampas de caída o pitfall 28
9.6.2. Proceso de ejecución en el área de estudio 29
9.6.3. Embudos “Berlese-Tullgren” 30
9.7. Aplicación iNaturalist 32
9.8. Periodo de muestreo 33
9.9. Análisis Estadístico 33
9.10. Índices de diversidad y dominancia 34
9.10.1. Índice de Shannon-Wiener 34
9.10.2. Índice de Simpson 35
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 36
10.1. Determinación de macro invertebrados funcionales del suelo en cuatro sistemas de producción agrícola por las trampas pitfall. 36
10.2. Determinación de micro invertebrados funcionales del suelo en cuatro sistemas de producción agrícola en los embudos Berlese-Tullgren. 37
10.3. Identificación de macro y micro invertebrado presentes en cada sistema. 39

10.3.1. Distribución porcentual de los grupos funcionales en cuatro sistemas de producción agrícola en las trampas pitfall. 39
10.4. Índices de diversidad de macro y micro invertebrados en cada sitio de muestreo. .. 41
10.4.1. Determinación de la diversidad de macro y micro invertebrados en los cuatro sistemas 41
10.4.2. Determinación de la dominancia de macro y micro en los cuatro sistemas 42
10.5. Establecer la funcionalidad de macro y micro invertebrados presentes cada sistema. 43
10.5.1. Clasificación de macro invertebrados por clase, orden y familia. 43
10.5.2. Clasificación de micro invertebrados por clase, orden y familia. 46
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 49
11.1. Conclusiones 49
11.2. Recomendaciones 49
12. BIBLIOGRAFÍA 50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados. 6

Tabla 2 . Tipos de erosión 9

Tabla 3. Grupos que componen los macro invertebrados en el suelo. 13

Tabla 4. Grupos que componen los micro invertebrados en el suelo. 19

Tabla 5. Cuadro de análisis de la varianza de trampas pitfall 36

Tabla 6. Cuadrado de análisis de la varianza. de los embudos Berlese-Tullgren..... 37

Tabla 7. Índice de Shannon-Wiener de macro y micro invertebrados por cada uno de los sistemas..... 42

Tabla 8. Índice de Simpson de macro y micro invertebrados por cada uno de los sistemas.... 42

Tabla 9. Conformación de macro invertebrados encontrados en la Comunidad de Carrillo.... 44

Tabla 10. Conformación de micro invertebrados encontrados en la Comunidad de Carrillo. . 47

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la zona de estudio, ubicada en el cantón Salcedo, Cusubamba, comunidad Carrillo. 25

Figura 2. Número de la presencia de macro invertebrados y las medias en cuatro sistemas de producción de las trampas Pitfall..... 37

Figura 3. Número de la presencia de micro invertebrados y las medias en cuatro sistemas de producción de las trampas Pitfall..... 38

Figura 4. Distribución del porcentaje de los grupos funcionales en cuatro sistemas de producción, trampas Pitfall. 39

Figura 5. Distribución del porcentaje de los grupos funcionales en los cuatro sistemas de producción, Embudos Berlese-Tullgren. 41

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

"EVALUACIÓN DE MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS FUNCIONALES DEL SUELO EN CUADRO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL CANTÓN SALCEDO"

Fecha de inicio:

Octubre 2025

Fecha de finalización:

Julio 2026

Lugar de ejecución:

Barrio: Carrillos

Parroquia: Cusubamba

Cantón: Salcedo

Provincia: Cotopaxi

Zona: 3

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Carrera de Agronomía

Equipo de Trabajo:

Tutor de Titulación: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete. Mg

Investigadora: Aguayza Mangui Mishell Aguayza

Lector 1: Ing. Mercy Lucia Ilbay, Ph. D.

Lector 2: Ing. Emerson Jacome Mogro, Ph. D.

Lector 3: Ing. Guadalupe de las Mercedes López Castillo, Mg.

Coordinador del Proyecto:

Nombre: Mishell Maritza Aguayza Mangui

Teléfonos: 0983572337

Correo electrónico: mishell.aguayza2955@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Análisis, conservación aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable en la prevención de desastres naturales.

Línea de investigación:

Caracterización, aprovechamiento de la biodiversidad y agrobiodiversidad.

Línea de vinculación de la carrera:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología, y genética para el desarrollo humano y social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La fauna edáfica de macro invertebrados y micro invertebrados desempeña funciones esenciales en los ecosistemas agrícolas, como la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes, la formación de agregados del suelo, la regulación de organismos patógenos y el mantenimiento de la fertilidad natural. La diversidad y abundancia de los organismos son bioindicadores sensibles a las modificaciones del ambiente edáfico, ya que responden rápidamente a los cambios ocasionados por las prácticas de manejo agrícola. Considerados importantes los macro y micro invertebrados fundamentales para el desarrollo de producción más sostenibles (Castillo-Trejo et al., 2023).

Considerando la importancia de los invertebrados edáficos como bioindicadores de la calidad del suelo, la presente investigación se enfocará en evaluar la diversidad y abundancia de la macrofauna y meso fauna mediante métodos de muestreo como trampas de pitfall y embudos Berlese-Tullgren en diferentes sistemas productivos. Esto permitirá determinar el estado biológico del suelo y comprender cómo las prácticas de manejo agrícola influyen en las comunidades de invertebrados que participan en procesos esenciales como la descomposición de materia orgánica, el reciclaje de nutrientes, así como en la productividad y estabilidad de los agroecosistemas

Actualmente, la intensificación de las actividades agrícolas, el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, la mecanización y la disminución de la cobertura vegetal han provocado una reducción de la biodiversidad del suelo y un deterioro de sus funciones ecológicas. Estas alteraciones afectan directamente la producción agrícola y la sostenibilidad de los agroecosistemas, por lo que resulta indispensable contar con herramientas biológicas que permitan evaluar el estado de conservación de los suelos. (FAO, 2020, p.23).

La información generada contribuirá al establecimiento de indicadores biológicos para evaluar la sostenibilidad de los suelos agrícolas y proporcionará bases científicas que orienten a los productores en la implementación de buenas prácticas agrícolas, favoreciendo la conservación de la biodiversidad edáfica y la producción sostenible de alimentos a largo plazo.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos serán los productores de la comunidad de Carrillo, de los cuales el 60% se dedica a los diferentes manejos de sistemas de producción agrícola.

3.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos serán los 340 estudiantes de la carrera de agronomía en la Universidad Técnica de Cotopaxi, que fortalecerán prácticas innovadoras aplicadas en campo, enfocadas en el aprendizaje y la mejora de la eficiencia agrícola.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La intensificación de las actividades agrícolas ha generado cambios significativos en las propiedades del suelo debido al uso frecuente de maquinaria, al uso intensivo de agroquímicos, a la reducción de la cobertura vegetal y a la disminución del aporte de materia orgánica. Estas prácticas pueden modificar las condiciones del hábitat edáfico y afectar la composición y estructura de las comunidades de organismos del suelo, provocando alteraciones en los procesos ecológicos que mantienen la fertilidad y estabilidad de los sistemas productivos.(Muñoz-Morales et al., 2024, p.65)

La biodiversidad está experimentando una disminución sumamente alarmante, con los diferentes impactos directos y profundos en la salud de los ecosistemas y la sostenibilidad del planeta.

Montatixe y Eche (2021) plantean que desde 1970, las poblaciones de invertebrados han caído en un promedio de 68%, principalmente debido a la destrucción del hábitat provocada por prácticas agrícolas y la tala insostenible que provoca el ser humano.

A nivel mundial, la degradación de los suelos constituye una de las principales amenazas para la seguridad alimentaria. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO),estima que aproximadamente el 33 % de los suelos del planeta presentan algún grado de degradación como consecuencia de la erosión, compactación, pérdida de materia orgánica, salinización y contaminación. Además, la disminución de esta biodiversidad compromete procesos fundamentales como el reciclaje de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica y el mantenimiento de la fertilidad, afectando la sostenibilidad de los sistemas agrícolas productivos (FAO).

En Ecuador, la actividad agropecuaria ocupa aproximadamente 5 168 048 ha, equivalentes al 42,4 % de la superficie investigada del país. De esta extensión, 1 366 080 ha corresponden a cultivos permanentes, 794 344 ha a cultivos transitorios y barbecho, 2 321 624 ha a pastos cultivados y 686 315 ha a pastos naturales. A pesar de la importancia del sector agropecuario para la economía nacional, el manejo intensivo del suelo, la expansión de los monocultivos y, a ello, se suma el uso intensivo de fertilizantes sintéticos y plaguicidas, que reduce la actividad

enzimática del suelo hasta un 35 %, generando una pérdida estimada del 30 % de la biodiversidad edáfica funcional en sistemas agrícolas intensivos respecto a suelos naturales (Bautista et al., 2018).

En la provincia de Cotopaxi, cuya superficie alcanza 611.072 ha, únicamente el 0,72 % de los suelos son aptos para agricultura intensiva, mientras que el 63,54 % está destinado principalmente a la conservación por sus severas limitaciones de uso. Sin embargo, alrededor del 55,36 % del territorio provincial se encuentra ocupado por actividades agropecuarias, distribuidas en 25,56 % para agricultura y 29,80 % para pastizales. Dentro de esta provincia, el cantón Salcedo posee una superficie aproximada de 484 km² y una población de 68.573 habitantes, donde la agricultura representa una de las principales actividades económicas mediante el cultivo. (Montatixe y Eche, 2021). No obstante, existe limitada información científica que permita comparar el efecto de los sistemas de producción convencional, tradicional, agroecológico y natural sobre la diversidad de invertebrados funcionales del suelo, dificultando la comprensión de la relación entre el manejo agrícola y la conservación de la biodiversidad edáfica

5. OBJETIVOS

5.1. General

Evaluar macro y micro invertebrados funcionales del suelo en cuatro sistemas de producción agrícola en el Cantón Salcedo.

5.2. Específicos

- Determinar la diversidad y dominancia de macro y micro invertebrados presentes en cada sistema.
- Establecer la funcionalidad de macro y micro invertebrados recolectados.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. *Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.*

OBJETIVOS	**ACTIVIDAD**	**RESULTADOS**	**MEDIO DE VERIFICACIÓN**
1.- Determinar la diversidad y dominancia de macro y micro invertebrados presentes en cada sistema.	**1.1** Georreferenciar las áreas de estudio con el GPS. **1.2** Colocación Trampas para la capturar los insectos en los distintos sistemas productivos **1.3** Identificar macro y micro invertebrados presentes en cada sistema mediante la aplicación iNaturalist. **1.4** Calcular los índices de Shannon-Wiener y Simpson en cada sistema.	Sitios de investigación georreferenciados. Número de insectos recolectados por sistema. Especies identificadas taxonómicamente. Índice de diversidad y dominancia por sistema.	Mapa de los sitios georreferenciados. Tabla de datos del número de individuos por sistemas (Anova). Memoria fotográfica y taxonomía por cada sistema presente. Tabla de diversidad y dominancia.

2.- Establecer la funcionalidad de macro y micro invertebrados recolectados.	**2.1** Segregar a los individuos mediante la aplicación iNaturalist, en donde podemos verificar al orden que pertenece la especie **2.2** Análisis bibliográfico de la funcionalidad de las órdenes.	Agrupación de órdenes de insectos recolectados. Grupos funcionales por sistemas.	de grupos funcionales de macro y micro invertebrados por sistema.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1. El suelo

El suelo es un recurso natural tridimensional, dinámico y heterogéneo, formado por la interacción de factores climáticos, los organismos vivos, material parental, relieve y el tiempo, cuyas intervenciones provocan la descomposición física y química de las rocas y dan origen a un cuerpo donde conviven organismos macroscópicos y microscópicos, tanto vegetales como animales, que sostienen el equilibrio del ecosistema edáfico que se desarrolla en su interior.

El suelo se entiende como resultado de diversas interacciones de la naturaleza compleja. Por lo tanto, se entiende que el estado del suelo deriva del cambio de uso del suelo o de prácticas inadecuadas que afectan la capacidad productiva edáfica para sostener vida (Burbano, 2016).La calidad del suelo también juega un papel importante para desempeñar sus funciones ecológicas y productivas, se ha convertido en un indicador crítico que facilita la aplicación de prácticas de manejo que promueven sistemas agrícolas sostenibles.

7.2. Características del suelo

7.2.1. Físicas

Las propiedades físicas del suelo determinan su capacidad para albergar organismos, retener agua y permitir el intercambio de gases, lo cual afecta directamente la supervivencia y actividad

de la fauna que habita en él. La textura, caracterizada por la proporción relativa de limo y arcilla, influye en la capacidad de retener humedad y la permeabilidad, para facilitar la labranza. La estructura, es decir, la disposición de las partículas en agregados impacta en la porosidad, la respiración radical y los organismos edáficos (Bravo et al., 2024).

Estas propiedades están influenciadas por factores tales como el contenido de materia orgánica y la actividad biológica. Según (Calderón et al., 2018), conocer a fondo las propiedades físicas del suelo es esencial para desarrollar estrategias de manejo que mantengan su productividad sin comprometer la integridad del suelo a largo plazo.

