

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**CALIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO EN PLANTACIONES DE *Pinus patula* DE
DIFERENTES EDADES EN EL SECTOR LAS QUIHUILAS, LA LIBERTAD DE
PALLÁN, CELENDÍN**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentada por la Bachiller:

IRIS MADELEININ BUSTAMANTE BRIONES

Asesor:

PhD. MANUEL ROBERTO RONCAL RABANAL

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- Investigador:
IRIS MADELEININ BUSTAMANTE BRIONES
DNI: N° 71596312
Escuela Profesional/Unidad UNC:
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
- Asesor:
PhD. MANUEL ROBERTO RONCAL RABANAL
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
- Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:
CALIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO EN PLANTACIONES DE *Pinus patula* DE DIFERENTES EDADES EN EL SECTOS LAS QUIHUILAS, LA LIBERTAD DE PALLÁN, CELENDÍN
- Fecha de evaluación: 01/07/2024
- Software antiplagio: **TURNITIN** **URKUND (OURIGINAL) (*)**
- Porcentaje de Informe de Similitud: 12 %
- Código Documento: oid:3117:363977262
- Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO **PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO**

Fecha Emisión: 21/01/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 PhD. MANUEL ROBERTO RONCAL RABANAL DNI: 26717244

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Celendín, a los doce días del mes de diciembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el **aula 101** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Sede Celendín, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 392-2024-FCA-UNC, de fecha 27 de agosto del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**CALIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO EN PLANTACIONES DE *Pinus patula* DE DIFERENTES EDADES EN EL SECTOR LAS QUIHUILAS, LA LIBERTAD DE PALLÁN, CELENDÍN**", realizada por la Bachiller **IRIS MADELEININ BUSTAMANTE BRIONES** para optar por el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **CATORCE** horas con **DIEZ** minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD**, con calificativo de **DIECISIETE (17)**; por tanto, la Bachiller queda expedido para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **QUINCE** horas con **DOCE** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.


Ing. M. Cs. **Giovana Ernestina Chávez Horna**
PRESIDENTE


ING° M. Cs. **Edgar Darwin Díaz Mori**
SECRETARIO


Ing. M. Cs. **Adolfo Máximo Lopez Aylas**
VOCAL


Ph.D. **Manuel Roberto Roncal Rabanal**
ASESOR

DEDICATORIA:

A mis padres Fermín y Marilú, fuentes inagotables de amor y comprensión, quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos, y supieron dirigir mi camino con ejemplo y dedicación. Fue su confianza la que me ayudó a salir adelante; mis amados padres, este triunfo es de los tres.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por la vida y la salud, por darme su fortaleza y sabiduría, porque bajo su protección todo proyecto es posible.

A mis padres Fermín Bustamante y Marilú Briones, a mi hermano Javán y la pequeña de la familia Sami por la motivación a seguir adelante por su amor y apoyo incondicional durante mi formación profesional, ustedes son mi inspiración. A toda mi familia, por el apoyo incondicional.

A mi asesor PhD. Ing. Manuel Roberto Roncal Rabanal, agradezco sinceramente su valioso asesoramiento y orientación proporcionados, así como por el tiempo generosamente dedicado a la revisión y finalización de este trabajo.

Al Blgo. Jorge Alberto Emiliano Velasco Martínez, por haber dedicado su tiempo a la identificación taxonómica de las muestras de microartrópodos.

A todos los docentes de mi alma máter, por los conocimientos brindados para desarrollarme como una buena profesional y al personal administrativo por todo el apoyo que recibí.

A mis amigas del alma Lili, Vanesa, Estelita, y a todas mis amigas y amigos por sus consejos y motivación para no rendirme porque todo sacrificio trae su recompensa.

Al profesor Cesar Rojas Abanto y a todos los dueños de las parcelas de Pino del Sector las Quihuilas por permitirme desarrollar este trabajo dentro de sus terrenos.

A todas las personas que he conocido a lo largo de mi vida y de alguna manera influyeron para llegar hasta este momento.

Un millón de gracias...

ÍNDICE DE CONTENIDO

Ítem	Página
DEDICATORIA:	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Antecedentes de la investigación.....	3
2.2. Bases teóricas	6
2.2.1. <i>El suelo como hábitat</i>	6
2.2.2. <i>Importancia del suelo y los organismos que forman parte de él</i>	7
2.2.3. <i>Importancia de la mesofauna como indicador de calidad del suelo</i>	8
2.2.4. <i>Amenazas a la biodiversidad del suelo</i>	21
2.2.5. <i>QBS-ar: índice de calidad biológica del suelo basada en artrópodos</i>	22

2.2.6.	<i>Plantaciones forestales</i>	27
2.3.	Definición de términos básicos	30
2.3.1.	<i>Calidad biológica del suelo</i>	30
2.3.2.	<i>Mesofauna edáfica</i>	30
2.3.3.	<i>Pinus patula</i>	30
2.3.4.	<i>Individuo</i>	31
CAPÍTULO III		32
MATERIALES Y MÉTODOS		32
3.1.	Ubicación	32
3.6.	Materiales	34
3.6.1.	<i>Materiales y equipos de campo</i>	34
3.6.2.	<i>Materiales y equipos de laboratorio</i>	35
3.7.	Metodología	35
3.7.1.	<i>Fase de campo</i>	35
3.7.2.	<i>Fase de Gabinete</i>	38
3.7.3.	<i>Técnicas de procesamiento y análisis de datos</i>	40
CAPÍTULO IV		42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		42
4.1.	Composición y diversidad de fauna del suelo en <i>P. patula</i> de diferentes edades	42

4.2. Calidad biológica del suelo en <i>P. patula</i> de diferentes edades en dos temporadas aplicando el índice QBS-ar	43
4.2.1. <i>Prueba post hoc Tukey y ANOVA de dos vías para los valores QBS-ar</i>	46
4.2.2. <i>Relación entre los valores QBS-ar y los grupos ecomorfológicos</i>	48
4.2.3. <i>PERMANOVA del QBS-ar y los grupos ecomorfológicos para las edades de P. patula</i>	51
4.2.4. <i>Análisis SIMPER</i>	52
4.2.5. <i>Análisis de Componentes principales</i>	54
4.3. Calidad biológica del suelo a través de los índices de biodiversidad	58
4.3.1 <i>Índice de Shannon – Wiener</i>	58
4.3.2. <i>Índice de Simpson</i>	59
4.3.3. <i>Índice de Margalef</i>	60
4.3.4. <i>Coefficiente de similitud de Jaccard (Análisis de Clúster)</i>	62
CAPÍTULO V	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.2. Conclusiones	63
5.2. Recomendaciones	65
CAPÍTULO VI	66
REFERENCIAS	66
CAPÍTULO VII	86

ANEXOS	86
ANEXO 1. Tablas de datos con valores QBS-ar.....	86
ANEXO 2. Panel Fotográfico	115
ANEXO 3. Grupos ecomorfológicos identificados.....	120
ANEXO 4. Guía para el reconocimiento de los principales grupos taxonómicos	131
ANEXO 5. Constancia de identificación de muestras	136

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Página
Tabla 1 <i>Índice Ecomorfológico (EMI)</i>	23
Tabla 2 <i>Tipos de suelo en base al QBS-ar máximo</i>	26
Tabla 3 <i>Valores QBS-ar en diferentes tipos de uso de suelo</i>	27
Tabla 4 <i>Coordenadas de los puntos de muestreo</i>	37
Tabla 5 <i>Valores QBS-ar promedio en temporada seca y temporada húmeda</i>	43
Tabla 6 <i>Prueba post hoc Tukey con valores QBS-ar para las edades de P. patula</i>	46
Tabla 7 <i>PERMANOVA del QBS-ar y los grupos ecomorfológicos para las edades de P. patula</i>	51
Tabla 8 <i>Índice de diversidad de especies Shannon - Wiener en las edades de plantaciones a diferentes temporadas</i>	59
Tabla 9 <i>Índice de Simpson en las edades de plantaciones a diferentes temporadas</i>	60
Tabla 10 <i>Índice de diversidad de Margalef en las edades de plantaciones a diferentes temporadas</i>	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Página
Fig. 1 <i>Atribución de clases de calidad del suelo sobre la base del índice QBS-ar</i>	25
Fig. 2 <i>Mapa de localización y ubicación del área de estudio</i>	34
Fig. 3. <i>Gráfico de valores QBS-ar promedio y número de grupos ecomorfológicos presentes</i> ...	44
Fig. 4 <i>ANOVA de dos vías para la temporada (seca y húmeda) entre los valores de QBS-ar y las muestras evaluadas</i>	47
Fig. 5 <i>Relación entre valores promedio de QBS-ar y número de grupos ecomorfológicos</i>	50
Fig. 6 <i>Relación entre los valores promedio de QBS-ar y número de grupos ecomorfológicos en ambas temporadas: (a) temporada seca, (b) temporada húmeda</i>	50
Fig. 7 <i>Análisis de disimilitud entre los grupos ecomorfológicos y edades de P. patula</i>	52
Fig. 8 <i>Análisis de disimilitud entre grupos ecomorfológicos para temporada seca y húmeda.</i> ...	53
Fig. 9 <i>Representación de los componentes principales</i>	54
Fig. 10 <i>Relación entre el PC1 y los valores QBS-ar</i>	55
Fig. 11 <i>Análisis de componentes principales con grupos EMI</i>	56
Fig. 12 <i>Grupos ecomorfológicos que influyen en el PC1</i>	57
Fig. 13 <i>Grupos ecomorfológicos que influyen en el PC2</i>	58
Fig. 14 <i>Índice de Cluster (mediante el coeficiente de Jaccard)</i>	62

RESUMEN

El uso intensivo de plantaciones exóticas, como el *Pinus patula*, logran alterar significativamente la biota del suelo, afectando su biodiversidad y la abundancia de especies. Estas alteraciones pueden tener consecuencias a largo plazo sobre la salud y fertilidad del suelo, repercutiendo en los ecosistemas locales. Por ello, este estudio tiene como objetivo determinar la calidad biológica del suelo en plantaciones de *Pinus patula* de diferentes edades en el sector las Quihuilas, distrito La Libertad de Pallán. El muestreo se realizó entre los meses de octubre-noviembre de 2022 y febrero-marzo de 2023, usando el método de Berlese-Tullgren para la extracción de mesofauna y el índice biológico QBS-ar para determinar la calidad biológica del suelo. Los resultados mostraron que las áreas testigo y las plantaciones de 1 año obtuvieron una calidad de suelo aceptable (valores QBS-ar de 180 y 153 respectivamente), en las plantaciones de 5, 8 y 10 años se obtuvo una calidad de suelo baja (valores de 100, 88 y 61 respectivamente). En cuanto a los índices de Shannon Wiener, Simpson, Margalef y Jaccard, las muestras de 10 años presentan la diversidad más baja. En conclusión, la calidad biológica del suelo más baja se encontró en las plantaciones de *Pinus patula* de 10 años en comparación con el área testigo y las plantaciones de 1 año, concordando con los índices de diversidad donde el área testigo fue la que presentó una comunidad más homogénea, mostrando que las edades de *Pinus patula* influye de manera significativa en la calidad biológica del suelo.