7.2.2. Químicas

Las propiedades químicas del suelo son fundamentales para la regulación de la disponibilidad de nutrientes esenciales destinados tanto a las plantas como a los microorganismos, además de facilitar el intercambio iónico, un desafío común en suelos degradados. Un manejo químico apropiado debe lograr un equilibrio entre la reposición de nutrientes extraídos por los cultivos y la conservación de la capacidad búfer del suelo, evitando así el uso excesivo de fertilizantes que generan impactos negativos sobre los recursos hídricos y la biodiversidad. (Calderón et al., 2018)

7.2.3. Biológicas

La componente biológica del suelo se caracteriza por albergar una comunidad de organismos excepcionalmente diversa, la cual abarca bacterias, hongos, protozoos, nematodos e invertebrados. Esta biota edáfica desempeña procesos esenciales con la descomposición de la materia orgánica, la formación de agregados estructurales y la regulación de patógenos. Por lo tanto, se enfatiza que la gestión sostenible del suelo debe centrarse en la protección de su biota, ya que de esta depende tanto la resiliencia del sistema como su capacidad para recuperarse ante impactos o prácticas agrícolas intensivas. (Calderón et al.,2018).

7.3. Degradación del suelo

Procesos por los cuales las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo se ven afectadas, lo que resulta en una disminución de su calidad y productividad. Estos procesos pueden reducir su capacidad para sustentar la vida y proporcionar servicios ecosistémicos, la degradación del suelo no solo lo empobrece, sino que también provoca efectos secundarios como la emisión de gases de efecto invernadero y la pérdida de biodiversidad asociada. (Bravo et al., 2024).

La diversidad del suelo puede ser ocasionada por diversos factores como son. Según Echavarría et al.,(2020)

7.4. La erosión

La erosión es un proceso natural que comprende el desgaste, la eliminación y el desplazamiento de partículas de suelo y roca. Con el tiempo, la erosión modifica la superficie terrestre, creando paisajes tales como montañas, valles y cañones. Esto indica que puede ser acelerado por acciones humanas como la agricultura inapropiada y la deforestación, con consecuencias desfavorables en la pérdida de suelo fértil.

Tabla 2 . *Tipos de erosión*

Tipos de erosión	
Erosión hídrica	Es frecuente en sistemas convencionales y degradados debido a la labranza intensiva, la escasa cobertura vegetal y el uso continuo del suelo. En sistemas agroecológicos y naturales su incidencia es menor por la presencia de cobertura vegetal permanente.
Erosión eólica	Se presenta principalmente en sistemas agrícolas con suelo desnudo, monocultivos y escasa cobertura vegetal, especialmente durante épocas secas.
Erosión por labranza	Ocurre en sistemas convencionales donde el uso frecuente de arados y rastras desplaza el suelo y rompe su estructura, a diferencia de otros sistemas de conservación o agroecológicos, en menor medida.
Erosión antrópica	Resulta de actividades como deforestación, sobrepastoreo, quema de residuos agrícolas y manejo inadecuado del suelo. Es más evidente en sistemas con prácticas agrícolas intensivas.

Nota. La tabla describe los principales tipos de erosión del suelo y sus características en función de los diferentes sistemas de producción agrícola. La información fue elaborada a partir de la revisión de literatura científica relacionada con la degradación y conservación del suelo (Echavarría et al., 2020).

7.5. Pérdida de materia orgánica

La disminución de materia orgánica es uno de los procesos de deterioro del suelo, puesto que afecta el trabajo de la biota edáfica y disminuye la calidad del ecosistema. La reducción de este componente limita la abundancia y diversidad de organismos del suelo, como bacterias, hongos, protozoos, nematodos, lombrices e insectos, afectando procesos esenciales como la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y la formación de agregados estables, estas consecuencias afectan negativamente la estructura, fertilidad y funcionalidad del suelo, reduciendo su capacidad para mantener sistemas agrícolas productivos y sostenibles

7.6. Sistemas de producción agrícola

Los sistemas productivos comprometen una serie de técnicas y mano de obra, consideradas como medios físicos donde habitan diversas especies. Estas influyen en una amplia variedad de organismos, desde protozoarios hasta invertebrados visibles, colémbolos y lombrices; desempeñan funciones cruciales en los procesos ecológicos y actúan como indicadores del estado de salud del suelo.(Julca et al.,2006)

7.6.1. Tradicional

Son sistemas de producción agrícola para la obtención de alimentos, desarrollados sobre la base de conocimientos y prácticas empíricas que han sido adquiridos y enriquecidos por generaciones. Predomina el monocultivo, que simula la estructura de los ecosistemas naturales y disminuye los riesgos de plagas y enfermedades.

Este manejo del suelo permite a los agricultores asignar prácticas de producción a cada unidad, obteniendo así una amplia gama de productos vegetales a través de una estrategia multipropósito que les ha servido a lo largo de los años, asegurando su nutrición y proporcionando ingresos económicos. (Flores et al., 2022).

Los invertebrados en este sistema tradicional contribuyen a mejorar la producción cuando descomponen la materia orgánica, reciclan nutrientes, favorecen la formación de humus, mejoran la estructura del suelo y controlan de forma natural algunas poblaciones de plagas. Sin embargo, el sistema también puede verse afectado negativamente cuando aumentan las poblaciones de invertebrados fitófagos o plagas que consumen raíces, tallos, hojas o frutos, ocasionando daños en los cultivos y disminuyendo el rendimiento agrícola.

7.6.2. Agroecológico

El sistema agroecológico incorpora principios ecológicos en la gestión agrícola con el propósito de preservar la biodiversidad y disminuir la dependencia de insumos sintéticos, la presencia de invertebrados mejora el funcionamiento del agroecosistema al favorecer el equilibrio ecológico entre las diferentes poblaciones del suelo y fortalecer la resiliencia del sistema frente a cambios ambientales, contribuyendo a mantener una producción agrícola más estable y sostenible.

Esto fomenta prácticas de la diversificación de cultivos, el uso de la materia orgánica, la rotación y asociación de cultivos, así como la cobertura permanente del suelo, las cuales son valoradas por sus servicios ecosistémicos, tales como el control natural de plagas, la descomposición de materia orgánica y control biológico, fortaleciendo los procesos naturales que regulan el funcionamiento del agroecosistema.(Ghaderi et al., 2025).

7.6.3. Convencional

El sistema de producción convencional se centra en la intensificación agrícola utilizando de manera intensiva fertilizantes químicos, plaguicidas y herbicidas, además de prácticas como el monocultivo y la labranza profunda. Si bien este enfoque puede ofrecer altos rendimientos a corto plazo, a menudo conduce a la degradación del suelo, la pérdida de materia orgánica y la disminución de la biodiversidad edáfica. (Flores et al., 2023).

La dependencia de insumos externos y la simplificación del ecosistema reducen los servicios proporcionados por la biota del suelo, afectando negativamente su estructura, fertilización y capacidad para regular el agua y los elementos químicos. La presencia predominante de invertebrados plaga contribuye a empeorar el sistema, incrementando el daño sobre los cultivos al alimentarse de raíces

7.6.4. Natural

El sistema natural se refiere a aquellos ecosistemas no alterados, donde la vegetación y las comunidades biológicas han evolucionado sin significativas intervenciones humanas, estos ecosistemas, que abarcan bosques primarios y pastizales naturales, poseen una estructura y funcionamiento complejos, con una alta diversidad de invertebrados mejoran el funcionamiento del ecosistema al mantener el equilibrio de las cadenas tróficas del suelo, favorecer la disponibilidad de recursos para otros organismos y contribuir a la estabilidad de los procesos ecológicos y de manera natural con una cobertura vegetal permanente que protege el suelo de la erosión y aporta de manera constante materia orgánica (Caballero et al., 2024) .

7.7. Métodos de muestreo para la recolección de la fauna edáfica del suelo.

La determinación de organismos del suelo necesita el uso de métodos de muestreo estandarizados que permiten la recolección sistemática de individuos biológicos, con el propósito de obtener información representativa sobre la abundancia y diversidad de una comunidad edáfica presente en el suelo. (Bracamonte, 2018)

7.7.1. Trampas caída o pitfall

Las trampas de caída o pitfall son una de las técnicas más utilizadas para muestrear poblaciones de artrópodos terrestres que habitan en la superficie del suelo, debido a su efectividad y simplicidad. Consisten en recipientes enterrados al nivel del suelo que capturan organismos que se desplazan de manera natural, permitiendo recolectar principalmente insectos, arácnidos y otros artrópodos epigeos sin alterar significativamente las condiciones del ecosistema.(Sandler, 2010).

Las trampas de caída o pitfall presentan diversas ventajas tales como:

- Son especialmente efectivas para capturar artrópodos.
- Permiten comparar la actividad y abundancia relativa entre diferentes sitios.
- Pueden permanecer en el campo durante periodos prolongados, capturando organismos activos en diferentes condiciones.

7.7.2. Embudos de Berlese-Tullgren

Este método se emplea para extraer artrópodos presentes en muestras de suelo y hojarasca mediante la aplicación gradual de calor y luz; por lo tanto, genera un gradiente de temperatura y humedad que obliga a los organismos a desplazarse hacia la parte inferior del embudo, donde son recolectados en un recipiente con solución conservante para su posterior identificación. Sandler (2010) Plantea que este método resulta especialmente eficiente para la extracción de ácaros, colémbolos, inquiridos y otros organismos de pequeño tamaño que difícilmente pueden capturarse mediante trampas superficiales.

La implementación de los embudos Berlese-Tullgren favorece la obtención de organismos edáficos debido a ventajas como:

- Favorece la extracción de organismos ocultos entre las partículas del suelo y la hojarasca.
- Disminuye la pérdida de individuos pequeños durante la separación del suelo.
- Adecuado para estudios de diversidad, abundancia y composición de la fauna edáfica.

7.8. Diversidad en el suelo

La diversidad del suelo se refiere a la variedad y riqueza de los organismos que habitan en el medio edáfico, abarcando microorganismos, hongos e invertebrados de diferentes tamaños y funciones. La estructura de estas comunidades está influenciada por factores ambientales y las prácticas de manejo del suelo, lo que permite entender el estado de conservación y funcionamiento de los agroecosistemas. (Gómez et al., 2022)

7.8.1. Macro invertebrados

Este grupo incluye organismos con una dimensión de 2 mm o más, por lo que se pueden ver sin el uso de lupas o microscopios. Viven total o parcialmente sobre el suelo; se encuentran invertebrados como lombrices de tierra, arañas, escarabajos, entre otros. Según Bautista et al, (2018) Estos organismos cumplen funciones esenciales en los ecosistemas terrestres, incluyendo la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes, el mantenimiento de la estructura del suelo y la mejora de la infiltración del agua. Gracias a su sensibilidad a los cambios ambientales, se convierten en bioindicadores útiles para evaluar la calidad del suelo, ya que su composición y abundancia se ven alteradas por prácticas agrícolas y condiciones ambientales desfavorables.

Tabla 3. *Grupos que componen los macro invertebrados en el suelo.*

Nombre común	**Grupo taxonómico (Clase, Orden, Suborden y Familia)**	**Grupo funcional**	**Funcionalidad en el suelo**
Lombrices de tierra	**Clase:** Clitellata **Orden:** Haplotaxida **Suborden:** Lumbricina **Familia:** Lumbricidae,	Detritívoros	Actúan como ingenieros ecosistémicos al fragmentar e incorporar la materia orgánica al suelo, formar paisajes que incrementan la porosidad, mejorar la aireación e infiltración del agua y disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Babosas	**Clase:** Gastropoda **Orden**: Stylommatophora **Suborden:** Helicina **Familia:** Limacidae	Herbívoros, Detritívoros	Participan en la degradación de residuos vegetales y materia orgánica, contribuyendo al reciclaje de nutrientes e interviniendo en la dinámica de la descomposición del suelo.
Caracoles terrestres	**Clase:** Gastropoda **Orden:** Stylommatophora **Suborden:** Helicina **Familias:** Subulinidae, Helicidae	Herbívoros, Detritívoros	Promueve la actividad de los microorganismos, el despilfarro de nutrientes y la creación de materia orgánica estable.
Cochinillas	**Clase:** Malacostraca **Orden:** Isopoda **Suborden:** Oniscidea **Familias:** Porcellionidae	Detritívoros	Trituran la hojarasca y residuos orgánicos, acelerando los procesos de descomposición y promoviendo la formación de humus y el reciclaje de nutrientes.
Milpiés	**Clase:** Diplopoda **Orden:** Julida **Suborden:** Julidea **Familia:** Julidae	Detritívoros	Separan residuos vegetales, incrementan la superficie disponible para la acción de los microorganismos y favorecen la formación de humus y la fertilidad del suelo.
Ciempiés	**Clase:** Chilopoda **Orden:** Scolopendromorpha **Suborden:** Scolopendrina **Familia:** Scolopendridae	Depredadores	Regular las poblaciones de invertebrados del suelo, lo cual ayuda a mantener el equilibrio ecológico y a controlar de manera natural a los organismos que podrían ser dañinos.

Arañas	**Clase:** Arachnida **Orden:** Araneae **Suborden:** Opisthothelae **Familia:** Araneidae	Depredadores	Funcionan como depredadores generalistas que luchan con las poblaciones de insectos y artrópodos, conservando el equilibrio.
Escorpiones	**Clase:** Arachnida **Orden:** Scorpiones **Suborden:** Neoscorpiones **Familia:** Buthidae	Depredadores	Controlan artrópodos y contribuyendo al equilibrio del ecosistema.
Escarabajos estercoleros	**Clase:** Insecta **Orden:** Coleoptera **Suborden:** Polyphaga **Familia:** Scarabaeidae	Detritívoros	Incorporan estiércol y residuos orgánicos al suelo mediante su enterramiento, mejorando la estructura, fertilidad.
Escarabajos de tierra	**Clase:** Insecta **Orden:** Coleoptera **Suborden: Adephaga** **Familia:** Carabidae	Depredadores	Control biológico de plagas, la regulación de semillas y bioindicador ambiental.
Gorgojos	**Clase:** Insecta **Orden:** Coleoptera **Suborden: Polyphaga** **Familia:** Curculionidae	Herbívoros	Consumen tejidos vegetales, raíces y semillas, participando en la dinámica de la vegetación.
Escarabajos de las hojas	**Clase:** Insecta **Orden:** Coleoptera **Suborden:** Polyphaga **Familia:** Chrysomelidae	Herbívoros	Se enriquecen con hojas y tejidos vegetales, lo que tiene un impacto en la biomasa de las plantas y en el movimiento de energía dentro del ecosistema.
Hormigas	**Clase:** Insecta **Orden:** Hymenoptera **Suborden:** Apocrita **Familia:** Formicidae	Omnívoros	Mejoran la aireación y porosidad del suelo, favorecen la infiltración del agua, dispersan semillas y

			contribuyen al reciclaje de nutrientes.
Abejas	**Clase:** Insecta **Orden:** Hymenoptera **Suborden:** Apocrita **Familia:** Apidae	Polinizadores	Generan la reproducción de las plantas mediante la polinización, contribuyendo indirectamente a la regeneración de la cobertura vegetal y al mantenimiento de la biodiversidad.
Avispas	**Clase:** Insecta **Orden:** Hymenoptera **Suborden:** Apocrita **Familias:** Vespidae	Depredadores, Parasitoides	Intervienen como parasitoides y depredadores de varias especies de insectos, ayudando a controlar biológicamente.
Termitas	**Clase:** Insecta **Orden:** Blattodea **Suborden:** Isoptera **Familia:** Termitidae	Detritívoros	Degradan madera y residuos ricos en celulosa, acelerando la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de carbono y nutrientes.
Cucarachas	**Clase:** Insecta **Orden:** Blattodea **Suborden:** Blattaria **Familia:** Blattidae	Omnívoros	Reintegran nutrientes al suelo y materia orgánica consumida en el proceso de descomposición.
Tijeretas	**Clase:** Insecta **Orden:** Dermaptera **Suborden:** Forficulina **Familia:** Forficulina	Omnívoros, Depredadores	Se alimentan de restos orgánicos e insectos pequeños, participando tanto en la descomposición como en el control biológico de plagas.

Chinches	**Clase:** Insecta **Orden:** Hemiptera **Suborden:** Heteroptera **Familia:** Pentatomidae	Herbívoros, Depredadores	Consumen restos vegetales o pequeños invertebrados, participando en la regulación de poblaciones y en la dinámica trófica del suelo.
Pulgones	**Clase:** Insecta **Orden:** Hemiptera **Suborden:** Sternorrhyncha **Familia:** Aphididae	Herbívoros	Extraen savia de las plantas, influyendo en la fisiología vegetal y constituyendo una importante fuente de alimento.
Saltamontes	**Clase:** Insecta **Orden:** Orthoptera **Suborden:** Caelifera **Familia:** Acrididae	Herbívoros	Al proveerse de biomasa vegetal, colaboran con la regulación de la cobertura vegetal.
Grillos	**Clase:** Insecta **Orden:** Orthoptera **Suborden:** Ensifera **Familia:** Gryllidae	Omnívoros	Favorecen el reciclaje de materia orgánica y el equilibrio de la comunidad edáfica.
Mariposas	**Clase:** Insecta **Orden:** Lepidoptera **Suborden:** Glossata **Familia:** Nymphalidae	Herbívoros	Las larvas consumen las hojas, mientras que los adultos tienen un papel polinizador, lo que ayuda a conservar la diversidad de las plantas.
Polillas	**Clase:** Insecta **Orden:** Lepidoptera **Suborden:** Glossata **Familia:** Noctuidae	Herbívoros	Participan en la degradación de tejidos vegetales y forman parte de las cadenas tróficas de los ecosistemas terrestres.
Moscas	**Clase:** Insecta **Orden:** Diptera **Suborden:** Brachycera **Familia:** Muscidae	Detritívoros	Degradan materia orgánica en descomposición, acelerando la mineralización y el reciclaje de nutrientes en el suelo.

Mosquitos	**Clase:** Insecta **Orden:** Diptera **Suborden:** Nematocera **Familia:** Culicidae	Detritívoros	Descomposición de materia orgánica en ambientes húmedos y participa en la transformación de nutrientes.
Crisopas	**Clase:** Insecta **Orden:** Neuroptera **Suborden:** Hemerobiiformia **Familia:** Chrysopidae	Depredadores	Controladores biológicos de plagas.
Mantis	**Clase:** Insecta **Orden:** Mantodea **Suborden:** Eumantodea **Familia:** Mantidae	Depredadores	Regulan poblaciones de insectos mediante la depredación.

Nota. La tabla presenta la clasificación taxonómica (clase, orden, suborden y familia), y la descripción de su función en el suelo se realizaron mediante la identificación taxonómica de los organismos y la revisión de literatura científica especializada sobre fauna edáfica (Crossley et al., 2021).

7.8.2. Micro invertebrados

Organismos del suelo entre 0,1 y 2 mm de diámetro. Los taxones más abundantes fueron pequeños artrópodos como ácaros, colémbolos y nematodos. Estos habitan en el suelo y la hojarasca y poseen adaptaciones que les permiten moverse con facilidad a través del perfil del suelo, utilizando poros, canales naturales, además de excavar pequeños espacios porosos para facilitar su movilidad y su distribución en el suelo. (Barreto et al., 2018, p. 105)

Estos organismos descomponen la materia orgánica y liberan nutrientes esenciales para las plantas, regulan poblaciones de bacterias y hongos, y contribuyen a la formación de la estructura del suelo, un pilar invisible pero indispensable para la productividad; sin embargo, una pequeña variación en la población de micro artrópodos puede afectar significativamente a la movilización de los nutrientes.

Tabla 4. *Grupos que componen los micro invertebrados en el suelo.*

Nombre común	**Grupo taxonómico (Clase, Orden, Suborden y Familia)**	**Grupo funcional**	**Funcionalidad en el suelo**
Ácaros oribátidos	**Clase:** Arachnida **Subclase:** Acari **Orden:** Oribatida **Familias:** Oribatulidae	Detritívoros	Promueven la formación de humus, el reciclaje de nutrientes necesarios para la tierra y la actividad microbiana al desintegrar la hojarasca y la materia orgánica.
Ácaros depredadores	**Clase:** Arachnida **Subclase:** Acari **Orden:** Mesostigmata **Familias:** Laelapidae, Ascidae	Depredadores	Logran el balance de las poblaciones de micro artrópodos, colémbolos y nematodos y la estabilidad de la fauna del suelo.
Colémbolos	**Clase:** Collembola **Orden:** Entomobryomorpha **Familia:** Entomobryidae	Detritívoros	Se alimentan de bacterias, hongos y restos vegetales, lo que acelera el procesamiento de la materia orgánica e impulsa la actividad de los microorganismos presentes en el suelo.
Inquiridos	**Clase:** Clitellata **Orden:** Enchytraeida **Familia:** Enchytraeidae	Detritívoros	Mejoran la estructura física del suelo al posibilitar que se descompongan los residuos orgánicos, que se generen agregados estables y que se recicle el contenido nutritivo.
Nematodos depredadores	**Filo:** Nematoda **Clase:** Enoplea **Orden:** Mononchida **Familia:** Mononchidae	Depredadores	Regulan las poblaciones de otros nematodos y microorganismos, contribuyendo a la estabilidad de la red trófica del suelo.

Protura	**Clase:** Protura **Orden:** Acerentomata **Familia:** Acerentomidae	Detritívoros	Consumen materia orgánica en descomposición y microorganismos, participando en el reciclaje de nutrientes y a la formación de humus.
Diplura	**Clase:** Diplura **Orden:** Campodeida **Familia:** Campodeidae	Depredadores	Se nutren de pequeños invertebrados y materia orgánica.
Sínfilos	**Clase:** Symphyla **Orden:** Scolopendrellida Familia: Scutigerellidae	Herbívoros	Consumen materias primas y residuos vegetales, interfiriendo con la dinámica de la materia orgánica.
Paurópodos	**Clase:** Pauropoda **Orden:** Tetramerocerata **Familia:** Pauropodidae	Detritívoros	Descomponen residuos de origen orgánico y estimulan la actividad de microorganismos, lo que ayuda al reciclaje y a la degradación de los nutrientes del suelo.

Nota. La clasificación taxonómica, los grupos funcionales y la funcionalidad de los micro invertebrados del suelo fueron elaborados con base en la identificación de los organismos y la revisión de literatura científica especializada (Ghaderi et al., 2025).

7.9. Indicadores biológicos

Los indicadores sintetizan una amplia gama de factores que afectan la calidad del suelo, como la abundancia y la diversidad de microorganismos, incluidos bacterias, hongos, nematodos y lombrices de tierra. Estos abarcan rasgos como la tasa de respiración, la descomposición de residuos vegetales, la biomasa microbiana, la actividad enzimática y el mantenimiento de la biota del suelo. Estos organismos reflejan los cambios producidos por factores naturales o actividades antrópicas, debido a su sensibilidad ante alteraciones en la disponibilidad de recursos, calidad del hábitat y condiciones del suelo (Ruiz & Paolini, 2021).

7.10. Índices de diversidad

7.10.1 Índice de diversidad Shannon-Wiener

El índice de Shannon-Wiener es uno de los más utilizados para medir la diversidad de las especies. Conceptualmente, refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre las especies presentes, es decir, la uniformidad de los valores de abundancia relativa dentro de una muestra. Expresan que la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra mide el grado promedio de la incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar en una colección (López et al., 2017).

Formula:

$$H' = -\sum Pi\ In\ Pi$$

7.10.2 Índice de dominancia Simpson

El índice de dominancia se centra en las especies de mayor importancia dentro de un ecosistema y mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una comunidad pertenezcan a la misma especie. Esto está vinculado con la importancia de la dominancia de cada uno de los individuos, donde los valores más altos indican mayor diversidad (Salazar et al., 2019).

Formula:

$$D = 1 - \sum Pi^2$$

7.11 Identificación con aplicación iNaturalist

7.11.1 Aplicación iNaturalist

iNaturalist es una de las aplicaciones gratuitas de naturaleza más populares del mundo, impulsando la ciencia ciudadana que genera datos útiles para investigaciones científicas que permiten la captura, validación de registros biológicos mediante imágenes digitales con información asociada a la ubicación geográfica y la fecha. Esta plataforma utiliza sistemas de reconocimiento automático de especies y la colaboración de una comunidad de usuarios y especialistas para facilitar la taxonomía de organismos, generando bases útiles para estudios de distribución, diversidad y conservación biológica (Flores et al., 2023).

7.11.2 Clase

La clase es una de las principales categorías de la clasificación taxonómica y representa un nivel jerárquico situado entre el filo y el orden. En esta categoría se agrupan organismos que comparten un conjunto amplio de características morfológicas, anatómicas, fisiológicas y evolutivas, lo que evidencia un origen común y un grado importante de similitud biológica La clasificación en clases *Insecta, Arachnida y Clitellata* permite organizar a los organismos en grupos amplios antes de realizar una identificación más específica (Suárez & López, 2020).

7.11.3 Orden

El orden es una categoría taxonómica ubicada por debajo de la clase y familia, que agrupa organismos con un grado de parentesco más estrecho y características biológicas más específicas, individuos de un mismo orden contribuye una base importante para la clasificación sistemática ya que permite diferenciar conjunto de familias relacionadas y comprometer mejor la diversidad dentro de la clase (Díaz et al., 2020).

7.11.4 Familia

La clasificación empieza a alinearse con la función real de los organismos más cercanos, con un mayor número de características biológicas compartidas, y con la identificación a nivel de familia, que proporciona suficiente resolución taxonómica para analizar la composición y estructuras de las comunidades biológicas (Ayala et al., 2016).

7.12 Grupos funcionales

7.12.1 Depredadores

Son indicadores de la integridad de la red trófica y del nivel de perturbación, ya que requieren alimentarse de otros organismos, ejercen un control biológico sobre las poblaciones de herbívoros y detritívoros, evitando que alguna especie se convierta en plaga y manteniendo el equilibrio de la red trófica del suelo y la producción agrícola. (Caballero et al., 2025)

7.12.2 Detritívoros

Los detritívoros son organismos que viven en la hojarasca, sobre y en la superficie del suelo. Intervienen en la descomposición de la materia orgánica, principalmente de invertebrados terrestres, que son encargados de descomponer las plantas y animales que forman desechos. La fragmentación mecánica de estos residuos hace que los alimentos estén más disponibles para otros invertebrados y microbios más pequeños como lombrices, cochinillas y diversos micro artrópodos presentes en el suelo. (Beltrán et al., 2017)

7. 12. 3 Herbívoros

Existen en la parte subterránea y se nutren de tejidos vegetales vivos, incluyendo raíces, tallos, hojas, semillas, así, manejan el material vegetal que se integra al suelo. Dentro de este grupo se encuentran larvas de coleópteros, hemípteros e isópodos que pueden desarrollarse parcialmente en el suelo. Estas especies regulan el crecimiento de las plantas, fragmentan la materia orgánica y participan en el ciclo de nutrientes del suelo (Gómez, 2018).

7.12.4 Omnívoros

Los organismos omnívoros poseen una alimentación flexible que combina recursos de origen vegetal y animal, característica que les permite adaptarse a diferentes condiciones ambientales y variaciones en la disponibilidad de alimento. Esta plasticidad trófica actúa como conector ecológico en la descomposición y en el reciclaje de nutrientes, además de ayudar a mantener el equilibrio poblacional de la fauna del suelo (Caballero et al., 2025).

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿Se podrán determinar los macro y micro invertebrados y su funcionalidad en el suelo de diferentes sistemas de producción agrícola mediante dos tipos de trampeo?