Palabras clave: Calidad biológica del suelo, QBS-ar, microartrópodos, *Pinus patula*.

ABSTRACT

The intensive use of exotic plantations, such as *Pinus patula*, can significantly alter the soil biota, affecting its biodiversity and species abundance. These alterations can have long-term consequences on soil health and fertility, impacting local ecosystems. Therefore, this study aims to determine the biological quality of the soil in *Pinus patula* plantations of different ages in the sector of Las Quihuilas, La Libertad de Pallán district. Sampling was conducted between October-November 2022 and February-March 2023, using the Berlese-Tullgren method for mesofauna extraction and the QBS-ar biological index to determine soil biological quality. The results showed that the control areas and 1-year-old plantations had acceptable soil quality (QBS-ar values of 180 and 153, respectively). In the 5, 8, and 10-year-old plantations, a low soil quality was observed (values of 100, 88, and 61, respectively). Regarding the Shannon-Wiener, Simpson, Margalef, and Jaccard indices, the 10-year-old samples showed the lowest diversity. In conclusion, the lowest biological soil quality was found in the 10-year-old *Pinus patula* plantations compared to the control area and 1-year-old plantations, aligning with the diversity indices where the control area showed a more homogeneous community, indicating that the age of *Pinus patula* significantly influences the biological quality of the soil.

Keywords: Soil biological quality, QBS-ar, microarthropods, *Pinus patula*.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La calidad biológica del suelo es un factor crucial para el desarrollo sostenible de los ecosistemas forestales, especialmente en plantaciones comerciales de especies como *Pinus patula*. Esta especie de pino, desempeña un papel importante en la economía, la conservación del medio ambiente y el desarrollo rural, y se establecen con diversos fines, como la producción de madera, la conservación de suelos, la protección de cuencas hidrográficas y la generación de empleo. Sin embargo, pueden tener efectos negativos como la acidificación, la disminución de nutrientes, la compactación y la reducción de la actividad y diversidad biológica (González et al., 2015; Rodríguez Carrillo y Santillana, 2021).

La evaluación de la calidad del suelo es, en este contexto, un indicador apropiado para determinar la salud y el funcionamiento de los ecosistemas, ya que refleja la actividad y diversidad de los organismos que participan en procesos biogeoquímicos vitales (Doran y Zeiss, 2000). Sin embargo, la expansión de las plantaciones forestales, en particular de *Pinus patula*, ha afectado la calidad y biodiversidad del suelo debido a modificaciones en sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Berthrong et al., 2009). En el sector de Las Quihuilas, se han establecido plantaciones de *Pinus patula* en distintas etapas de desarrollo, generando variaciones en el

manejo del suelo y las condiciones de crecimiento de los árboles. Sin embargo, aún existe poca investigación a nivel nacional y local sobre los efectos específicos de estas plantaciones en la calidad biológica del suelo, lo cual subraya la necesidad de un estudio sobre el tema.

En tal sentido la presente investigación tuvo como objetivo principal determinar de la calidad biológica del suelo en las plantaciones de *Pinus patula* de diferentes edades en el sector Las Quihuilas, distrito La Libertad de Pallán, Celendín, y como objetivos específicos, determinar la composición de la mesofauna existente en las plantaciones de *Pinus patula*, determinar la calidad biológica del suelo en *Pinus patula* de diferentes edades mediante el índice QBS-ar y los índices de diversidad.

Este análisis también ofrece información indispensable para una gestión adecuada, permitiendo tomar decisiones que promuevan la resiliencia del suelo y la sostenibilidad a largo plazo de las plantaciones, al mismo tiempo que se mitigan los impactos negativos y se conservan los ecosistemas naturales.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación

Hernández Tirado et al. (2022), investigó la diversidad y abundancia de artrópodos edáficos en cinco tipos de uso de suelo: bosque de pino-encino conservado, bosque de pino-encino degradado, agrícola, erosión y mina, en relación con las características físico-químicas y su potencial como bioindicadores, utilizando el método QBS-ar; en la región de la Sierra Nevada, México. Los resultados mostraron una confirmación positiva y significativa entre la abundancia de microartrópodos edáficos y los porcentajes de humedad y materia orgánica del suelo. Se identificaron grupos de bioindicadores, hiperparasitoides y depredadores en sitios más conservados en comparación con aquellos que presentan mayor degradación. El área de bosque de pino encino conservado presentó los valores más altos del índice QBS-ar. Se identificaron tres zonas (bosque de pino encino conservado, minería y erosión) que tienen potencial para ser utilizados en programas de manejo y estrategias de conservación y rehabilitación en áreas de minería pétreo, basados en la aptitud de los microartrópodos edáficos para ser utilizados como bioindicadores.

FAO Bolivia (2021), en estudios realizados en suelos de Bosques amazónicos, especialmente en tres comunidades rurales asociadas a la producción de castaña amazónica

(*Bertholletia excelsa*) en época de transición (final de época de lluvia), recolectaron 15 mil individuos pertenecientes a diferentes grupos de microartrópodos a través del uso de extractores de Winkler y embudos Berlese. Los resultados muestran valores del índice QSB-ar altos en suelos de bosque primario poco alterados frente a valores menores de dicho índice en suelos colindantes que son muy alterados por acción antrópica. Además, existen diferencias cuantitativas entre valores del índice según se use extractores de Winkler (valores más altos) o embudos de Berlese (valores más bajos). En conclusión, se determinó que, aunque se conoce muy poco de la biología de la mesofauna sudamericana, el índice QSB-ar podría ser una alternativa de bajo costo para evaluación y monitoreo de la calidad biológica de suelos en Sudamérica, implementada con relativa velocidad.

Galli et al. (2021), investigó cuatro hábitats: bosque nativo primario (OG), bosque nativo de crecimiento secundario después de incendios (SG), bosque de pino de reforestación (PI) y pastizal antropogénico (PR) durante octubre y diciembre de 2017, se recolectaron cinco muestras de suelo en cada hábitat. Para evaluar los valores de QBS-ar y las clases de calidad relacionadas, los microartrópodos extraídos mediante embudos de Berlese-Tullgren fueron contados, identificados a nivel de orden y evaluados con base en su adaptación morfológica a la vida en el suelo. Los resultados mostraron que los suelos del primer par de hábitats se caracterizaron por valores de QBS-ar de $129,1 \pm 20,2$ y $111,8 \pm 6,4$, respectivamente, ambos correspondientes a la clase de calidad 6. Por el contrario, PI y PR obtuvieron valores de QBS-ar de $83 \pm 13,5$ y $80,3 \pm 10,8$, respectivamente, y las clases de calidad oscilaron entre 3 y 4. Las conclusiones del estudio indican que el índice QBS-ar es una herramienta útil para la evaluación de la calidad biológica del suelo en Chile y Sudamérica en general.

Merino Rodriguez (2021), investigó las propiedades físicas, químicas e indicadores biológicos en tres sistemas con plantaciones de *Pinus patula* “pino”, *Calycophyllum spruceanum* Benth. “capirona” y *Eucaliptus globolus* “eucalipto”. Los indicadores físicos presentaron textura franca a franco arcilloso, densidad aparente típica y resistente a la penetración de alto a adecuado, temperatura en promedio 27.3°C. Los indicadores químicos presentaron pH de fuerte a ligeramente ácido y niveles bajos en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. Se identificaron 11 órdenes taxonómicos de la macrofauna del suelo, en las plantaciones *Pinus patula* (9), *Calycophyllum spruceanum* Benth. (7) y en *Eucaliptus globolus* (8) órdenes; Isóptera fue más predominante seguido por Haplotaxida y Dictióptera; según el índice de Shannon – Wiener, encontró que existe cierta uniformidad en abundancia de especies de macrofauna evaluadas a los 10 cm de profundidad del suelo y a los 20 cm la uniformidad es alta obteniéndose valores cerca de 1.

Menta et al. (2018), describe un estudio sobre la biodiversidad de los microartrópodos del suelo en diferentes tipos de suelos: naturales, seminaturales y cultivados. Se extrajo el índice QBS-ar para evaluar la calidad biológica del suelo en cada uno de los tres tipos de suelos. Los resultados mostraron que los valores QBS-ar están asociados al grado de naturalidad de los sitios evaluados. Además, se encontró que la biodiversidad de microartrópodos del suelo era mayor en suelos con una mayor diversidad de plantas.

León-Gamboa et al. (2010), evaluaron el efecto de las plantaciones de pino sobre los artrópodos edáficos (insectos y otros animales pequeños que habitan en el suelo) de un bosque altoandino en Ecuador. Se compararon tres tipos de suelos: bosque primario, bosque secundario y plantación de pino. Se encontró que la abundancia de artrópodos fue significativamente mayor en los bosques primarios y secundarios que en la plantación de pino. Además, se identificaron

diferencias en la composición de especies entre los tres tipos de suelos. Estos resultados sugieren que la plantación de pino puede afectar negativamente la biodiversidad de los artrópodos edáficos en el bosque altoandino.

Rionda et al. (s.f.), analizó los microartrópodos recolectados durante tres años en 6 lotes de la localidad de Luján (Argentina) con uso ganadero y agrícola intensivo y en lotes de pastizal naturalizado. Además, analizó la variación temporal del índice en cada lote y comparó los valores del QBS-ar entre usos (ANOVA no paramétrico). Los resultados mostraron que los valores de QBS-ar son significativamente menores en lotes perturbados (entre 32.4 y 35 puntos) en comparación con los valores del pastizal naturalizado (mayores a 43 puntos). El análisis temporal del índice nos muestra que no hay variaciones significativas en ninguno de los tres usos analizados. También se registra una menor densidad, diversidad y riqueza de microartrópodos. En conclusión, el índice QBS-ar les permitió discriminar entre diferentes comunidades que habitan suelos perturbados frente a comunidades que habitan en suelos con escasa perturbación (pastizales), incluso allí donde otros parámetros ecológicos como la densidad de microartrópodos, la riqueza de órdenes o la diversidad de Shannon no lo logran.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *El suelo como hábitat*

El suelo es un sistema muy diverso y en constante cambio, que presenta una gran heterogeneidad y dinamismo debido a que en su interior se encuentran espacios porosos que contienen aire y agua, así como una gran variedad de organismos de diferentes tamaños, formas y hábitats. La textura y estructura del suelo cumplen un rol fundamental porque proveen de distintos hábitats para las raíces de plantas y los organismos que viven en el suelo (Jeffery et al., 2010, p. 10).