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1 Tipo de investigación

9.1.1. Descriptiva

La investigación fue de tipo descriptivo, ya que permitió interpretar la diversidad y abundancia de los grupos funcionales de los macro y micro invertebrados presentes en los distintos ecosistemas, mediante su identificación, considerando la función ecológica que desempeñan en los diferentes sistemas productivos.

9.1.2. De campo

Se define de campo debido a que se utilizaron dos métodos de muestreo para macroinvertebrados y micro invertebrados en la zona con cuatro tipos de manejo ante diferentes sistemas de productivos

9.1.3. Cuantitativa

La investigación es de tipo cuantitativo y permitió realizar el conteo de especies, establecer la clasificación taxonómica, su grupo funcional y la presencia de ellas en los diferentes ecosistemas, valorar la elaboración de cálculos estadísticos fundamentados en cifras, así como también la diversidad de artrópodos a través del registro de datos.

9.1.4. Cualitativa

Se considera cualitativa porque busca analizar el comportamiento de la diversidad de macro y micro invertebrados en distintos sistemas de producción agrícola.

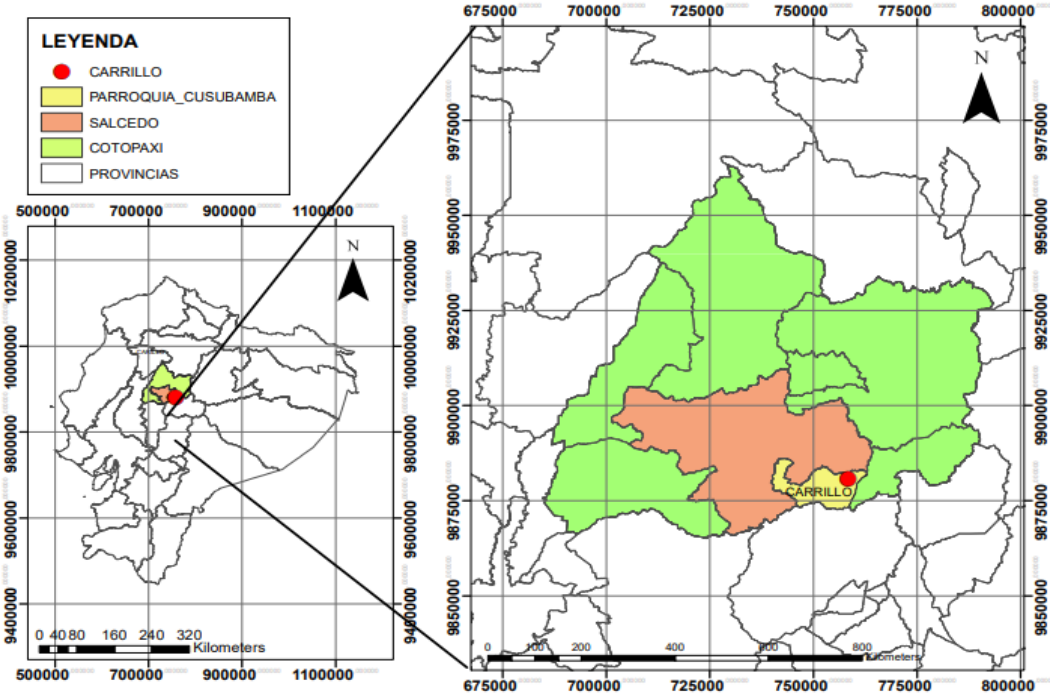
9.2. Gestores bibliográficos

Para fundamentar teórica y metodológicamente la presente investigación, se realizó una revisión de bases de datos y buscadores académicos, entre ellos Google Académico, SciELO, Redalyc y *Scopus*, lo cual permitió identificar y seleccionar artículos científicos, libros, tesis e informes técnicos relacionados con la investigación como la edafología, la ecología de invertebrados y los sistemas de producción agrícola. Posteriormente, las referencias bibliográficas fueron organizadas y gestionadas mediante el gestor bibliográfico Mendeley Reference Manager, facilitando el almacenamiento de los documentos, la inserción de citas y la elaboración automática de las referencias bibliográficas de acuerdo con las normas de citación establecidas, asegurando la constancia y uniformidad del apartado de referencias.

9.3. Área de estudio

El proyecto de investigación se desarrolló en el cantón Salcedo, parroquia Cusubamba, comunidad Carrillo. Esta localidad se encuentra en la región interandina, con las coordenadas 1°04′39.66″ S 78°40′41.66″ W, y una altitud de aproximadamente 2,953 msnm hasta 3,091 msnm. El clima predominante es templado frío, con temperaturas promedio que oscilan entre los 10 °C y 18 °C, condiciones que favorecen el desarrollo de diversos cultivos y pastizales. La comunidad de Carrillo se sustenta principalmente en la ganadería y la agricultura, destacándose por su diversidad de sistemas de producción agrícola, actividades que constituyen la principal fuente de ingresos de la población. Estas características climáticas, edáficas y productivas convierten a la comunidad de Carillo en un área representativa para el desarrollo de investigaciones relacionadas con los sistemas agrícolas.

Figura 1.- *Mapa de la zona de estudio, ubicada en el cantón Salcedo, Cusubamba, comunidad Carrillo.*



9.4. Descripción de los sistemas productivos en el campo

Para esta investigación se consideraron cuatro sistemas de producción desarrollados en el cantón Salcedo.

9.4.1. Sistema Tradicional

En este sistema de producción se tomó como referencia el cultivo de maíz (*Zea mays*) como un sistema tradicional, ya que cada grano sembrado año tras año representa no solo un acto productivo, sino un legado cultural que ha perdurado a lo largo del tiempo. Esta práctica, transmitida de generación en generación, constituye un ejemplo vivo de resistencia y adaptación, donde el conocimiento empírico y la sabiduría se heredan; sin embargo, el manejo continuo del suelo bajo monocultivo puede modificar sus propiedades, debido a la extracción constante de los mismos nutrientes, la reducción del aporte de materia orgánica y las labores agrícolas repetitivas. Aquellas condiciones pueden influir en la biodiversidad del suelo, afectando la diversidad de invertebrados que se encuentran presentes en la fauna edáfica. **Anexo 1**

Los agricultores, guardianes de esta tradición, comparten entre sí conocimientos ancestrales y prácticas locales profundamente arraigadas en su cosmovisión, las cuales incluyen la selección manual de las semillas, el uso de abonos orgánicos. **Anexo 1**

9.4.2. Sistema Agroecológico

Los sistemas de producción agroecológicos son principalmente conservadores de la biodiversidad, del reciclaje de nutrientes y de la reducción del uso de insumos químicos (Álvarez et al., 2021) . Para la selección del sistema agroecológico, se consideró como un criterio fundamental la evidencia de un alto nivel de biodiversidad, reflejada en la presencia de abundancia de hortalizas: lechuga (*Lactuca sativa L.*), cebolla larga (*Allium fistulosum L.),* remolacha (*Beta vulgaris L.*), coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis L.*), plantas repelentes: ruda (*Ruda graveolens L.*), romero (*Salvia rosmarinus Spenn.*), y lavanda (*Lavandula angustifolia Mill.*) que cumplen roles complementarios dentro del sistema. Además, la incorporación de abonos orgánicos elaborados localmente contribuye al incremento de materia orgánica, mejora la fertilidad natural y favorece la actividad biológica del suelo, proporcionando condiciones adecuadas para la presencia y desarrollo de los invertebrados. **Anexo 2**

Estos agricultores participan activamente en ferias agroecológicas, lo que permite no solo obtener ingresos económicos justos, sino también promover entre los consumidores una alimentación saludable y nutritiva. Existen varias características que influyen en estas áreas agroecológicas:

- Mínimo uso de insumos químicos
- Aprovechan bien el agua usando riego por goteo
- Diversificación de cultivos
- Protegen y fomentan la diversidad de seres vivos

9.4.3. Sistema Convencional

Los sistemas de producción convencionales dependen en gran medida del uso intensivo de insumos externos como fertilizantes, plaguicidas sintéticos y mecanización, con el objetivo de aumentar la productividad de los cultivos. Este enfoque prioriza la productividad a corto plazo, aunque puede generar impactos negativos sobre la biodiversidad, la salud del suelo y el ambiente. **Anexo 3**

En esta área de muestreo se tomó como referencia el cultivo de cebolla paiteña (*Allium cepa*), que se basa en el manejo convencional, que afecta a los invertebrados del suelo porque el monocultivo y el uso frecuente de agroquímicos disminuyen la cobertura vegetal y la materia orgánica, que constituyen su alimento y refugio. Además, las labores continuas de preparación

del suelo destruyen galerías, nidos y microhábitats donde estos invertebrados viven. Estas son las características principales de los sistemas convencionales:

- El uso intensivo de los fertilizantes sintéticos
- Utilización frecuente y extensiva de máquina agrícola
- El monocultivo como práctica dominante

9.4.4. Sistema Natural

El sistema natural analizado se consideró como praderas y su zona boscosa de ciprés (*Cupressus lusitanica Mill.*). El reconocimiento de cada sitio se hizo con bases aportadas por los propios agricultores, quienes confirmaron que estos terrenos no estaban destinados a realizar actividades agrícolas. Además, señalaron que en dichas áreas no existe ningún tipo de intervención humana, lo que ha permitido que se mantengan en su estado natural. Estas condiciones favorecen la mayor presencia de los invertebrados edáficos, ya que el bosque de ciprés mantiene una cobertura vegetal permanente que aporta materia orgánica durante su descomposición, creando un ambiente estable que proporciona alimento, refugio y sitios de reproducción para los invertebrados. **Anexo 4**

En consecuencia, dicho sistema tiene variedad de características presentes en su entorno:

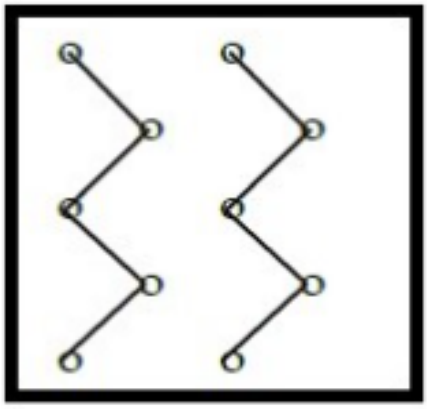
- Alta biodiversidad
- Materia orgánica en el suelo
- Cobertura vegetal abundante.
- Equilibrio ecológico
- Simbiosis entre organismos

9.5. Muestreo de macro e invertebrados

Para la captura de macroinvertebrados y micro invertebrados se utilizaron los siguientes métodos: trampas de caída o pitfall y embudos “Berlese-Tullgren”.

9.5.1. Muestreo o recorrido en zigzag

La muestra se efectuó mediante un recorrido sistemático que consistió en recolectar muestras siguiendo una trayectoria en zigzag a lo largo del área de estudio. A diferencia de un recorrido lineal, este diseño permite cubrir de forma homogénea toda la superficie del terreno, incluyendo sus zonas centrales y periféricas, lo que reduce el riesgo de concentrar la recolección en un solo sector y disminuye el sesgo de muestreo y garantiza una adecuada diversidad de organismos.



Fuente: (Agrostream, 2018)

9.5.2. Proceso de ejecución en el área de estudio

Materiales:

- Cinta métrica o flexómetro
- Barrena manual

Fase de procedimiento en campo

1. Reconocer los lotes previos a realizar un recorrido por el área total de cada uno de los sistemas de producción, con el propósito de identificar sus limitaciones y contar con una delimitación precisa de la superficie sobre la cual se aplicaría el muestreo. Anexo 5
2. Con la ayuda de la cinta métrica se implementó la señalización de las muestras en zigzag que abarca de manera uniforme el lote, los puntos de muestreo se colocaron a una distancia entre sí de 5 metros, lo que permitió una distribución homogénea. Anexo 6
3. Finalmente, una vez implementados los puntos definidos por el recorrido en zigzag, se procedió a instalar las trampas de caída (pitfall) y los embudos Berlese-Tullgren.

9.6. Técnicas de muestreo de macro y micro invertebrados

9.6.1. Trampas de caída o pitfall

Las trampas de caída, o más conocidas como pitfall, son una de las técnicas más ampliamente utilizadas para muestrear a los individuos que habitan en el suelo, debido a su alta efectividad, estas trampas consisten en colocar recipientes a nivel del suelo y los individuos caen en su interior debido a su movilidad o desplazamiento (Hohbein & Conway, 2018).Para el diseño de la trampa de caída pitfall se tomaron en consideración las indicaciones de (Palacios, 2014) por lo tanto, la trampa de caída fue creada para capturar artrópodos que se desplazan sobre la superficie del suelo.

En los cuatro sistemas de producción se instalaron 6 trampas siguiendo el patrón de recorrido en zigzag, sumando un total de 24 muestras que permitieron obtener una representación espacial homogénea presente en cada sistema.

9.6.2. Proceso de ejecución en el área de estudio

Materiales:

- 24 tarinas plásticas con tapas
- Palillos de picho como soporte
- Azadones
- Detergente

A continuación, se procede paso a paso con esta metodología:

1. Se ubicaron los 6 puntos de instalación correspondientes a cada sistema de producción, manteniendo una separación constante de 5 metros entre cada punto.
2. Con la ayuda de una azada se excavó un orificio en cada punto marcado, en el cual se enterró la tarrina plástica procurando que su borde superior quedara exactamente al ras de la superficie del suelo. **Anexo 7**
3. En el exterior de cada tarina previamente enterrada se colocó una solución de detergente y agua en proporción de 1 a 2 L, lo cual ayuda a que no se logren descomponer los organismos que caen en dicha trampa. **Anexo 8**
4. Sobre cada tarrina se colocó la tapa del envase a manera de techo protector, dejando un espacio libre entre la tapa y el borde de la trampa que permitirá el paso de los organismos hacia el interior. La tapa se fijó al suelo atravesándola con palos de pincho clavados a los costados de la trampa.
5. Las trampas permanecerán instaladas en campo durante un periodo continuo de 72 horas; posteriormente, se realizará la reubicación de las muestras de cada lugar.
6. Una vez transcurrido el tiempo de exposición establecido, se retiró la tapa protectora y se recolectó el contenido de cada sistema, incluyendo tanto la solución líquida como los organismos capturados.
7. Para su identificación se recurrió al laboratorio con las muestras de cada sistema y posteriormente se observó mediante una lupa, instrumento que permitió examinar con detalle los rasgos morfológicos clave como la forma del cuerpo. **Anexo 9**

8. Finalmente, con el fin de contrastar y afinar la clasificación obtenida mediante observación morfológica, se utilizó la aplicación iNaturalist para la identificación de las diversas especies encontradas.



***Elaborado por**: Aguayza M. (2026).*

9.6.3. Embudos "Berlese-Tullgren"

El embudo Berlese-Tullgren es un aparato que sirve para la extracción de meso o micro invertebrados de las muestras de suelo u hojarascas. El funcionamiento se basa en el principio de deshidratación progresiva, al aplicar calor y luz en la parte superior del embudo, se genera un gradiente térmico e higrométrico que obliga a los organismos, sensibles a la desecación, a desplazarse activamente hacia las capas más profundas y húmedas de la muestra, hasta caer finalmente hacia la parte inferior del embudo (Sandler, 2010). Para este método de trampeo se crearon 6 embudos para cada uno de los sistemas de producción, lo que resultó en un total de 24 embudos Berlese-Tullgren.

Para llevar a cabo esta metodología se utilizaron materiales reciclados que ayudaron a la implementación de cada uno de los embudos en el laboratorio.

Materiales:

- 24 botellas plásticas de 6 litros
- Tijeras
- Malla 3 mm
- 24 focos de 110 watts
- 24 boquillas
- Cable de 20 metros
- Cinta de embalaje
- Frascos de vidrio
- Alcohol de 70 grados
- Extensión eléctrica

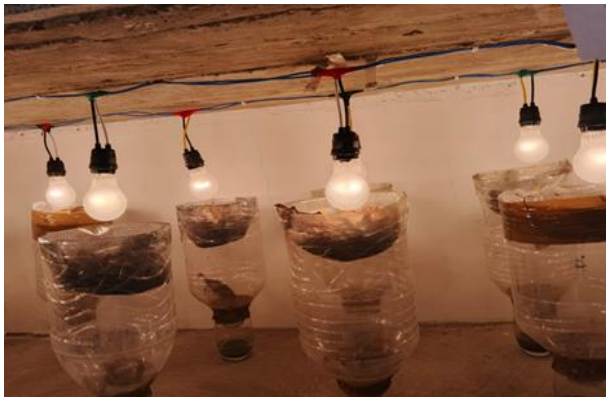
A continuación, el procedimiento que se llevó a cabo:

1. Se recolecto 6 muestras de suelo utilizando una azada, cada sistema productivo, se enfocó en los primeros 10 cm de profundidad. Este proceso de muestreo se llevó a cabo en un patrón en zigzag por toda el área para lograr uniformidad. **Anexo 10**
2. A continuación, las submuestras del suelo recolectadas en cada sistema de producción se homogeneizaron manualmente, se obtuvieron muestras representativas de 1 kg de suelo por sistema.
3. Cada muestra recolectada se almacenó en bolsas ziploc debidamente rotuladas con la información correspondiente al sistema de producción de origen, la fecha de recolección, con el fin de garantizar la trazabilidad de los datos. Posteriormente, las muestras se trasladaron con prontitud al laboratorio, minimizando el tiempo de extracción y el montaje de los embudos para reducir la mortalidad o migración de los organismos. **Anexo 10**

Inicio de extracción

1. Para el montaje de cada embudo Berlese-Tullgren, elaborado a partir de una botella de 6 litros cortada y adaptada, se instaló una rejilla de 50 x 50 cm, que sirvió de soporte para depositar la muestra de suelo sin que cayera directamente al recipiente colector.
2. En la boquilla inferior de cada embudo se colocó un frasco de vidrio con alcohol al 70%, que actúa como recipiente recolector y medio de conservación de los organismos que descienden a través del embudo.
3. Sobre la rejilla previamente instalada en cada embudo se colocó la muestra de suelo correspondiente a cada sistema, distribuyéndola de manera uniforme para favorecer una exposición homogénea al gradiente del calor. Adicionalmente, se añadió hojarasca sobre la superficie de la muestra, ya que en ella suelen concentrarse ácaros y colémbolos que habitan en restos de vegetales en descomposición.
4. Sobre la parte superior de cada embudo se instalaron focos de 110 vatios, conectados mediante cables y boquillas a una extensión eléctrica, los cuales se mantuvieron encendidos de forma continua durante 42 horas, produciendo un gradiente progresivo de temperatura y desecación desde la superficie hacia el interior de la muestra.
5. Finalmente, se retiró cada uno de los frascos para identificar los micro invertebrados capturados. Para este procedimiento se utilizaron la lupa manual y el estereoscopio, ya que los individuos son muy pequeños y no se los pudo apreciar a simple vista. **Anexo 11**

6. Para la identificación de los invertebrados se utilizó la aplicación iNaturalist, debido a su facilidad sin costo y su respaldo de una comunidad de expertos que contribuye a la validación de especies registradas. **Anexo 11**



Elaborado por: *Aguayza M. (2026).*

9.7. Aplicación iNaturalist

Es una aplicación gratuita muy utilizada que promueve la ciencia ciudadana y permite identificar y registrar pequeños organismos de la fauna presentes en el entorno. Las observaciones compartidas generan información valiosa para estudios científicos y la conservación de la biodiversidad (Flores et al., 2023).

A continuación, se describen de manera secuencial los pasos desarrollados durante la aplicación del estudio:

1. Descarga e instala
   - Disponible en: Google Play
   - También puede usar la versión web: https://www.inaturalist.org 18 2.
2. Registro de una cuenta
   - Crea una cuenta gratuita con correo electrónico, o accede con tu cuenta de Google, Apple o Facebook.
3. Cómo hacer una observación.
   - Abre la app y pulsa “Observar” o “Nueva observación”.
   - Se tomó una foto (o súbela desde tu galería).
   - iNaturalist te sugerirá automáticamente una posible identificación de la especie usando inteligencia artificial.
4. Agrega:
   - Ubicación (se agrega automáticamente si tienes GPS activado).
   - Fecha y hora

- Notas (hábitat, comportamiento, etc.)
- Presiona “Guardar” o “Compartir”.

Esto permitirá que otros usuarios (expertos o aficionados) puedan ayudarte a confirmar o corregir la especie observada. (iNaturalist.)



Elaborado por: *Aguayza M. (2026).*

9.8. Periodo de muestreo

El estudio se implementó durante los periodos de octubre, diciembre, febrero (épocas lluviosas) y abril, junio (épocas secas). Esta periodicidad no fue elegida al azar, sino que responde a la necesidad de capturar la variabilidad de individuos presentes en cada sistema de producción agrícola, caracterizada por la alternancia entre épocas lluviosas y secas, las cuales influyen directamente en la actividad, reproducción y distribución de la fauna edáfica.

De acuerdo con lo descrito por cada sistema de producción agrícola, se colocaron 6 trampas de caída Pitfall y 6 embudos Berlese-Tullgren, totalizando 24 unidades de cada tipo de trampeo, cada una de estas trampas fue revisada y recolectada en 5 ocasiones distintas (5 muestras). Por lo tanto, al finalizar esta investigación se contó un total de 120 datos por cada método de muestreo capturado (4 sistemas x 6 trampas x 5 repeticiones), lo cual proporciona una base de datos sólida para un análisis estadístico.

9.9. Análisis Estadístico

Para determinar si existen diferencias significativas entre los cuatro sistemas de producción agrícola, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) considerando como factores de clasificación los sistemas productivos y las cinco muestras, mientras que la variable de respuesta fue el número de individuos capturados por trampeo. Este análisis permite visualizar

diferencias observadas entre las medias de los sistemas que son estadísticamente significativas, considerándose como tales cuando ($p < 0,005$), lo que indicará que el sistema influye de manera real sobre la presencia de individuos.

Una vez que el ANOVA evidencia diferencias significativas entre los sistemas ($p < 0,05$), se procede a aplicar la prueba de comparaciones de Tukey con el mismo nivel de significancia de 5 %. Esta prueba resultará necesaria porque ANOVA indica que al menos un sistema es diferente, pero no específicamente cuál, por lo tanto, la prueba Tukey permite identificar con precisión en cuál de los sistemas de producción agrícola se presentan diferencias significativas reales.

9.10. Índices de diversidad y dominancia

9.10.1. Índice de Shannon-Wiener

El Índice de Shannon-Wiener se interpreta como el grado de incertidumbre al escoger un individuo al azar y predecir a qué especie pertenece, mostrando así la uniformidad en la distribución de las especies (López et al., 2017)

$$\boldsymbol{H' = -\sum Pi\ In\ Pi}$$

Donde:

$\boldsymbol{H'} = Indice\ de\ diversidad$

$\boldsymbol{Pi} = Ni/n$

$\boldsymbol{Ni} = Número\ de\ individuos\ de\ la\ especie\ i.$

$\boldsymbol{n} = Número\ total\ de\ individuos$

$\boldsymbol{in} = logaritmo\ natural.$

(Saransig et al., 2024) establece que este índice generalmente varía entre 1 - 5, dependiendo de la riqueza y la distribución de las especies. De acuerdo con la clasificación, valores menores a 2 indican una diversidad baja, lo que sugiere la presencia de pocas especies, valores entre 2 - 3,5 representan una diversidad media, donde existe una distribución relativamente equilibrada de las especies y valores superiores a 3,5 indican una diversidad alta, reflejando una comunidad biológica con mayor equilibrio en la abundancia de especies.

Valores	Interpretación
0	Solo existe una especie en la muestra
bajo 2	Biodiversidad baja
entre 2 - 3,5	Biodiversidad media
alta 3,5	Biodiversidad alta
sin limite	El índice puede superar 5 en ecosistemas muy ricos en biodiversidad

Fuente:(Saransig et al., 2024).

9.10.2. Índice de Simpson

Refleja cuántos tipos distintos de especies hay en una comunidad y lo uniformemente distribuida que está la población de cada especie, lo cual es considerado un indicador sólido de la diversidad efectiva.(Salazar et al., 2019).

$$\boldsymbol{D = 1 - \sum Pi^2}$$

Donde:

pi **=** *abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.*

Para la interpretación, establece que este índice presenta valores comprendidos entre 0 -1. En este sentido, valores cercanos a 0 indican una baja diversidad, lo que refleja una comunidad dominada por pocas especies. Por el contrario, valores próximos a 1 representan una alta diversidad, evidenciando una mayor riqueza y una distribución más equitativa

Valores	Interpretación
0,00-0,35	Baja diversidad (alta dominancia)
0,36-0,75	Diversidad baja
0,76-1,00	Biodiversidad media

Fuente*:(TayHing et al., 2024)*

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Determinación de macro invertebrados funcionales del suelo en cuatro sistemas de producción agrícola por las trampas pitfall.

En la **(tabla 5)** se establece el análisis de varianza (ANOVA) para las trampas pitfall, donde se muestra un coeficiente de variación de 11,56 con diferencias altamente significativas entre los sistemas ($p < 0,001$), lo que indica que los sistemas de producción influyeron en la abundancia de los individuos capturados; asimismo, las muestras presentaron diferencias significativas ($p = 0,0427$). Esto demuestra que las variaciones observadas responden a las variables climáticas para cada mes (periodo seco y lluvioso).