FAO (2015), hizo referencia a que el suelo es un ecosistema extremadamente complejo y que alberga diversos organismos que interactúan entre sí y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida. A pesar de que el suelo tiene la mayor concentración de especies en la naturaleza, esta biodiversidad es en gran parte invisible al ojo humano debido a que se encuentra bajo tierra (pp. 1).

2.2.2. Importancia del suelo y los organismos que forman parte de él

El suelo es un recurso fundamental para la vida en la tierra, ya que es el soporte para la producción de alimentos, la regulación del ciclo del agua, la protección contra inundaciones y sequías, la conservación de la biodiversidad, la mitigación del cambio climático y el suministro de recursos como la madera, los minerales y los combustibles fósiles. Además, el suelo es un reservorio de carbono y una fuente importante de biodiversidad, que incluye microorganismos, plantas, animales y otros organismos vivos. La salud y la biodiversidad del suelo son esenciales para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que proporcionan y para la sostenibilidad de la vida en el planeta (FAO, 2020).

La mayoría de los seres vivos que habitan el suelo abarcan una amplia variedad de organismos, como nematodos, ácaros, cólembolos, lombrices de tierra; además, un gran número de especies de macrofauna (principalmente artrópodos como escarabajos, arañas, diplópodos y quilópodos, así como caracoles) viven en las capas superiores del suelo, la superficie del suelo y la capa de hojarasca. Existen también seres vivos como larvas de escarabajos, moscas y mariposas, que utilizan el suelo como un lugar temporal para reproducirse o pasar su primera etapa de vida, alimentándose de distintos materiales vegetales tanto vivos como muertos, hasta que alcanzan la madurez (Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016; Parisi y Menta, 2008).

De hecho, las funciones realizadas por los organismos del suelo pueden tener un impacto a escala global, como el almacenamiento o la liberación de carbono, lo que puede afectar el clima global. Además, tienen un papel fundamental en el ciclo de los nutrientes, la regulación de la materia orgánica, así como en la modificación de la estructura y régimen del agua del suelo. Su actividad también mejora la adquisición de nutrientes de la vegetación y la salud de las plantas (FAO, 2020; Jeffery et al., 2010; Orgiazzi et al., 2016; Wolters, 2001).

2.2.3. *Importancia de la mesofauna como indicador de calidad del suelo*

La mesofauna del suelo se compone de organismos pequeños de respiración aérea, generalmente con un tamaño que varía entre 0,1 y 2,0 mm, forman parte de esta los enquitreidos (Annelida: Oligochaeta) y los microartrópodos como los ácaros (Acarina), colémbolos (Collembola), proturos (Protura), dipluros (Diplura), simpílicos (Symphyla) y paurópodos (Paurópoda). Estos organismos alcanzan su mayor diversidad y abundancia en donde hay una mayor calidad y cantidad de materia orgánica (Fragoso *et al.*, 2001; Cabrera y Crespo, 2001 y Palacios y Mejía, 2007). La presencia/ausencia de los organismos más adaptados se convierte por tanto en un buen indicador del nivel de perturbación del suelo, siendo muy sensible tanto a las alteraciones naturales, antrópicas y al equilibrio químico-físico de este ambiente (Pennesi, 2012, pp. 15).

La mesofauna tiene el papel de micro ingenieros en el ecosistema (Socarrás Rivero y Robaina, 2011, p. 6), su rol ecológico comprende la fragmentación fisicoquímica de los horizontes superficiales del suelo (Battigelli, 2000; Cassagne et al., 2006; Petersen, 2002), ayuda de manera efectiva a mejorar la aireación, la porosidad, la infiltración de agua (Socarrás Rivero y Robaina, 2011, p. 6), el suministro de nutrientes en todo el perfil del suelo, la transformación de la materia orgánica aumentando el área de acción de los microorganismos descomponedores

mediante la fragmentación de los residuos vegetales, se encargan del proceso de mineralización del fósforo y el nitrógeno que son componentes esenciales del suelo (Chocobar Guerra, 2010; García Álvarez y Bello, 2004; Seastedt y Crossley, 1980). Además, los organismos de la mesofauna desempeñan un papel directo en las redes tróficas, algunos de ellos son detritívoros como los oribátidos, los cólembolos y los uropodinos. Otros grupos, como los depredadores, herbívoros y fungívoros, tienen la tarea de mantener el equilibrio de las poblaciones y del medio edáfico en general ya que son los principales reguladores de las poblaciones de hongos y bacterias, y el transporte de esporas (Battigelli, 2000; Cassagne et al., 2006; Petersen, 2002; Socarrás Rivero y Robaina, 2011; Tome Reyna et al., 2015).

Los diferentes grupos de mesofauna y macrofauna, como cólembolos, lombrices de tierra y ácaros, se han utilizado como indicadores de la biodiversidad subterránea en programas de seguimiento y como indicadores ecológicos para evaluar los efectos de los factores de estrés, como los cambios en el uso del suelo o las prácticas de manejo del mismo debido a que son altamente sensibles al cambio climático y a las perturbaciones antrópicas que difieren el medio edáfico, lo que producen variaciones en su densidad y diversidad, así como la pérdida de especies (Jeffery et al., 2010, Usher et al. 2006, Mahdi et al. 2017,). No obstante, diversos estudios se han centrado en la mesofauna del suelo, en particular en los microartrópodos, y han informado que la biodiversidad más significativa se encuentra en ambientes forestales con suelos maduros (Blasi et al., 2013; Fiordigigli, 2009; Menta et al., 2011) en comparación con áreas menos conservadas.

2.2.2.3. Principales grupos de mesofauna.

Acari (ácaros). Pertenecientes al Phylum Artropoda, Subphylum Chelicerata, Clase Aracnoidea, orden Acari, suborden Ixodoidea, es uno de los grupos de microartrópodos más

abundantes en los ecosistemas del suelo en cuanto a riqueza específica, como en su abundancia poblacional, son de tamaño reducido, oscilando entre los 80 μm a los 2 mm y sus cuerpos son de diferentes formas, periforme, globular, discoidal, rectangular o vermiforme (Alvarez Calderón et al., 2005; FAO, 2020; Orgiazzi et al., 2016)

Los ácaros de vida independientes tienen su hábitat en diversos ambientes, incluyendo acuáticos, terrestres y cavernícolas. En los terrestres, existen especies que prefieren vivir en lugares con humedad como el suelo, la hojarasca, el musgo, y el humus donde alcanzan su mayor abundancia y diversidad, ya que es en estos medios donde se encuentra una mayor cantidad de materia orgánica en proceso de producción y presentan los niveles adecuados de temperatura y humedad, factores abióticos que son esenciales para su supervivencia y desarrollo. Dentro de la clase Acari podemos distinguir cuatro órdenes que habitan en el suelo (Fiordigigli, 2009; Lisa, 2012; Palacios Vargas y Mejía Recamier, 2007):

- **Cryptostigmata (oribátida).** Organismos globulares con un exoesqueleto de color marrón oscuro (Lisa, 2012, p. 143). Estos ácaros desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica, colaborando con la microflora para fragmentar restos de animales y plantas, facilitando su descomposición y haciéndolos más accesibles a los microorganismos. Son sensibles a factores como el contenido de materia orgánica, la humedad, el pH, las prácticas agrícolas y el uso de insecticidas. Las características morfológicas de cada especie determinan su resistencia a los cambios ambientales, permitiendo que algunas especies soporten condiciones adversas, tanto naturales como antropogénicas, y prosperen en bosques bien conservados (Tome Reyna et al., 2015).
- **Mesostigmata.** Este grupo incluye dos grandes familias: los uropodinos y los gamasinos. Los uropodinos, de la familia Uropodidae, son ácaros saprófagos con forma elíptica y

cuerpo aplanado, que presentan escudos de colores entre amarillo y marrón en la espalda. Desempeñan roles alimentarios diversos, como depredadores, detritívoros, fungívoros y parásitos de vida libre. Aunque son exigentes con la calidad del hábitat y poco comunes en el suelo, prefieren ambientes ricos en materia orgánica, como áreas de compostaje y troncos en deterioro. Son humícolas y responden positivamente a la buena aireación del suelo. Al igual que los oribátidos, son indicadores de suelos altamente productivos, y su estudio es un criterio preciso para determinar la salud del suelo. (García Álvarez y Bello, 2004; Lisa, 2012; Socarrás, 2013).

Los gamasinos son ácaros que se alimentan de otros organismos edáficos, como nemátodos y microartrópodos, y ayudan a controlar sus poblaciones. Según Chocobar (2010), son sensibles a cambios en precipitaciones y humedad del suelo, así como a perturbaciones del suelo debido a su cuerpo frágil, siendo buenos indicadores de la calidad del suelo y abundantes en suelos menos perturbados (pp. 29).

- **Astigmata.** Tienen un cuerpo generalmente blanco cubierto de cerdas largas y se alimentan de desechos, algas y otros microorganismos, clasificándose como fungívoros. Son buenos indicadores de suelos perturbados porque pueden sobrevivir en condiciones ambientales desfavorables (Pastor, 1991; Lisa, 2012).
- **Prostigmata.** Presentan una amplia variedad de formas y colores (amarillo, rojo, verde, marrón, beige) debido a una mayor radiación adaptativa, lo que les permite adaptarse a diferentes ambientes. Habitan suelos pobres en nutrientes, carbonato de calcio, materia orgánica y humedad. La mayoría son depredadores, de pequeño tamaño y estructura frágil, sensibles a las fluctuaciones hídricas del sustrato. Son más abundantes en áreas perturbadas

y tienen un alto potencial reproductivo, adaptándose rápidamente en ausencia de depredadores y competidores (Lisa, 2012; Socarrás, 2013).