Tabla 5. *Cuadro de análisis de la varianza de trampas pitfall*

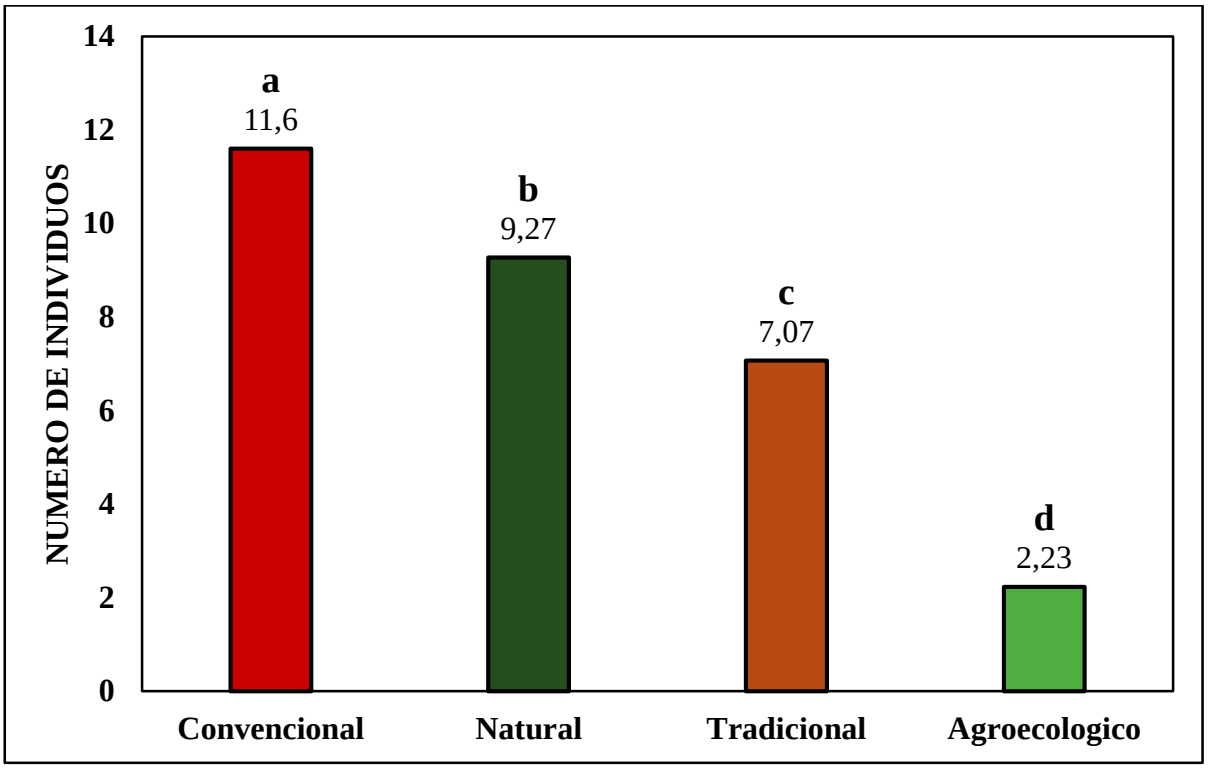
F. V	SC	gl	CM	F	p-valor	p-valor
Sistemas	239.31	3	79.77	104.94	0.0001	**
Muestras	10.48	4	2.62	3.45	0.0427	*
Error	9.12	12	0.76			
Total	258.29	19				
C V	11.56					

Elaborado por: (Aguayza, M., 2026).

La **(Figura 2)** en la prueba de Tukey al 5 % (Anexo 12) permitió identificar la presencia de cuatro grupos, con diferencias significativas entre sistemas, el convencional presentó el rango (a) con el número más alto de individuos capturados, con (11,6), seguido por el (b) el sistema natural con (9,27), el sistema tradicional conformado por (c) con (7,07) y, finalmente, el rango (d) el sistema agroecológico con (2,23), que registró el menor valor. Esto indica que, bajo el método de trampas de pitfall, el sistema con mayor uso de insumos y labranza (convencional) registró la abundancia de macroinvertebrados epígeos, tomando en cuenta que en dicho sistema hay mayor número de individuos, pero la que domina es solo una especie.

Estos resultados concuerdan con lo señalado por Cabrera et al., (2019) Quienes mencionan que existen diferencias en la abundancia de los grupos funcionales entre los sistemas de producción, las cuales pueden atribuirse al manejo del suelo y las condiciones ambientales propias de cada sistema. Desde el punto de vista Gómez, (2018) Evidencia que las prácticas de manejo agrícola modifican la estructura de las comunidades biológicas al alterar la disponibilidad de hábitats y recursos, favoreciendo la abundancia de determinadas especies sobre otras y no constituyen, por sí solas, un indicador de mayor biodiversidad o estabilidad ecológica.

Figura 2. *Número de la presencia de macro invertebrados y las medias en cuatro sistemas de producción de las trampas pitfall.*



Elaborado por: (Aguayza.M, 2026).

10.2. Determinación de micro invertebrados funcionales del suelo en cuatro sistemas de producción agrícola en los embudos Berlese-Tullgren.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados mediante los embudos Berlese-Tullgren (p = 0.0029), lo que demuestra que los sistemas influyeron significativamente en la abundancia de organismos del suelo; asimismo, las muestras presentaron diferencias altamente significativas (p = 0.0026), reflejando variación en los datos obtenidos, con un coeficiente de variación de 23,27 lo que permite establecer que los sistemas de producción ejercieron un efecto significativo sobre la abundancia de los organismos recolectados mediante este método.

Tabla 6. *Cuadrado de análisis de la varianza. de los embudos Berlese-Tullgren.*

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor	p-valor
Sistemas	4.72	3	1.57	8.34	0.0029	**
Muestras	5.83	4	1.46	7.72	0.0026	**
Error	2.26	12	0.19			
Total	12.81	19				
CV	23.27					

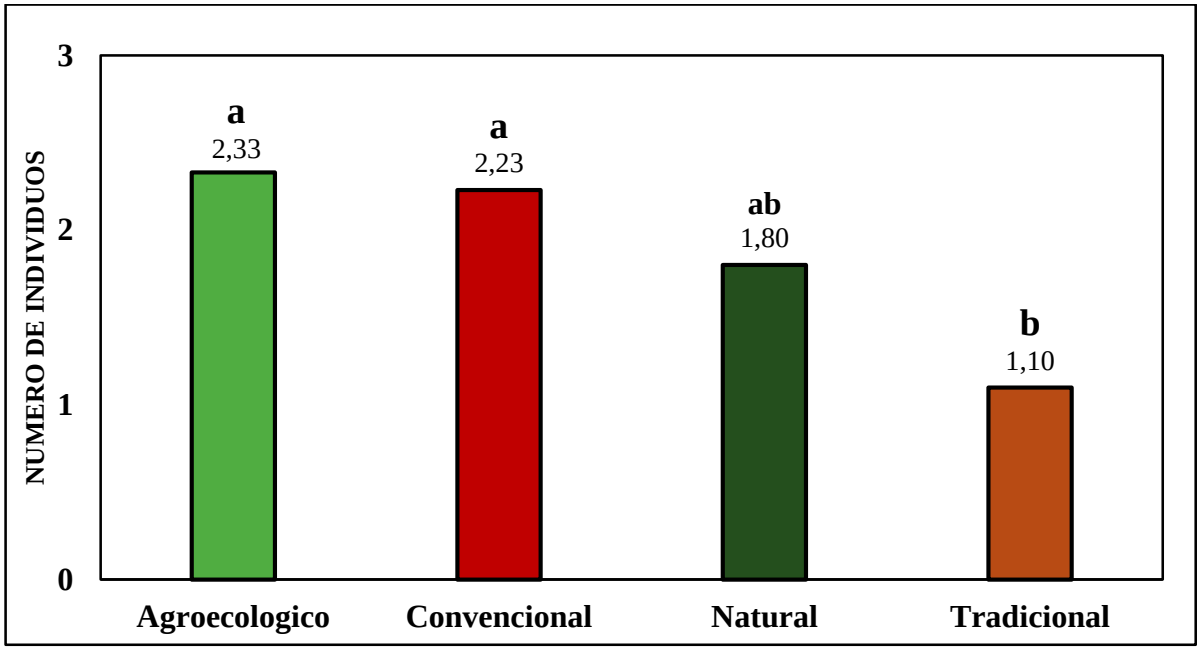
Elaborado por: (Aguayza.M., 2026).

La **Figura 3,** la prueba de Tukey al 5% (Anexo 13), evidenció la presencia de dos grupos: el rango (a), conformado por el sistema agroecológico con (2,33) y el sistema convencional (2,23) individuos por mes, seguido por el rango (ab) natural (1,80) y, finalmente, el (b) en el tradicional con (1,10), mostrando una respuesta diferenciada de la comunidad edáfica frente a las condiciones de manejo. En el sistema convencional, aunque presentó valores cercanos al agroecológico (2,23).

La presencia de grupos funcionales podría estar condicionada por la disponibilidad de materia orgánica y su multiplicación en el hábitat.

Estos resultados están de acuerdo con la afirmación de Heděnec et al., (2022), quienes argumentan que los sistemas agroecológicos promueven una mayor biodiversidad al mantener ambientes más estables y reducir los efectos negativos asociados al manejo intensivo de la funcionalidad del suelo. En este sentido estudios recientes como el de Rueda, (2016) Indican que la diversidad funcional de una comunidad está determinada por la interacción entre las condiciones ambientales y la disponibilidad de nichos ecológicos.

Figura 3. *Número de la presencia de micro invertebrados y las medias en cuatro sistemas de producción de las trampas pitfall.*



***Elaborado por**:* (Aguayza, M., 2026).

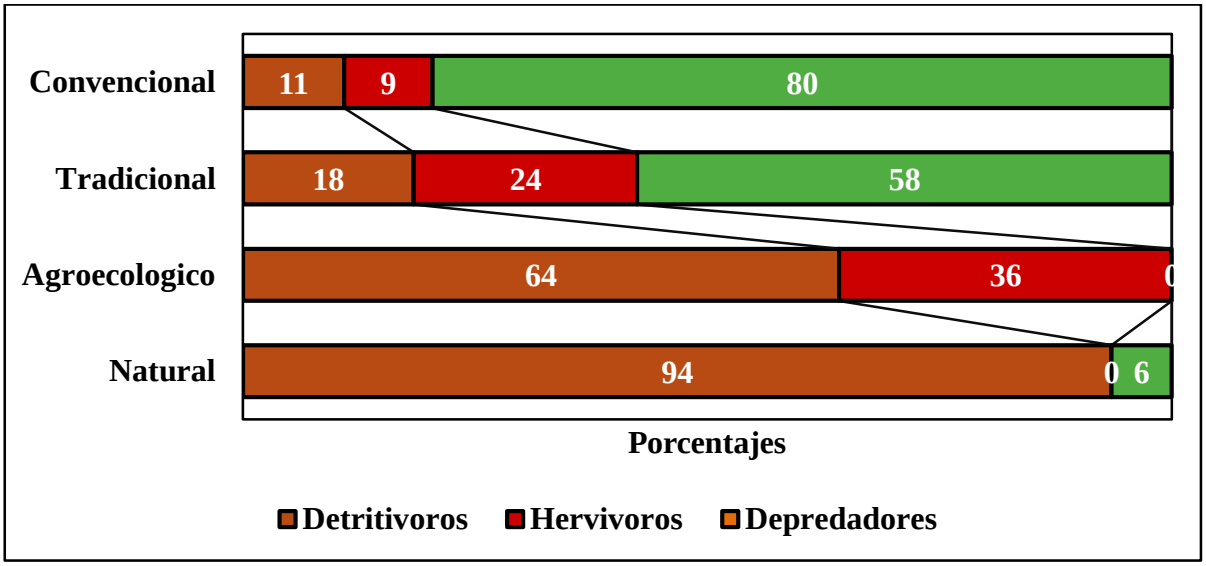
10.3. Identificación de macro y micro invertebrado presentes en cada sistema.

10.3.1. Distribución porcentual de los grupos funcionales en cuatro sistemas de producción agrícola en las trampas pitfall.

La **(Figura 4)** en trampas pitfall (Anexo 14), el análisis muestra que en el sistema convencional predominaron los depredadores (80%), seguidos por los detritívoros (11%) y herbívoros (9%). En el sistema tradicional dominaron los depredadores (58%), aunque con una mayor representación de herbívoros (24%) y detritívoros (18%). En contraste, el sistema agroecológico estuvo conformado principalmente por detritívoros (64%) y herbívoros (36%), sin registrarse depredadores (0%). Por su parte, el sistema natural presentó un claro predominio de detritívoros (94%), acompañado de una baja proporción de depredadores (6%) y ausencia de herbívoros (0%).

En concordancia con lo reportado por Gómez, (2018) , señalan que las prácticas de manejo influyen significativamente en la estructura funcional de la macrofauna edáfica, ya que los sistemas con mayor abundancia de individuos de la materia orgánica y menor perturbación favorecen la presencia de organismos detritívoros, fundamentales en la descomposición de residuos y el reciclaje de nutrientes, mientras que la abundancia de depredadores responde al equilibrio y complejidad de los individuos del suelo , aunque Beltrán et al., (2017) evidencia que la presencia de detritívoros es fundamental para la descomposición y el ciclado de nutrientes.

Figura 4. *Distribución del porcentaje de los grupos funcionales en cuatro sistemas de producción, trampas pitfall.*



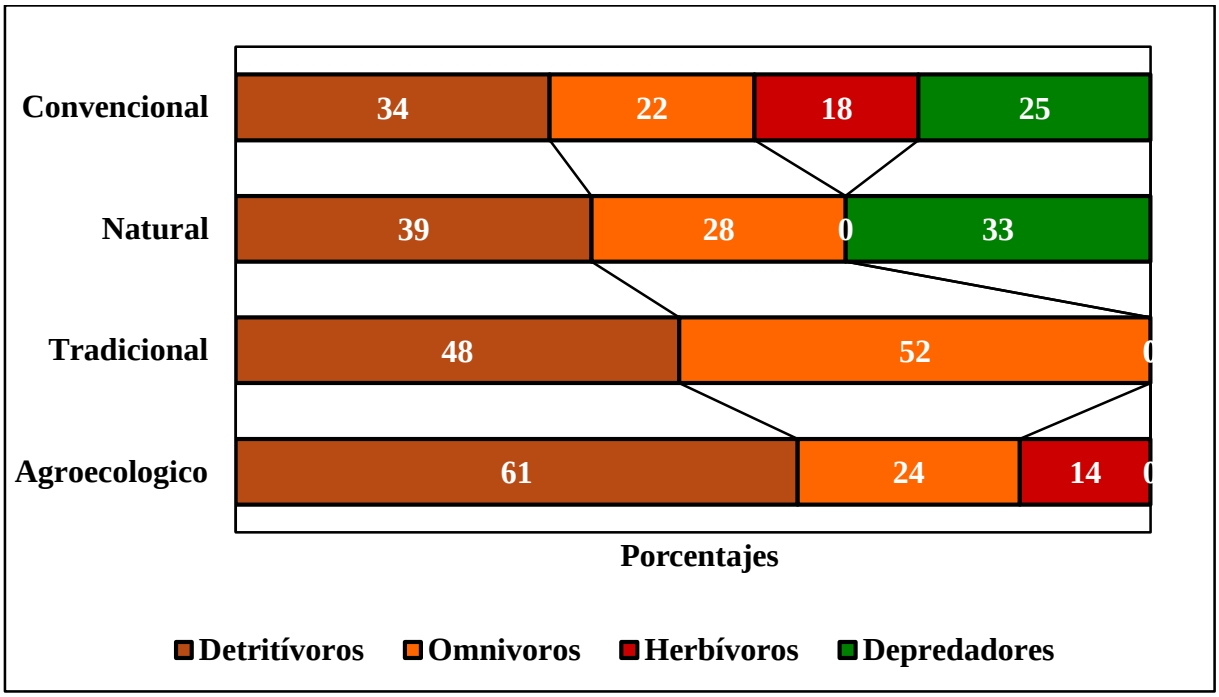
Elaborado por: (Aguayza, M., 2026).