Collembola (cólembolos o colas de resorte) pertenecen a la clase Entognatha del phylum Arthropoda son hexápodos pequeños (0,12-17 mm), sin alas, con cabezas entognatas y piezas bucales que pueden masticar, perforar o chupar, generalmente sin tráqueas. Tienen antenas con cuatro artejos y ojos formados por ocelos o ausentes. El tórax tiene tres segmentos con patas y el abdomen seis segmentos, donde el primero presenta el tubo ventral, que regula el equilibrio de líquidos y adherencia a superficies, y el cuarto la furca, usada para saltar y puede variar en tamaño dependiendo de la especie y el entorno en el que viven (FAO, 2020; Fiordigigli, 2009; Lisa, 2012; Orgiazzi et al., 2016; Palacios Vargas y Mejía Recamier, 2007).

La forma de su cuerpo y pigmentación varía en los diferentes grupos (Palacios Vargas y Mejía Recamier, 2007) pero el más común es el azul (Fiordigigli, 2009), puede variar dependiendo del ambiente en que se encuentre el organismo. Existen cuatro formas de vida ecomorfológicas según sus nichos tróficos:

1. **Atmobiótica:** Habitan en plantas, troncos y hojarasca, son grandes, pigmentados, con furca y ojos bien desarrollados.
2. **Epedáfica:** Viven en capas superiores de hojarasca o troncos caídos, son de tamaño mediano o grande, con furca desarrollada, pero patas y antenas más pequeñas.
3. **Hemiedáfica:** Habitan en hojarasca descompuesta o madera podrida, son de tamaño mediano o pequeño, con menor pigmentación y menos ocelos.
4. **Euedáfica:** Sin pigmentos y ciegos, viven en capas minerales superiores del suelo, con cuerpo alargado y furca reducida o ausente. (FAO, 2020, p. 56).

Su distribución está influenciada por la vegetación, microflora, humedad, y la estructura y porosidad del suelo. No pueden excavar, por lo que los cólembolos más grandes se encuentran en áreas con más hojarasca y cavidades más grandes, mientras que los más pequeños viven más profundamente en el suelo (Fiordigigli, 2009; Lisa, 2012).

Según (Cassagne et al., 2006), desempeñan un papel crucial en el reciclaje de materia orgánica y descomposición de materia vegetal, lo que favorece el crecimiento de la microflora y la formación de humus, beneficiando las raíces y liberando nutrientes en el suelo. Pueden indicar el pH y la humedad del suelo y son útiles para estudiar la evolución de los ecosistemas y la diferenciación de tipos de bosques según su nivel de perturbación (Chocobar Guerra, 2010; Fiordigigli, 2009; Lisa, 2012).

Psocópteros. Este orden incluye aproximadamente 1000 especies, algunas con alas y otras sin ellas, con tamaños que varían entre 1 y 4 mm, aunque algunas pueden alcanzar los 8 mm. Tienen un exoesqueleto delgado que puede ser de colores llamativos o apagados. La cabeza es grande y móvil, con ojos compuestos y antenas largas y filiformes, y poseen piezas bucales masticadoras. El tórax presenta un protórax reducido en comparación con el meso y metatórax, que pueden estar fusionados. Habitan en una variedad de ambientes, como hojarasca, árboles, suelo bajo piedras, invernaderos y hogares. Su dieta incluye desechos secos o descompuestos, materia vegetal y animal, hongos, algas y líquenes (Fiordigigli, 2009; Lisa, 2012).

Los psocópteros son insectos que se destacan por ser los primeros en recolonizar áreas que han sido alteradas o perturbadas, lo que los convierte en un indicador del proceso de recuperación del suelo. Este grupo de insectos es más común en condiciones de sequía, y según Hansen y Coleman (1998), son más numerosos en áreas sin cobertura vegetal.

Proturi. Este grupo está compuesto por aproximadamente 150 especies, que se caracterizan por ser extremadamente pequeñas, midiendo entre 0,5 y 2 mm de longitud. Son blanquecinas casi transparentes y únicas por carecer de antenas. Su cabeza es en forma de cono y tienen piezas bucales adaptadas para chupar, sin ojos ni alas. El cuerpo es puntiagudo, y el abdomen del adulto tiene doce segmentos, mientras que las larvas comienzan con nueve y aumentan con cada muda (Fiordigigli, 2009; Lisa, 2012)

Los proturi son comunes en bosques y praderas (Lisa, 2012, p. 152) y tienen una ecología similar a los cólembolos, habitando en estratos profundos y no siendo afectados por alteraciones en las capas superiores (Socarrás, 2013, p. 7). Sin embargo, otros estudios indican que prefieren las capas superficiales (10 a 20 cm) de suelos húmedos, ricos en materia orgánica y no demasiado ácidos (Lisa, 2012; Palacios Vargas y García-Gómez, 2014).

Dipluri. Estos pequeños organismos tienen un cuerpo alargado, poco pigmentado (blanquecino o casi transparente) y levemente endurecido, midiendo entre 0,6 y 50 mm (Palacios Vargas y García-Gómez, 2014). Existen alrededor de 500 especies en tres familias: Campodeidae, Japygidae y Projapygidae, esta última con una distribución limitada a ambientes tropicales y subtropicales. Carecen de ojos y tienen antenas en forma de cuentas. El abdomen tiene once segmentos, con un par de cerci en el último, que varían según la especie (flagelados o en forma de alicate). La larva es casi idéntica al adulto (Lisa, 2012, pp. 152).

Los diplura viven en casi completa oscuridad (Palacios y Mejía, 2007, pp. 18–19), prefiriendo suelos estables y húmedos, especialmente a 10-20 cm de profundidad, aunque también se encuentran debajo de troncos en descomposición, piedras y hojarasca mojada (Lisa, 2012; Palacios y Mejía, 2007). Se mueven rápidamente cuando son perturbados. Se alimentan de

detritos y requieren humedad constante; algunos son depredadores de larvas de cólembolos, pequeños artrópodos y dípteros (De la Fuente, 1994; Fiordigigli, 2009; Lisa, 2012)

Embióptera. Este grupo de insectos comprende alrededor de 200 especies y varían en tamaño desde pequeños hasta medianos. Tienen una cabeza grande y móvil con ojos pequeños desarrollados. El tórax se divide en tres partes: el protórax, que es más pequeño que el mesotórax y el metatórax, que son del mismo tamaño. Un rasgo distintivo es que sus patas son desiguales, con el primer par teniendo un tarso agrandado con una glándula de seda. El abdomen tiene once segmentos y termina en un par de cercos multiarticulados. Las hembras son ápteras, mientras que los machos pueden tener cuatro alas membranosas e idénticas. Son principalmente fitófagos, aunque algunos autores sugieren que los machos también pueden ser depredadores. Los embiópteros viven debajo de piedras, en la corteza de los árboles y son comunes en suelos arenosos (Lisa, 2012, pp. 152–153).

Tisanóptera. Estos organismos miden entre 0,5 y 2 mm y tienen un cuerpo estrecho, alargado y aplanado. Su color varía entre negro, amarillo o marrón oscuro y poseen un exoesqueleto fuerte. Algunas especies tienen alas largas y delgadas con franjas de cerdas al final. La cabeza es grande y móvil, con ojos grandes y sobresalientes y antenas pequeñas de diversas formas. Las patas delanteras son cortas y robustas, mientras que las traseras son más largas, y en algunos machos el primer par de patas tiene un órgano stridulator (Fiordigigli, 2009; Lisa, 2012).

La mayoría de las especies son herbívoras, aunque algunas también se alimentan de insectos y ácaros. Aunque raramente causan lesiones a humanos, son consideradas plagas porque su alimentación puede dañar plantas cultivadas, y su puesta de huevos dentro de tejidos vegetales puede facilitar infecciones bacterianas y fúngicas o transmitir virus (Fiordigigli, 2009; Lisa, 2012).

Hemíptera. Este grupo comprende aproximadamente 80.000 especies. Varían en tamaño y la forma de la cabeza, la cual puede ser poco móvil o completamente inmóvil. Tienen ojos bien desarrollados y antenas que pueden ser cortas o largas, y sus piezas bucales son del tipo picador-succionador. Cuentan con dos pares de alas. (Fiordigigli, 2009 y Lisa, 2012).

Lisa (2012), indica que los Hemípteros tienen una alimentación basada en la extracción de la savia de las plantas, fluidos corporales de otros insectos o de otros invertebrados, y también tienen una tendencia gregaria o social en su comportamiento (pp. 155).

Larvas de hemípteros. Las ninfas de cigarra (Hemíptera) son muy populares, quizás debido a su larga vida bajo tierra y su gran tamaño. Estas ninfas se alimentan de la savia de las raíces a través de la succión y pueden permanecer en el suelo durante un período de hasta 17 años. La emergencia de más de 300 ninfas de cigarra periódicas por metro cuadrado ha dado lugar al registro de la biomasa más alta de cualquier animal terrestre, llegando hasta los 4000 kilos por hectárea (Orgiazzi et al., 2016, p. 60).

Hymenóptera. Las hormigas, abejas y avispas pertenecen a este orden, el cual es muy diverso y consta de aproximadamente 100.000 especies con variadas morfologías. Estos insectos suelen tener una cabeza muy móvil que descansa sobre un cuello delgado. La región torácica y las tres parejas de patas suelen ser robustas, y el abdomen puede estar soldado al tórax o conectado mediante un pedúnculo. En los Hymenóptera alados, las alas son generalmente membranosas, y algunos grupos poseen un aguijón con una glándula venenosa (Lisa, 2012, p. 155).

Estos insectos pueden ser tanto herbívoros como depredadores. Algunos grupos destacados como Formicidae, Vespidae y Apidae exhiben una fuerte tendencia social, a veces

llegando a ser eusociales. Aunque se han realizado numerosos estudios sobre los Hymenoptera, solo una pequeña parte de estos se ha centrado en su relación con el suelo. En particular, se ha prestado mucha atención al estudio de las hormigas debido a su capacidad para influir en la ventilación y enriquecimiento de materia orgánica en el suelo, aunque las abejas y avispas también utilizan el suelo para cazar o depositar sus huevos (Fiordigigli, 2009, p. 155).