10.3.2. Distribución porcentual de los grupos funcionales en cuatro sistemas de producción agrícola en los embudos Berlese-Tullgren.

La (**Figura 5**), los grupos funcionales de micro invertebrados en el Anexo 15, obtenidos mediante el método de embudos de Berlese-Tullgren, evidenciaron diferencias entre los sistemas de manejo evaluados. En el sistema convencional predominó el grupo de los detritívoros (34%), seguido por los depredadores (25%), omnívoros (22%) y herbívoros (18%), mostrando una comunidad funcional relativamente equilibrada. En el sistema natural, los detritívoros (39%) fueron el grupo más representativo, seguidos por los depredadores (33%) y omnívoros (28%), sin registrarse herbívoros (0%). En el sistema tradicional se observó una mayor proporción de omnívoros (52%) y detritívoros (48%), mientras que los herbívoros y depredadores estuvieron ausentes. De igual manera, el sistema agroecológico presentó un claro predominio de detritívoros (61%), seguidos por los omnívoros (24%) y herbívoros (14%), sin presencia de depredadores.

La alta proporción de los detritívoros en la mayoría de los sistemas, notablemente en el agroecológico y natural, coincide con lo señalado por Sánchez et al., (2024), quienes indican que la abundancia y composición funcional de los micro invertebrados del suelo están determinadas por la disponibilidad de materia orgánica, la cobertura vegetal y el grado de perturbación del ecosistema. La presencia de omnívoros sugiere una estrategia adaptativa ante condiciones cambiantes, tal como lo discuten Rueda, (2016) Al descartar que la ausencia de depredadores en la agroecología se deba a la abundancia de los detritívoros y a la menor densidad de micro artrópodos, lo que limita la oferta alimenticia para los depredadores especializados.

Figura 5. *Distribución del porcentaje de los grupos funcionales en los cuatro sistemas de producción, embudos Berlese-Tullgren.*



Elaborado por: (Aguayza, M., 2026).

10.4. Índices de diversidad de macro y micro invertebrados en cada sitio de muestreo.

10.4.1. Determinación de la diversidad de macro y micro invertebrados en los cuatro sistemas

El índice de diversidad de Shannon-Wiener evidenció que el sistema tradicional, evaluado mediante trampas pitfall, registró el mayor valor de diversidad (H' = 1,43), mientras que en el método Berlese-Tullgren, el sistema agroecológico presentó el índice más alto (H' = 1,06), indicando una mayor diversidad relativa de macro y micro invertebrados respecto a los demás sistemas evaluados. De acuerdo con la clasificación en la Tabla 7, el índice de Shannon-Wiener indica que ambos valores son inferiores a 2, por lo que corresponden a una biodiversidad baja, lo que refleja una comunidad de organismos con limitada riqueza de especies y una distribución poco equitativa de los individuos. Estos resultados concuerdan con (Bautista et al., 2018), quien señala que el índice de Shannon-Wiener permite evaluar simultáneamente la riqueza y la abundancia de las especies presentes en un ecosistema, mientras que González et al, (2023)Indica que valores menores a 2 son característicos de comunidades con baja diversidad biológica, asociadas a sistemas donde predominan pocas especies.

Tabla 7. *Índice de Shannon-Wiener de macro y micro invertebrados por cada uno de los sistemas.*

Shannon-Wiener	Tradicional	Agroecológico	Convencional	Natural
Pitfall	1,43	1,10	0,87	0,55
Berlese Tullgren	0,69	1,06	0,94	0,72
Media	1,06	1,08	0,90	0,64
Desviación Estándar	0,52	0,03	0,05	0,12

Nota. *El índice de Shannon-Wiener (H') expresa la diversidad de especies presentes en cada sistema de producción agrícola. Fuente: Elaboración propia.*

10.4.2. Determinación de la dominancia de macro y micro en los cuatro sistemas

En la **(Tabla 7) el** índice de Simpson 1-D presentó los valores más altos en el sistema tradicional mediante el método Pitfall y en el sistema convencional mediante el método Berlese-Tullgren. El valor de 0,89 se ubica dentro del rango de 0,76–1,00, correspondiente a una diversidad media, lo que indica una comunidad de micro invertebrados con una distribución más equilibrada de los individuos y una menor dominancia de especies. Por su parte, el valor de 0,73 se encuentra dentro del intervalo de 0,36–0,75, clasificándose como diversidad baja, lo que sugiere una comunidad donde aún existe cierto grado de dominancia de algunos individuos, aunque con una distribución relativamente uniforme entre las especies presentes.

De acuerdo con Salazar et al, (2019) Los valores del índice de Simpson (1-D) cercanos a 1 representan una menor dominancia y una mayor diversidad biológica, mientras que aquellos próximos a 0 reflejan una alta dominancia de pocas especies. Estos resultados coinciden con lo señalado por Saavedra et al. (2019) ,quienes indican que una mayor diversidad refleja una mejor estabilidad ecológica y una distribución más homogénea de los organismos edáficos.

Tabla 8. *Índice de Simpson de macro y micro invertebrados por cada uno de los sistemas.*

Shimpson	Tradicional	Agroecológico	Convencional	Natural
Pitfall	0,73	0,67	0,61	0,28
Berlese Tullgren	0,50	0,74	0,89	0,23
Media	0,62	0,70	0,75	0,26
Desviación Estándar	0,17	0,06	0,20	0,04

Nota: *Esta tabla demuestra que el índice de Simpson representa la dominancia de las especies registradas en cada sistema de producción agrícola. Fuente: Elaboración propia.*

10.5. Establecer la funcionalidad de macro y micro invertebrados presentes cada sistema.

10.5.1. Clasificación de macro invertebrados por clase, orden y familia.

Los resultados observados muestran la clasificación de los grupos funcionales de macroinvertebrados y micro invertebrados que fueron recolectados en la Comunidad de Carrillo en los cuatro sistemas: tradicional, agroecológico, convencional y natural. Utilizando la metodología de trampas pitfall y embudos Berlese-Tullgren.

Comunidad de Carrillo

En la comunidad de Carrillo se registró un total de 905 individuos correspondientes a macroinvertebrados del suelo, distribuidos en los grupos funcionales detritívoros, herbívoros y depredadores, pertenecientes a las clases *Malacostraca, Insecta, Clitellata y Arachnida, agrupadas* en los órdenes *Isopoda, Coleoptera, Opisthopora, Lepidoptera, Dermaptera y Araneae* **(Tabla 9).** La familia más abundante fue *Carabidae,* con 287 individuos, representada por el escarabajo de tierra. La segunda familia con mayor abundancia fue *Porcellionidae,* catalogada como cochinilla, con 233 individuos. Posteriormente se registró la familia *Forficulidae,* representada por la tijereta, con 112 individuos, considerada una depredadora oportunista que participa en el control natural de pequeños artrópodos. Asimismo, se identificaron las familias *Scarabaeidae*, con 100 individuos asociados al grupo de herbívoros y 98 individuos dentro de los detritívoros, *Lumbricidae*, con 49 individuos, reconocidos por mejorar la aireación y estructura del suelo, *Hahniidae*, con 18 individuos, representada por arañas enanas de hábito depredador y *Noctuidae,* con 8 individuos, clasificada como gusano cortador, una especie herbívora que consume tejidos vegetales durante su fase larval.

De acuerdo con (Bravo et al., 2024), estos organismos desempeñan un papel fundamental en la fragmentación de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes, favoreciendo la fertilidad del suelo, como lo indica Cabrera et al, (2019) Los carábidos son insectos depredadores que regulan las poblaciones de otros invertebrados y contribuyen al equilibrio biológico del suelo, lo que evita el daño a las raíces.

Tabla 9. *Conformación de macro invertebrados encontrados en la Comunidad de Carrillo.*

Grupo funcional	Clase	Orden	Familia	Nombre común	Total
Detritívoros	Malacostraca	Isopoda	Porcellionidae	Cochinila	233
	Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	Escarabajo estercolero	98
	Clitellata	Opisthopora	Lumbricidae	Lombriz de tierra	49
Herbívoros	Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	Escarabajo o chisa	100
	Insecta	Lepidoptera	Noctuidae	Gusano cortador	8
Depredadores	Insecta	Coleoptera	Carabaeidae	Escarabajo de tierra	287
	Insecta	Dermaptera	Forficulidae	Tijereta	112
	Arachnida	Araneae	Hahniidae	Araña enana	18

Nota. *Se presenta la clasificación taxonómica y funcional de los macro invertebrados identificados, junto con el número total de individuos registrados durante la investigación. Fuente: Elaboración propia.*

Fotografías de las especies encontradas de macro invertebrados en cada uno de los sistemas muestreados.



Cochinilla



Escarabajo o chisa



Escarabajo estercolero



Lombriz



Araña



Tijereta



Escarabajo de tierra

10.5.2. Clasificación de micro invertebrados por clase, orden y familia.

La comunidad de Carrillo presentó una importante diversidad de micro invertebrados del suelo, evidenciando la presencia de organismos que desempeñan funciones esenciales en los procesos ecológicos relacionados con la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y la regulación de las poblaciones edáficas. Mediante el método de embudos Berlese-Tullgren se registró un total de 224 individuos, distribuidos en los grupos funcionales de detritívoros, omnívoros, herbívoros y depredadores, pertenecientes a las clases *Collembola*, *Arachnida*, *Clitellata*, *Insecta y Gastropoda*, agrupadas en los órdenes *Poduromorpha*, *Oribatida*, *Enchytraeida, Hymenoptera, Stylommatophora, Mesostigmata y Coleoptera* en la (Tabla 7) la familia más abundante fue *Formicidae*, representada por la hormiga africana fantasma, con 64 individuos. La segunda familia con mayor abundancia fue *Euphthiracaridae*, perteneciente a los ácaros orbitados, con 53 individuos. Posteriormente se registró la familia *Enchytraeidae*, con 29 individuos, cuyos representantes favorecen la descomposición de residuos orgánicos y mejoran la estructura del suelo. Asimismo, se identificaron las familias *Planorbidae*, con 22 individuos, representada por el caracol terrestre de hábito herbívoro, *Onychiuridae*, con 21 individuos, caracterizada por colémbolos detritívoros que aceleran la descomposición de restos vegetales, *Parasitidae*, con 18 individuos, integrada por ácaros depredadores que regulan poblaciones de pequeños artrópodos, finalmente, *Staphylinidae*, con 17 individuos, integrada por escarabajos depredadores.

Según (Julca, 2006), las hormigas desempeñan un papel ecológico fundamental al favorecer la aireación del suelo, el reciclaje de nutrientes y la regulación de otros invertebrados, de acuerdo con (González et al., 2023), estos individuos participan activamente en la fragmentación de la materia orgánica y en la formación del humus, contribuyendo al mantenimiento de la fertilidad edáfica. De esta manera, la composición de dichos micro invertebrados encontrados no solo evidencia la funcionalidad ecológica del suelo, sino que también ratifica la sensibilidad de estos organismos como bioindicadores de las condiciones ambientales y el manejo, en relación con lo planteado por (Ruiz & Paolini, 2021) , sobre el uso de la biota edáfica como un indicador de calidad del suelo.

Tabla 10. *Conformación de micro invertebrados encontrados en la Comunidad de Carrillo.*

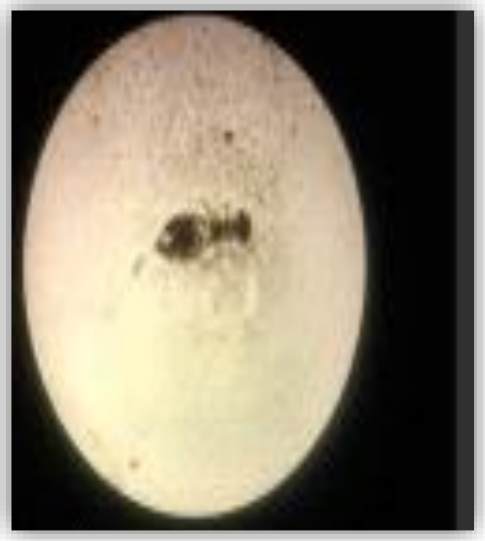
Grupo funcional	Clase	Orden	Familia	Nombre común	Total
Detritívoros	Collembola	Poduromorpha	Onychiuridae	Colémbolos	21
	Arachnida	Oribatida	Euphthiracaridae	Ácaros oribátidos	53
	Clitellata	Enchytraeida	Enchytraeidae	Enquitreidos	29
Omnívoros	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	Hormiga africana fantasma	64
Herbívoros	Gastropoda	Stylommatophora	Planorbide	Caracol terrestre	22
Depredadores	Arachnida	Mesostigmata	Parasitidae	Ácaros depredadores	18
	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	Escarabajo de alas cortas	17

Nota. *La tabla presenta la clasificación de los micro invertebrados del suelo según su grupo funcional, clase, orden, familia y nombre común, así como el número total de individuos registrados durante la investigación. Fuente: Elaboración propia.*

Fotografías de las especies encontradas de micro invertebrados en cada uno de los sistemas muestreados.



Colémbolo



Hormiga africana fantasma



Ácaros oribatidos



Escarabajo de alas cortas



Caracol terrestre



Ácaros depredadores



Lombriz blanca

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. Conclusiones

- Se determinó que el sistema con mayor número de macro invertebrados capturados con las trampas pitfall fue el convencional, con una media de 11.6, y los sistemas con mayor número de micro invertebrados capturados con los embudos Berlese-Tullgren fueron el agroecológico y el convencional, con medias de 2.33 y 2.23, respectivamente. Se estableció que el sistema de producción tradicional tiene mayor diversidad superficial con un índice de 1.43 y un índice de dominancia de 0.73 para las trampas pitfall en el sistema agroecológico, con una diversidad de 1.06 y dominancia de 0.89 en el sistema convencional para los embudos Berlese Tullgren.
- Los grupos funcionales presentes en los diferentes sistemas de producción agrícola estudiados con los dos tipos de trampeos fueron los grupos detritívoros, omnívoros, herbívoros y depredadores, de los cuales el mayor número de individuos colectados fue los detritívoros con un valor de 64% y 94% en el sistemas agroecológico y natural y en el sistema convencional, los depredadores representaron el 80%. Estos valores muestran que la composición taxonómica actúa como un bioindicador confiable del estado ecológico del suelo y que los sistemas agroecológicos, naturales y convencional promueven comunidades más funcionales y equilibradas.

11.2. Recomendaciones

- Se recomienda establecer investigaciones relacionadas a épocas lluviosas y secas.

- Establecer la correlación de los macro y micro invertebrados con características físicas del suelo (estructura, textura, porosidad, conductividad hidráulica, color) en los diferentes sistemas productivos.

- Analizar la relación entre macro y micro invertebrados aéreos y edáficos y su funcionalidad temporal.

12. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, S. M., Ranferi, M. T., Cinthia, N. R., & David, C. A. (2021). *Manejo agroecológico para la restauración de la calidad del suelo*.

Ayala, R. G., Ordóñez, L. U., Meiners, C., & Marín, H. M. (2016). Listado taxonómico, aspectos ecológicos y biogeográficos de las larvas de peces del Sistema Arrecifal Veracruzano, Suroeste del Golfo de México (junio 2011-junio 2013). *Revista de biología marina y oceanografía*, *51*(2), 255–264. https://doi.org/10.4067/S0718-19572016000200004

Bardgett, R. D., & Van Der Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. En *Nature* (Vol. 515, Número 7528, pp. 505–511). Nature Publishing Group. https://doi.org/10.1038/nature13855

Barreto, G. O., Guevara, G. D., Olguín, L. J.., Mancilla, V. O., Medina, V. E., & Murillo, H. J. (2018). Macroinvertebrados de hojarasca y suelo en selva baja caducifolia y zonas perturbadas. *Idesia (Arica)*, *36*(1), 105–113. https://doi.org/10.4067/S0718-34292018000100105

Bautista, E. H. D., Suárez, L. R., & Salazar, J. C. S. (2018). Relationship between macroinvertebrates and soil properties under different agroforestry arrangements in the Colombia Andean Amazon. *Acta Agronómica*, *67*(3), 395–401. https://doi.org/10.15446/acag.v67n3.67266

Bautista, E. H., Suárez, L. R., & Salazar, J. C. (2018). Relationship between macroinvertebrates and soil properties under different agroforestry arrangements in the Colombia Andean Amazon. *Acta Agronómica*, *67*(3), 395–401. https://doi.org/10.15446/acag.v67n3.67266

Beltrán, P. M., Rocha, G. Z., Bernal, F. A., & Pita, M. L. (2017a). MICROORGANISMOS FUNCIONALES EN SUELOS CON Y SIN REVEGETALIZACIÓN EN EL MUNICIPIO DE VILLA DE LEYVA, BOYACÁ. *Colombia Forestal*, *20*(2), 159. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a05

Beltrán, P. M., Rocha, G. Z., Bernal, F. A., & Pita, M. L. (2017b). Microorganismos funcionales en suelos con y sin revegetalización en el municipio de Villa de Leyva, Boyacá. *Colombia Forestal*, *20*(2), 158–170. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a05

Bracamonte, J. C. (2018). Sampling protocol for the estimation of bat diversity with mist nets in ecological studies. *Ecología Austral*, *28*(2), 446–454. https://doi.org/10.25260/ea.18.28.2.0.272

Bravo, R. A., López, O. C., Nisperuza, P. C., Quirós, R. J., & Campos, C. N. (2024). Ampliación del ámbito geográfico de isópodos terrestres (Oniscidea) para el Caribe colombiano y primer registro de Nagurus nanus (Trachelipodidae) para Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. https://doi.org/10.18257/raccefyn.2630

Bravo-Rodríguez, A. E., López-Orozco, C. M., Nisperuza-Pérez, C. A., Quirós-Rodríguez, J. A., & Campos-Campos, N. H. (2024). Geographic range extension of terrestrial isopods (Oniscidea) for the Colombian Caribbean and first record of Nagurus nanus (Trachelipodidae) for Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales*, *48*(188), 606–622. https://doi.org/10.18257/raccefyn.2630

Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, *33*(2), 117–124. https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58

Caballero, Ch. V., González, M., Ballina, G., & Alvarado, L. (2025). Diversidad funcional y composición de comunidades de insectos en niveles diferentes de perturbación. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *96*, e965613. https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2025.96.5613

Caballero-Rico, F. C., Saldivar-Alonso, V. P., Ortega-Álvarez, R., & Ramírez-de-León, J. A. (2024). Los monitores comunitarios y su participación en proyectos de investigación: Estudio de caso en tres áreas naturales protegidas de México. *CienciaUAT*, 32–60. https://doi.org/10.29059/cienciauat.v19i1.1896

Cabrera, M. H., Murillo, C. F., Villanueva, J. J., & Adame, G. J. (2019). Oribátidos, colémbolos y hormigas como indicadores de perturbación del suelo en sistemas de producción agrícola. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *6*(17), 231–241. https://doi.org/10.19136/era.a6n17.2011

Castillo-Trejo, E. Y., Flota-Bañuelos, C., Alcudia-Pérez, J., Fraire-Cordero, S., Rosales-Martínez, V., & Quej-Chí, V. H. (2023). Edaphic macrofauna and soil quality in

agricultural and livestock agroecosystems of Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *14*(3), 413–424. https://doi.org/10.29312/remexca.v14i3.3108

Díaz, R. C., Motta, D. Á., & Aranguren, R. N. (2020). Estudio de la diversidad taxonómica y funcional de los macroinvertebrados en un río de montaña Andino. *Revista de Biología Tropical*, *68*(S2), S132–S149. https://doi.org/10.15517/rbt.v68iS2.44345

ESTADO del CONOCIMIENTO sobre la BIODIVERSIDAD DEL SUELO Situación, desafíos y potencialidades Resumen para los formuladores de políticas. (s/f).

Flores, C. K., Pérez, G. M., & Flores, T. C. (2022). Análisis de los sistemas productivos locales: caso provincia de Cotopaxi-Ecuador. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, *54*(212), 79–103. https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2023.212.69922

Flores, T. C., Garitano, Z. A., Álvarez, P. D., Gómez, M. I., Hayes, M., & Salinas, E. (2023). Reto Ciudad Naturaleza, La Paz: una experiencia de observación y registro de la biodiversidad urbana. *Revista Científica*, *48*(3), 82–92. https://doi.org/10.14483/23448350.20998

Flores-Turdera, C., Wallace, R., Garitano-Zavala, Á., Maldonado, C., Jurado, C., Álvarez-Portugal, D., Angulo, W., Ayala, G., Gómez, M. I., Hayes, M., Molina, C., Salinas, E., & Torrico, O. (2023). Reto Ciudad Naturaleza, La Paz: una experiencia de observación y registro de la biodiversidad urbana. *Revista Científica*, *48*(3), 82–92. https://doi.org/10.14483/23448350.20998

Ghaderi, R., Hayden, H. L., Colombi, E., Jayaramaiah, R. H., Hu, H. W., & He, J. Z. (2025). Soil faunal community transfers nutrient cycling functionality and plant-parasitic nematode suppression from different depths of a natural soil to an agricultural soil. *Applied Soil Ecology*, *207*. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2025.105933

Gómez, R. J., & Luna, F. J. (2018). GRUPOS FUNCIONALES MICROBIANOS EN SUELOS CONTAMINADOS CON TOXAFENO EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR, COLOMBIA. *Luna Azul*, (47), 98–113. https://doi.org/10.17151/luaz.2019.47.6

González, B. F., Pérez, N. J., Ayala, M. D., & Velasco, V. J. (2023). Ecointensificación de sistemas agrícolas como potencial de los microorganismos del suelo. Un

metaanálisis. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *14*(8), e3322. https://doi.org/10.29312/remexca.v14i8.3322

Heděnec, P., Jiménez, J. J., Moradi, J., Domene, X., Hackenberger, D., Barot, S., Frossard, A., Oktaba, L., Filser, J., Kindlmann, P., & Frouz, J. (2022). Global distribution of soil fauna functional groups and their estimated litter consumption across biomes. *Scientific Reports*, *12*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-022-21563-z

Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Raúl Blas-Sevillano, ;, & Bello-Amez, S. (s/f). *LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIAS DE SU USO EN LA AGRICULTURA ORGANIC MATTER, IMPORTANCE, EXPERIENCES AND IT ROLE IN AGRICULTURE*.

LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA. (2006). *Idesia (Arica)*, *24*(1). https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009

López, A. S., López, G. G., & Fagilde Espinoza, M. D. C. (2017). Propuesta de un índice de diversidad funcional. Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental. *Bosque*, *38*(3), 457–466. https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300003

Mariana Muñoz-Morales, J., Capilla-Otero, M., Gordillo-Ibarra, X., & Muñoz-Morales, M. (s/f). *El impacto del uso inadecuado de agroquímicos y riego intensivo en la degradación del suelo: del cultivo al yermo*. https://doi.org/10.5281/zenodo.12510276

Montenegro-Gómez, S. P., Nieto-Gómez, L. E., & Giraldo-Díaz, R. (2022). Efecto de prácticas agroecológicas en la conservación del suelo de la Zona de Reserva Campesina de San Isidro, Pradera, Valle del Cauca. *Entramado*, *18*(2). https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.8002

Propiedades Físicas, D., & Biológica Del Suelo En Sistemas De Producción Agrícola, Q. Y. (s/f). *23 COMPORTAMIENTO*. Recuperado https://orcid.org/0000-0003-2403-0135

Rueda, R. M., & Varela, A. (2016). DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, COMPOSICIÓN Y DENSIDAD DE EDAFOFAUNA EN HOJARASCA DE BOSQUE Y CAFETAL

(MONTENEGRO, COLOMBIA). *Acta Biológica Colombiana*, *21*(2), 399–412. https://doi.org/10.15446/abc.v21n2.43814

Ruiz, D. M., & Paolini, GomezJ. (2021). Indicadores biológicos de suelos lacustres y aluviales de Venezuela bajo diferentes usos. Parte 1. Actividad microbiana y coeficientes ecofisiológicos. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, *39*. https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.922

Ruiz-Dager, M., & Paolini, J. (2021). Biological indicators of lacustrine and alluvial soils in Venezuela under different land use. Part 1: Microbial activity and ecophysiological coefficients. *Terra Latinoamericana*, *39*. https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.922

Saavedra, R. L., Hernández, de la R. P., Alvarado, R. D., Martínez, T. T., & Villa, Castillo. , J. (2019). DIVERSIDAD, ESTRUCTURA ARBÓREA E ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA EN UN BOSQUE URBANO DE LA CIUDAD DE MÉXICO. *Polibotánica*, *0*(46). https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.3

Salazar, V. M., Vallejo, C. F., & Salazar, V. F. (2019). Inventarios e índices de diversidad agrícola en fincas campesinas de dos municipios del Valle del Cauca, Colombia. *Entramado*, *15*(2), 264–274. https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.5744

Salazar Villarreal, M. del C., Vallejo Cabrera, F. A., & Salazar Villarreal, F. A. (2019). Inventarios e índices de diversidad agrícola en fincas campesinas de dos municipios del Valle del Cauca, Colombia. *Entramado*, *15*(2), 264–274. https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.5744

Saldivar, A. V., Ortega, A. R., & Ramírez, de L. J. (2024). Los monitores comunitarios y su participación en proyectos de investigación: Estudio de caso en tres áreas naturales protegidas de México. *CienciaUAT*, 32–60. https://doi.org/10.29059/cienciauat.v19i1.1896

Sandler, R. V. (2010). BERLESE-TULLGREN FUNNEL EFFICIENCY FOR SOIL ARTHROPOD EXTRACTION FROM TYPIC ARGIUDOLL SOILS IN BUENOS AIRES PROVINCE (ARGENTINA). En *SUELO (ARGENTINA)* (Vol. 28, Número 1).

Suárez, S. A., & López, H. A. (2020). Taxonomías digitales: fundamentos teóricos y metodología de construcción. *e-Ciencias de la Información*. https://doi.org/10.15517/eci.v10i1.39881

Suárez Sánchez, A., & López Hernández, A. (2020). Taxonomías digitales: fundamentos teóricos y metodología de construcción. *e-Ciencias de la Información*. https://doi.org/10.15517/eci.v10i1.39881