Coleópteros. Son el orden más diverso en especies con aproximadamente 300,000 conocidas, habitan una amplia gama de ambientes desde bosques hasta desiertos (Fiordigigli, 2009, p. 66). Se caracterizan por sus alas anteriores endurecidas, llamadas élitros, que cubren su cuerpo. Aunque algunas especies, como el *Dynastes hercules*, pueden medir más de 160 mm de largo, la mayoría son pequeños, menos de 5 mm. Su color varía ampliamente, aunque los escarabajos del suelo suelen ser marrones o negros. La morfología también es diversa, algunos tienen cuernos o colmillos, mientras que otros pueden ser enrollados como miriápodos, planos o delgados. Es notable que algunos escarabajos del suelo, como del género *Carabus*, carecen de alas (Orgiazzi et al., 2016, p. 59).

En hábitats terrestres, muchos escarabajos se encuentran en el suelo, la hojarasca y el humus, debajo de troncos en descomposición, piedras, estiércol y cuerpos fructíferos de hongos diversos. Familias como Carabidae, Leiodidae, Staphylinidae y Scarabaeidae están bien adaptadas a vivir en estos entornos. Los escarabajos carroñeros (Silphidae) y algunos escarabajos peloteros (Scarabaeidae) construyen nidos en el suelo para cuidar a sus crías. Además, algunos miembros de la familia Staphylinidae viven exclusivamente en cuevas, mientras que otros son mirmecófilos (afines a las hormigas) o termitófilos (afines a las termitas), adaptándose a sus colonias imitando su apariencia (Orgiazzi et al., 2016, p. 59).

Larvas de Coleópteros. Las larvas de escarabajo desempeñan un papel crucial en el medio subterráneo, ya que gran parte de su vida la pasan en el suelo. Estas larvas tienen una cabeza bien desarrollada con cápsula cefálica, antenas de 1 a 4 segmentos y piezas bucales bien desarrolladas. Poseen 3 pares de patas verdaderas y un abdomen compuesto por 10 segmentos. Sin embargo, algunas familias de escarabajos como Curculionidae pueden carecer de patas (Lisa, 2012, p. 156).

Hay cientos de familias de larvas de Coleópteros con diversos hábitos alimentarios. Por ejemplo, las larvas de escarabajos de cuernos largos (Cerambycidae) tienen la capacidad de perforar raíces y rizomas. Los escarabajos clic y las larvas de escarabajo mastican raíces finas o plantas en descomposición. Además, algunas larvas de escarabajo son víctimas de parasitismo por himenópteros. Por ejemplo, las larvas del escarabajo tigre (Cicindelidae) habitan en madrigueras cilíndricas y acechan a sus presas en la superficie del suelo (Orgiazzi et al., 2016, p. 60).

Díptera. Este grupo es muy extenso, contando con unas 70.000 especies. Una de sus características distintivas es que, en la etapa adulta, tienen solamente alas mesotorácicas, y el metatórax presenta alas reducidas conocidas como balancines. A pesar de que los dípteros adultos tienen alas y no tienen una estrecha relación con el suelo, algunas especies pueden encontrarse en diferentes estados de la superficie (Lisa, 2012, p. 157).

Larvas de Dípteros. Aunque las larvas de dípteros no tienen patas y se parecen a pequeños gusanos, su tamaño varía entre 3 a 10 mm, se pueden cubrir con puntos, tubérculos y cerdas. Algunas larvas tienen el poder indirecto en el equilibrio de las poblaciones edáficas, ya que pueden causar la muerte de determinados organismos del suelo (lombrices de tierra, moluscos y artrópodos) en los que se asientan como parásitos. Su papel ecológico es variado,

ciertas larvas se alimentan de raíces primarias y de la corteza interna. Otras, en cambio, viven en ambientes como la basura o el estiércol, donde su labor consiste en descomponer estos materiales. Además, las larvas carroñeras pueden contribuir a mejorar la estructura del suelo (Lisa, 2012; Orgiazzi et al., 2016).

Paurópodos. Son una especie de miriápodos muy pequeños adaptados al suelo, de forma subcilíndrica y con una longitud entre 0.5 y 2 mm, de cuerpo blando y despigmentado, evitan la luz. Su cuerpo está compuesto por 12 segmentos, con nueve pares de patas y los orificios genitales en el tercer segmento del cuerpo. Tienen cabeza cónica y un par de antenas con tres flagelos cada una, ya que no tienen órganos visuales, posee un órgano para percibir vibraciones llamado pseudoculum (De la Fuente, 1994; Lisa, 2012)

Estos animales viven en áreas húmedas como debajo de rocas, troncos, suelo y hojarasca. Su alimentación se basa en detritus vegetales, hifas de hongos, musgo y también se ha visto que consumen sustancias líquidas de lombrices de tierra muerta y en algunas ocasiones pueden convertirse en depredadores. Algunas especies están más adaptadas a ciertos hábitats, como cultivos, bosques, pinares o robledales, mientras que otras se encuentran cerca del mar, bajo piedras cubiertas de arena (Fiordigigli, 2009; Palacios y Mejía, 2007).

Sínfilo. Los sínfilos son artrópodos pequeños, miden de 1 a 8 mm y poseen 12 pares de patas. Tienen un cuerpo blando e incoloro y muestran una aversión a la luz. Sus antenas son largas y segmentadas, con el último artejo provisto de protuberancias sensoriales en forma de candelabro, acompañadas por un estigma traqueal debajo de cada una. Carecen de ojos y tienen glándulas sericígenas en su cuerpo (De la Fuente, 1994).

Estos organismos prefieren hábitats boscosos y húmedos, donde encuentran lugares oscuros. Se alimentan de plantas, pueden dañar flores y raíces de plantas jóvenes, y consumen materia orgánica en descomposición de origen vegetal o animal. Se hallan en diversos ambientes como bajo piedras, hojarasca, madera descompuesta, suelo, orillas marinas y cuevas. Algunos son depredadores de otros microorganismos. Durante períodos secos, buscan la humedad a profundidades de hasta un metro en el suelo y emergen después de fuertes lluvias (Lisa, 2012; Palacios y Mejía, 2007).

Diplópodos. Los miembros de esta categoría poseen una forma alargada y su cutícula, generalmente, está bien endurecida e impregnada con carbonato de calcio (excepto los polixenuros). Su tamaño varía entre 2 y 30 mm. Son conocidos como milpiés debido a la gran cantidad de patas que poseen, las cuales pueden variar desde 11 hasta más de 100 pares. Las patas están ubicadas ventralmente y muy cerca unas de otras, lo que hace que los diplópodos se muevan lentamente. La región de la cabeza tiene antenas cortas compuestas de 7 a 8 secciones. Son animales que evitan la luz y tienen ojos simples formados por grupos de ocelos. El cuerpo está dividido en tórax, compuesto por los primeros 4 segmentos, y abdomen, formado por segmentos dobles fusionados (diplosomiti) cada uno de los cuales tiene dos pares de patas (Fiordigigli, 2009; Lisa, 2012).

Son fitófagos y detritívoros, prefieren la materia vegetal parcialmente descompuesta, pero algunas especies consumen alimentos ricos en nitrógeno como setas o restos de animales muertos; su función principal dentro del suelo es reducir mecánicamente los escombros. Son higrófilos que suelen vivir en suelos forestales bajo la corteza de los árboles, en praderas debajo de piedras y en suelos sometidos al arado (Wallwork, 1970, como se citó en Lisa, 2012)

Quilópodos. También conocidos como ciempiés, son animales que se desplazan con gran rapidez. Tienen un cuerpo largo y aplanado que está dividido en varios segmentos, que pueden variar desde 15 hasta 180. Cada segmento, excepto los dos finales, está equipado con un par de patas caminadoras que se ubican a los lados del cuerpo. Su velocidad de movimiento y la presencia de forcípulas los hace depredadores muy eficientes, pero también hay especies que obtienen su alimento de hojas podridas de los árboles. Estos organismos habitan principalmente en el suelo y la hojarasca de los bosques, pero también son comunes en praderas, en tierra arada y en paramos (Lisa, 2012).

2.2.4. Amenazas a la biodiversidad del suelo

Según la FAO (2020), la diversidad del suelo y su importante papel en el equilibrio ecológico y en la provisión de servicios pueden ser severamente afectados por actividades humanas y desastres naturales, los cuales también pueden ser influenciados por el impacto del hombre, como la deforestación o construcción de carreteras. La mayoría de las amenazas a la biodiversidad y la función del suelo están relacionadas con la cobertura, la gestión y el cambio en el uso de la tierra, incluyendo la deforestación, urbanización, agricultura intensiva, pérdida de materia orgánica, compactación, acidificación, desequilibrio de nutrientes, contaminación, salinización, sodificación, degradación, incendios, erosión y deslizamientos (pp. 191).

Todas estas amenazas pueden reducir la cantidad y diversidad de organismos del suelo, incluyendo bacterias, hongos, lombrices de tierra y otros invertebrados, que son responsables de las innumerables funciones que se realizan en el suelo y, por lo tanto, disminuir la calidad de este. Estos organismos son cruciales para mantener la fertilidad del suelo, la calidad del agua y para proteger los ecosistemas asociados para conservar la biodiversidad en todas sus formas (FAO, 2020; Jeffery et al., 2010).

2.2.5. QBS-ar: índice de calidad biológica del suelo basada en artrópodos

El método QBS-ar fue desarrollado por el profesor Vittorio Parisi en el Universidad de Parma, Italia en el año 2001, se utiliza para evaluar la calidad biológica del suelo a través de la biodiversidad de microartrópodos que actúan como bioindicadores (Parisi et al., 2005). Estos organismos poseen adaptaciones diversas para vivir en el suelo y son sensibles al estado de salud del mismo (Lisa, 2012, pp. 34). Según Gardi et al. (2002), el QBS se fundamenta en el siguiente concepto: “Cuanto mayor sea la calidad del suelo, mayor será el número de grupos de microartrópodos adaptados al hábitat del suelo” (pp. 298).

Este método tiene una ventaja importante, ya que no se necesita un conocimiento taxonómico avanzado, lo que lo hace muy popular y no requiere la intervención de especialistas. Además, al ser un método cualitativo, no es necesario contar con un gran número de individuos en la muestra y se evita la necesidad de análisis estadísticos complejos (Fiordigigli, 2009 y Pennesi, 2012)

El método QBS-ar consiste en la clasificación de microartrópodos edáficos en diferentes categorías según su adaptación a las condiciones ambientales, utilizando la teoría de "formas biológicas" propuesta por Sacchi y Testard en 1971. Los organismos son divididos en euedáficos, hemiedáficos y epigeos, según su adaptación a la vida en el suelo. Los microartrópodos que viven en el suelo presentan características morfológicas que indican su adaptación a este entorno, como la reducción de la longitud de los apéndices hasta su degradación o desaparición, miniaturización del cuerpo, la falta de ojos o anoftalmía, la pérdida de pigmentación y la presencia de quimiorreceptores y/o hidrorreceptores. Estas características son utilizadas para la clasificación de los organismos en diferentes formas biológicas (Fiordigigli, 2009, p. 24)).

El QBS-ar utiliza un Índice Ecomorfológico (EMI) para cada grupo ecomorfológico o forma biológica, que se correlaciona con un valor numérico que varía desde un mínimo de 1 para formas poco o nada adaptadas a la vida edáfica, hasta un máximo de 20 para las formas más adaptadas (Lisa, 2012, 36). El valor EMI puede variar entre diferentes unidades sistemáticas, como en el caso de los cólembolos epigeos con un EMI de 1 y los euedáficos con un EMI de 20. Sin embargo, para grupos sistemáticos que muestran una adaptación edáfica generalizada, se les atribuye un único Valor EMI (Fiordigigli, 2009, pp. 24-25). En la tabla 1 se detalla la determinación de las formas biológicas y por lo tanto la asignación de puntajes EMI (Gardi et al., 2002, p. 299).

Para calcular el valor final del índice QBS-ar, se toma en cuenta todos los grupos encontrados en al menos una de las tres muestras de suelo. En los casos donde un grupo contiene varias formas biológicas, se utiliza el valor máximo de EMI obtenido (QBS-max) para la suma (Lisa, 2012, pp. 37).

Tabla 1

Índice Ecomorfológico (EMI)

Forma Biológica	Índice Ecomorfológico (EMI)	Descripción
Acari	20	Arácnida sin segmentación primaria
Aranae	1	Araña ≥ 5 mm: colmillos quelíceros, abdomen
	5	Araña <5 mm y poco pigmentada
Pseudoescorpiones	20	Como pequeños escorpiones sin cola ni aguijón
Opiliones	10	Ojos, 2 regiones del cuerpo fusionadas, com. piernas largas
Palpígrado	20	Palpos de locomoción y flagelo en forma de látigo
Isópoda	10	7 pares de extremidades articuladas 1 par largo de antenas

Shymphyla	20	Antena blanquecina, larga, 10-12 pares de patas (adulto), cercos
Diplópoda	10	Cuerpo cilíndrico, 2 pares de patas/segmento después del 4to
	20	<5 mm o Polyxenida con mechones de sedas laterales+posteriores
Chilopoda	10	Cuerpo plano, fórcipulas, 1 par de patas (≥ 15) por segmento
	20	Chilopoda < 5 mm o Geophilomorpha
Paurópoda	20	Antenas pequeñas, pálidas y ramificadas, 9-11 pares de patas
	1	Colas de resorte >2 mm, pigm. complejos, apéndice desarrollado.
Collembola*	2	Apéndice pigmentado y bien desarrollado. y ojos
	4	Tamaño pequeño, pigmentación escasa, apéndice mediano.
	6	Pigm. modesto, apéndice pequeño, ojos desarrollados
	8	Pigm. modesto, apéndice muy pequeño, corto/sin furca
	10	Tamaño muy pequeño, sin pigmentación, furca pequeña
	20	Sin pigmentación, sin furca, apéndices cortos
	20	Antena larga y sin ojos. abdomen largo. + cercos en forma de pinza
Diplura	20	Cabeza cónica, sin ojos ni antenas, primeras patas adelante
Protura	1	Élitros y protórax grandes y móviles: formas epigeas
	5	+5 puntos EMI por cada personaje: dimensión <2 mm;
	10	despigmentación (bronceado/marrón); reducción/ausencia de ojos;
	15	reducción/ausencia de alas
	20	
Larva coleóptera	10	Larva, 3 pares de patas, com. cápsula de cabeza esclerotizada
Díptera	1	Dípteros adultos
larva Díptera	10	Larva, en su mayoría sin patas, cabeza pequeña o ausente
Hymenóptera	1	4 alas, antenas más largas que las cabezas.
	5	Formicidae, abdomen globoso
Larva Hymenóptera	10	Larva, en su mayoría sin patas
Hemíptera adulto	1	Piezas bucales perforadoras y chupadoras
Psocóptera	1	Aparato bucal hipognado, antenas largas
Thysanoptera	1	Alas con flecos, piezas bucales cortas, 11 segmentos abdomen
Embióptera	10	Abdomen alargado con 10 segmentos
Dermáptera	1	Un par de cercos por encima de su parte posterior
Blattari	5	Alas reducidas, boca hipognada

Nota: valores EMI tomados de Lisa, 2012 y D'Aviño, et al., 2023

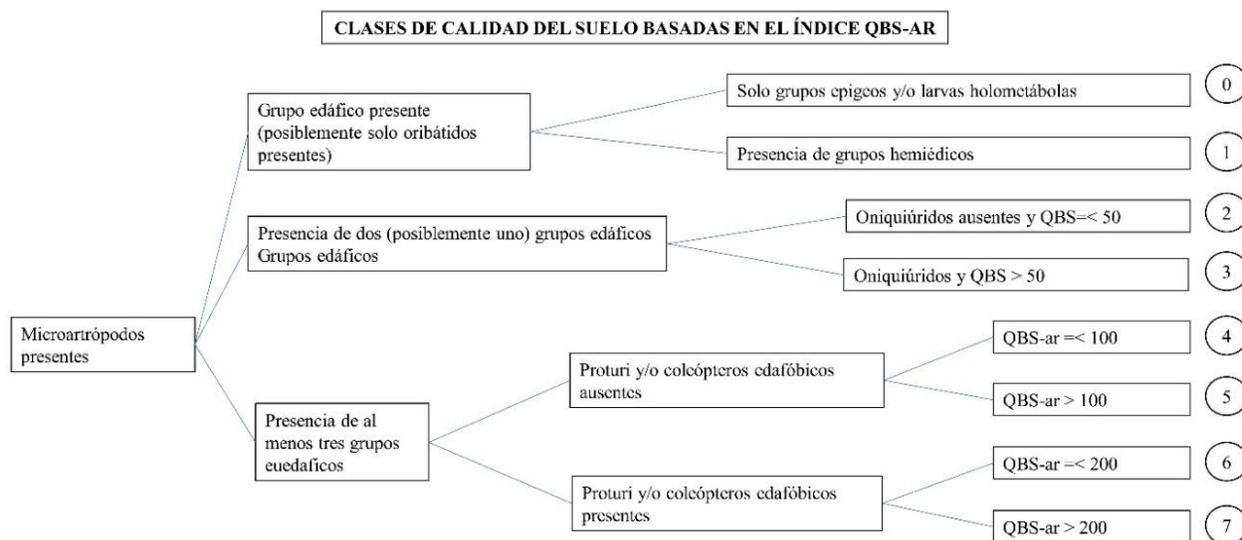
Si se tienen en cuenta todos los grupos presentes, el valor más alto que puede alcanzar el índice QBS-ar en una muestra de suelo es de 353, sin incluir otros tipos de insectos holometábolos ni las larvas de ortópteros y hemípteros. De ese valor máximo, 188 puntos

corresponden a los insectos, siendo 80 puntos de los miriápodos, 75 de los arácnidos y 10 de los crustáceos (Lisa, 2012).

Desde su introducción, el uso del índice QBS-ar ha permitido desarrollar una escala de clasificación de calidad para diferentes tipos de suelo (que va desde 0 para el peor hasta 7 para el mejor, según se muestra en la Fig. 1).

Fig. 1

Atribución de clases de calidad del suelo sobre la base del índice QBS-ar



N.B.

1. Por grupos eudáficos nos referimos a las formas biológicas con EMI = 20
2. Oniquiúridos son colémbolos con EMI = 20
3. En el caso de oniquiúridos ausentes y QBS > 50 o de oniquiúridos presentes y QBS <= 50, se proponen las clases 2/3 y 3/2 respectivamente

Nota: Adaptado de Pennesi, 2012, pp. 9.

Es evidente que los suelos con menor biodiversidad y valores bajos son aquellos utilizados para la agricultura (por ejemplo, los cultivos de remolacha tienen un valor de QBS-ar = 50). Por otro lado, los bosques no perturbados suelen tener valores altos en el índice QBS-ar, aunque pueden variar según las circunstancias, como la exposición a incendios o la presión

antrópica. Lo que realmente importa en la evaluación de un suelo es la comparación entre los valores de diferentes situaciones, más que el valor absoluto de QBS-ar en sí mismo. Este índice se utiliza principalmente para determinar si el suelo está sufriendo o no, y por tanto para evaluar su calidad. Esta información se puede encontrar en Condurri, et al. (2005) y en la Tabla 2.

Tabla 2

Tipos de suelo en base al QBS-ar máximo

Tipos de uso del suelo	QBS-ar	Notas
Suelo arado	40 – 50	La disminución de la biodiversidad se produce tiempo después del arado
Remolacha	40 – 60	Es el cultivo que muestra los valores más bajos
Maíz	40 – 100	En algunos campos muy herbosos se pueden obtener valores superiores a 100
Trigo	60 – 100	Entre las tierras cultivables es el que muestra los valores más altos
Alfalfa	60 – 180	Los valores más alto se dan después de los tres años
Céspedes estables	90 – 180	Son céspedes que duran más de 100 años
Bosque	150 – 250	Generalmente las áreas boscosas tienen valores mayores a 130

Nota: Valores tomados de Condurri, et al., 2005.

Según las evaluaciones realizadas en Latinoamérica por Galli et al. (2021), se obtuvieron los siguientes valores de acuerdo a los diferentes tipos de uso de suelo, como se muestran en la tabla 3.

Tabla 3

Valores QBS-ar en diferentes tipos de uso de suelo

Uso de suelo	QBS-ar min	QBS-ar max	Clase de suelo
Bosque nativo primario	108	158	6
Bosque nativo secundario (después de incendios)	105	118	6
Bosque de pino (reforestación)	71	97	3
Pastizal antropogénico	70	91	4

Nota: Valores adaptados de Galli et al., 2021.

2.2.6. Plantaciones forestales

Según Guariata, et al., (2017) en Perú, las plantaciones forestales han sido tradicionalmente incluidas como parte de programas agrícolas de corto plazo, lo que ha llevado a que los instrumentos y modalidades de financiamiento se han centrado en el sector agrícola. Antes de la década de 1990, por ejemplo, el Estado utilizó contratos cooperativos de inversión combinados con trabajo para financiar la reforestación a pequeña escala con el fin de satisfacer las necesidades de las comunidades y familias rurales, para rehabilitar áreas deforestadas o para conservar ciertas funciones ambientales (pp. 13).

En Cajamarca las plantaciones con mayor abundancia son el *Eucalyptus globulus* y el *Pinus patula* según el inventario realizado en los predios privados y las comunidades campesinas registradas en las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre (ATFFS) (ANDINA, 2018). Además, en el año 2021 con el programa denominado “Poncho Verde”, Cajamarca logró sembrar 500 000 plántones de especies forestales exóticas y nativas (Gobierno Regional Cajamarca, 2021), con el argumento que, gracias a su rápido crecimiento y adaptación a suelos degradados, ha convencido a muchas comunidades para usarlos en reforestación, y que

llegado el turno de explotación de la madera a los 20-25 años percibirán buenas sumas de dinero por su venta. Además de su probable aprovechamiento de la madera procedente de las podas y el raleo, y la cosecha de los hongos que crecen en sus pies. También se promocionó, equivocadamente o no, que los bosques plantados servirán para mejorar los servicios ecosistémicos y cuidar el medio ambiente: como conservar suelos, flora, fauna y regular el ciclo hidrológico (Granda, 2006; León-Gamboa et al., 2010). Sin embargo, no se ha tenido en cuenta los impactos negativos que posiblemente se relacionan con el suelo mediante la compactación, la remoción, la erosión y el agotamiento de nutrientes, además de la alteración a la biota del suelo (Frank y Frinckh, 1997; Gayoso y Iroume, 1995; León Gamboa et al., 2010).

Por lo tanto, Chacón-Vintimilla et al. (2003), refiere, “si se pretende establecer acciones de reforestación en estas áreas, se requiere una mejor comprensión de los impactos a largo plazo de la deforestación masiva y plantaciones exóticas en la productividad del suelo” (pp.20).

Pino (*Pinus patula*)

El *Pinus patula* es una especie conífera nativa de regiones subtropicales de México, en altitudes entre 1500 a 3100 m.s.n.m., precipitaciones anuales de 600 a 2500 mm, puede crecer en masas puras o asociado con otras especies como *Pinus teocote* (Ospina et al., 2011, p. 4).

1. Descripción botánica

Nombre científico: *Pinus patula* Schlecht. y Cham.

Familia: Pinaceae

Nombre común: Pino, Pino patula (Perú). En el área de su distribución natural se denomina: pino chino, pino llorón mexicano, pino colorado, ocote macho, pino xalocote.

2. Dendrología:

- **Características morfológicas.** Es un árbol de tamaño mediano a grande que, en casos de ejemplares de larga vida, puede alcanzar alturas de hasta 40 metros y un diámetro de 120 cm de DAP. El tronco es recto y cilíndrico en un principio, aunque tiende a ser muy cónico en la mayoría de su longitud. En los árboles jóvenes, la corteza es lisa y de color rojizo, pero con el tiempo se vuelve marrón, áspera y se desprende en escamas. Las ramas tienen una distribución desigual y en general son verticiladas, con pequeñas escamas y un tono rojizo. La copa del árbol está extendida, con ramas largas y colgantes (Ospina et al., 2011, p. 5)

- **Características botánicas**

Hojas: Aciculadas, tienen forma de aguja en fascículos de 3 o 4 (Ospina et al., 2011, p. 5). En los bosques de coníferas, la capa de hojarasca está compuesta por agujas duras y secas, junto con ramitas caídas. Esta capa no se descompone con facilidad, por lo que permanece en el suelo durante largos periodos de tiempo. Debido a esto, los suelos de los bosques de coníferas suelen ser más pobres y ácidos en comparación con los de los bosques de hojas anchas (Ospina et al., 2011, p. 5).

Flores: las flores femeninas son laterales, pedunculadas y pueden estar solas o en racimos, son de color púrpura y algunas pueden presentar espinas; mientras que las masculinas son amentos, de color verde cuando jóvenes y amarillas cuando maduran (Ospina et al., 2011, p. 5).

Fruto: conos en forma ovoide a cónico, son duros, puntiagudos, asimétricos y curvados en el extremo

Semillas: son pequeñas y triangulares, de color marrón a negro.

Madera: es blanda, cuando recién es cortada presenta un olor a resina, el color es ligeramente amarillo. Su durabilidad es baja, debido a que es susceptible al ataque de insectos y hongos descomponedores de madera.

- **Requerimientos edafoclimáticos:** se desarrolla en un clima templado húmedo o subhúmedo, con precipitaciones de 40 mm en épocas más secas y temperaturas anuales de 10 a 19 °C. Alcanza su máximo desarrollo en suelos de textura franca, arenosa o arcillosa y tienen que ser húmedos, profundos y bien drenados. El pH del suelo tiene que estar entre 5 y 5.5 (Ospina et al., 2011, p. 26).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. *Calidad biológica del suelo*

La calidad biológica del suelo refleja el estado de salud del suelo y su potencial para proveer servicios ecosistémicos, como la producción de biomasa, el reciclaje de nutrientes, la regulación del ciclo hidrológico, la atenuación de contaminantes y la conservación de la diversidad genética (Castillo Valdez et al., 2021, p. 2).

2.3.2. *Mesofauna edáfica*

La mesofauna edáfica se refiere a un conjunto de organismos de tamaño intermedio (generalmente entre 0,1 y 2 mm) que habitan en el suelo y desempeñan funciones esenciales en el ecosistema edáfico (Cabrera y Crespo, 2001; Fragoso et al., 2001; Palacios y Mejía, 2007).

2.3.3. *Pinus patula*

Pinus patula conocido como pino patula o pino llorón, es un árbol de rápido crecimiento que puede alcanzar hasta 30 metros de altura, con una copa abierta y ramas delgadas que le dan un aspecto "llorón". Sus hojas son largas, delgadas y flexibles, de color verde claro, agrupadas en fascículos de tres o, a veces, de cuatro (Ospina, et al., 2011, pp. 4).

2.3.4. Individuo

Un individuo es un organismo singular que posee características propias y una identidad biológica única dentro de su especie. Este término puede referirse tanto a seres humanos como a cualquier organismo vivo, ya sea una planta, animal, hongo o microorganismo. En biología, un individuo se considera una unidad funcional que interactúa con su entorno y con otros organismos para satisfacer sus necesidades de supervivencia, crecimiento y reproducción (FAO, 2015, 2020).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El estudio fue realizado en las Quihuilas perteneciente al Centro Poblado Ramoscucho, distrito de La Libertad de Pallán, provincia de Celendín y departamento de Cajamarca. Tomando como referencia la laguna del mismo nombre que se ubica entre las coordenadas 793788 Este y 9259517 Norte, a una altitud entre 3200 a 3400 msnm (Fig. 2).

Las Quihuilas se considera como una zona de jalca debido a sus características climáticas y la vegetación predominante, donde destaca la presencia del *Jarva ichu*. En este lugar, el patrón de lluvias se manifiesta principalmente durante los meses comprendidos entre diciembre y abril, siendo febrero y marzo los meses de mayor intensidad pluvial. Durante la temporada de lluvias, el cielo se mantiene mayormente nublado a lo largo del día, y las precipitaciones suelen ocurrir simultáneamente después del mediodía y durante la noche. Por otro lado, durante la época seca que abarca desde mayo hasta diciembre, se experimentan vientos persistentes y vigorosos a lo largo de todo el día. Además, es común que se presenten heladas, especialmente en los meses de agosto y octubre (Fernández Cruzado, 2018, pp.16).

Desde una perspectiva geológica y fisiográfica, el relieve montañoso de Las Quihuilas exhibe una serie de rasgos notables. Este entorno se caracteriza por la presencia predominante de

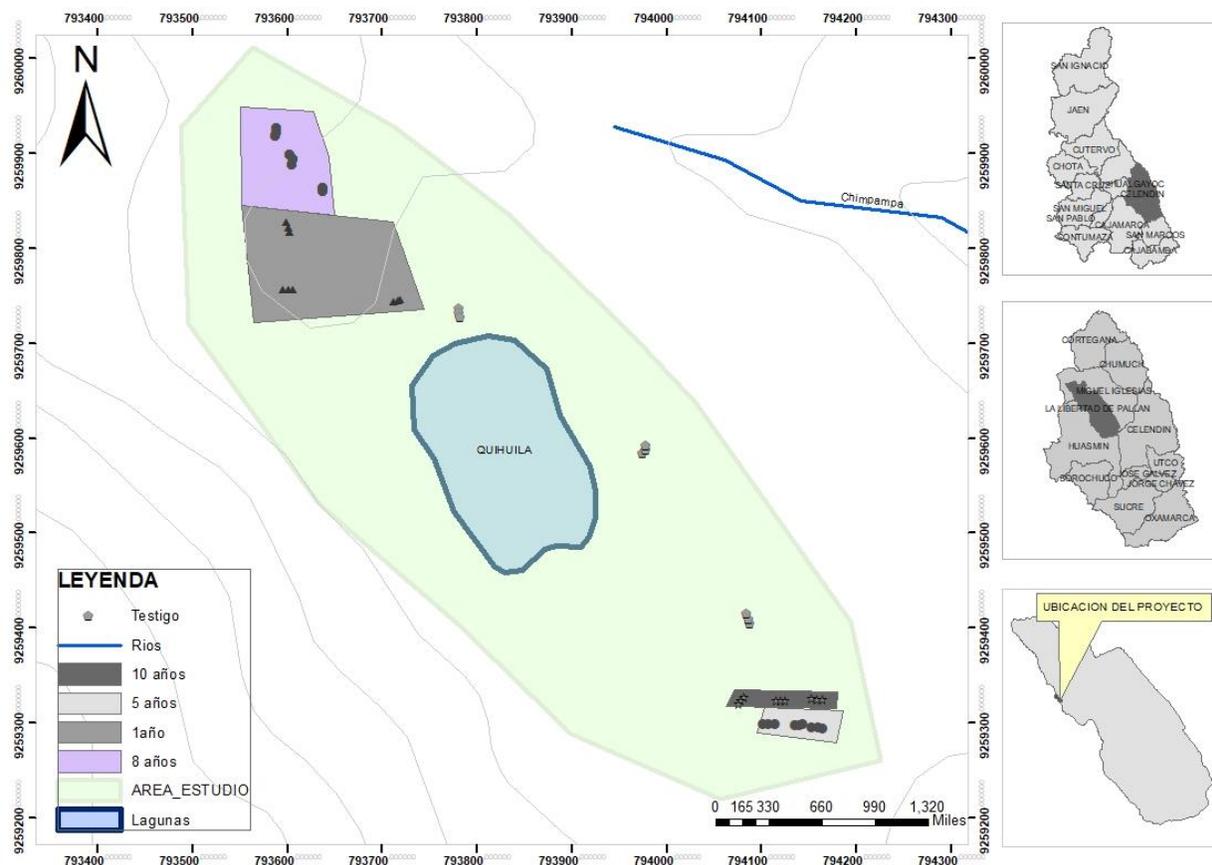
rocas sedimentarias, específicamente cuarcitas y areniscas de grano medio a grueso, las cuales se remontan a la era mesozoica y, más precisamente, al período cretácico inferior. Estas formaciones geológicas han moldeado el paisaje de la zona y contribuyen significativamente a su configuración actual. Las colinas que conforman este relieve presentan una variedad de pendientes, que van desde moderadamente inclinadas hasta fuertemente empinadas. Estas colinas forman parte del Grupo Goyllarisquizsga, una unidad geológica relevante en esta región montañosa, que desempeña un papel importante en la estructura y composición del paisaje (Mapa Geológico Del Perú, 2018).

Desde una perspectiva hidrográfica, Las Quihuilas se ubican en el contexto de la microcuenca del río Chimpampa, uno de los afluentes del río Las Yangas. Este último, a su vez, se une con las aguas del río Marañón formando la cuenca del mismo nombre, lo que establece una conexión significativa en el sistema fluvial de la región. Además, en esta zona se identifica la presencia de una laguna homónima que es característica del lugar y que adquiere mayor relevancia durante la temporada de lluvias (Mapa Hidrogeológico del Perú, 2020). El entorno también se ve influenciado por la presencia de espejos de agua, quebradas naturales y acequias que desempeñan un papel fundamental en la dinámica hidrológica local.

El tipo de suelo predominante es el Leptosol y el Regosol (Mapa de Suelos del Perú, 2015). Se caracterizan por su escasa profundidad, por lo tanto, la fertilidad de estos suelos es baja, y su contenido de materia orgánica también se encuentra en niveles reducidos (Pineda, s.f.; Castro, 2020) Estas características del suelo tienen un impacto significativo en la vegetación y la capacidad agrícola de la zona.

Fig. 2

Mapa de localización y ubicación del área de estudio



3.6. Materiales

3.6.1. Materiales y equipos de campo

- Diario de campo
- GPS Garmin 64s
- Cámara Fotográfica
- Pala o extractor de acero
- Tijera de podar
- Bolsas Ziploc
- Etiquetas

- Cinta métrica de 10 M
- Cooler

3.6.2. *Materiales y equipos de laboratorio*

- Selector Berlese – Tullgren (embudo de plástico de 25 cm de diámetro, malla de 2 mm, focos de 60 watts, contenedores de 100 ml, Parafilm para sellado, soporte para embudos)
- Alcohol etílico 70°
- Marcador
- Estereoscopio marca Drax
- Microscopio marca Drax
- Lista de registros
- Pinzas de punta fina
- Gotero
- Placas Petri
- Guías de biodiversidad del suelo

3.7. Metodología

3.7.1. *Fase de campo*

Se realizaron salidas previas de reconocimiento a campo y coordinaciones necesarias con los propietarios para obtener los permisos de muestreo, una vez obtenidos los permisos se procedió a identificar las áreas a evaluar, y para comparar, se seleccionaron zonas de control que no se encuentran afectadas por las parcelas de pino.

Para el estudio se han identificado 5 unidades muestrales, las cuales se describen a continuación:

- **UM 10:** Corresponde a plantaciones de *P. patula* de 10 años organizada en hileras con un espaciamiento moderado. Los árboles tienen un desarrollo adecuado, con alturas que probablemente oscilan entre 10 y 15 metros. El sotobosque está cubierto principalmente por hojas secas de pino y vegetación herbácea seca. En cuanto al manejo silvícola no hay evidencia de poda reciente (muchos árboles aún tienen ramas bajas, algunas secas) ni de raleo intensivo (aunque la densidad no es excesiva). El terreno es ligeramente inclinado, con buen drenaje, y el clima es templado con lluvias estacionales, típicas de altitudes intermedias o altas.
- **UM 8:** Corresponde a plantaciones de *P. patula* de 8 años bien organizados. Los árboles presentan un buen desarrollo con una altura promedio de entre 8 y 10 metros. El sotobosque está cubierto principalmente de *Jarva ichu*. No presenta manejo silvícola puesto que aún no presenta poda ni raleo. Terreno un poco inclinado, con buen drenaje y el clima templado.
- **UM 5:** Corresponde a plantaciones de *P. patula* de 5 años con una altura promedio entre 3 y 5 metros. La vegetación predominante del sotobosque es la especie de *Jarva ichu*, las plantaciones no evidencian manejo silvícola (poda o raleo). Pendiente poco inclinada y con buen drenaje.
- **UM 1:** el terreno es ligeramente inclinado y ondulado, cubierto por *Jarva ichu* y plantaciones de *P. patula* de 1 año de menos de 1 metro de altura, organizadas en hileras y con un espaciamiento adecuado.
- **Zona testigo:** corresponde a áreas con vegetación herbácea predominante (*Jarva ichu*) y algunos arbustos dispersos, el terreno es mayormente plano con pequeñas ondulaciones.

Se utilizó un muestreo aleatorio simple, ya que es recomendado para áreas menores a 5 ha y se caracteriza por permitir todas las combinaciones posibles de puntos de muestreo (MINAM, 2014, pp. 40). Para este estudio se realizó a lo largo de un transecto de 10 metros teniendo en cuenta la homogeneidad en cuanto a pendiente y vegetación, una vez elegidos los puntos de muestreo se tomó los datos de coordenadas (GPS Garmin), tal como se detalla en la siguiente tabla 4.

Tabla 4

Coordenadas de los puntos de muestreo

Descripción	Coordenadas		Altura m.s.n.m
	Este	Norte	
UM 10	0794164	9259324	3350 - 3450
UM 8	0793606	9259894	3350 - 3450
UM5	0794160	9259295	3350 - 3450
UM1	0793600	9259827	3350 - 3450
Zona testigo	0793978	9259587	3350 - 3450

Luego de definido el transecto, se extrajo con ayuda de una pala 3 terrones de tierra (réplicas) cada 5 metros de distancia entre sí, con dimensiones de 10 cm x 10 cm x 10 cm. En las unidades muestrales donde se encontraba cubierta herbácea se extrajo con ayuda de tijeras evitando no desmontarla para no dañar la fauna que se encuentre adherida (Pennesi, 2012, pp. 13).

Una vez extraído el cubo de tierra, se colocó junto con la etiqueta de referencia en una bolsa Ziploc en la que quedó una reserva de aire para que los organismos respiren y se mantuvo

en un recipiente térmico hasta llegar al laboratorio en un plazo máximo de 48 horas desde su recogida.

Durante el muestreo es muy importante no dejar la bolsa bajo los rayos del sol y no se debe comprimir de ninguna manera ya que puede afectar a la vida del organismo.

La toma de muestras de suelo fue en dos temporadas tanto en época seca como en época húmeda para un mínimo de tres replicas por cada punto de muestreo bajo consideración. La fase de muestreo se inició en octubre de 2022 y finalizó en marzo de 2023.

3.7.2. Fase de Gabinete

En el laboratorio, las muestras fueron colocadas en el selector Berlese-Tullgren instalado en un lugar protegido de las vibraciones, siguiendo los siguientes pasos:

1. El terrón de tierra sacado de la bolsa se introdujo en el embudo de plástico de 25 cm de diámetro en el que se encontraba una malla de 2 mm.
2. Debajo del embudo, se colocó un recolector de plástico debidamente etiquetado con 50 ml de alcohol de 70° en la que por acción del calor los animales migren a otros puntos más húmedos, cayendo así a la solución. Para evitar la entrada de insectos atraídos por el líquido y la luz se selló el espacio entre el cuello del recipiente y el tallo del embudo con Parafilm®.
3. Los primeros tres días las muestras estuvieron sin fuente de calor para evitar que la fauna se quede atrapada dentro del suelo por el rápido secado del suelo, durante los 4 días restantes se aplicó la fuente de calor (una bombilla de 60 W a una distancia de 15 cm) de forma continua. Pasado los 7 días se dio por finalizada la extracción al notar que el suelo estaba completamente seco.

Una vez concluida la fase de extracción las muestras fueron observadas directamente en un estereoscopio de 40X aumentos y un microscopio de 90X, con la ayuda de manuales de identificación y guías de reconocimiento, se identificaron los individuos hasta nivel de orden.

Para cada muestra, se reconocieron las formas biológicas presentes (Anexo 2), y se les asignó el puntaje EMI (Índice ecomorfológico) de acuerdo al grado de adaptación a la vida subterránea (Anexo 4 y tabla 1), luego el valor QBS-ar de cada muestra analizada se obtuvo de la suma de puntajes EMI asignados a cada grupo ecomorfológico o forma biológica presente en al menos una de las tres réplicas de cada punto de muestreo (Anexo 1). Cuando en la muestra de suelo se observan varias formas biológicas pertenecientes al mismo grupo ecomorfológico, solo se tiene en cuenta el valor EMI más alto encontrado (QBS-máx). Además, se contabilizó el número de individuos presentes para cada grupo ecomorfológico encontrado con el fin de obtener mayor información sobre las relaciones existentes entre las diversas comunidades edáficas y las condiciones del suelo.

$$QBS - ar = \sum \text{valores EMI}$$

Donde:

Valores EMI = tabla 1

Nota: Para el valor QBS-ar se suman únicamente los valores EMI de los grupos ecomorfológicos o formas biológicas encontradas en una de las tres replicas, en caso de encontrarse más de una forma biológica en un grupo ecomorfológico se considera únicamente el valor EMI mas alto encontrado como se muestra en el Anexo 1.

3.7.3. *Técnicas de procesamiento y análisis de datos*

Los datos obtenidos del QBS-ar. para las diferentes muestras se procesaron mediante análisis descriptivos utilizando el Software Microsoft Excel para representar las tablas y gráficos de las diferentes edades y temporadas muestreadas.

Análisis Estadístico. Los análisis estadísticos se procesaron utilizando el software PAST versión 4.16 (Hammer et al., 2001). Para comparar si la edad de las plantaciones de pino y la temporada (seca o húmeda) afectan significativamente la calidad biológica del suelo se realizó un análisis de varianza de dos factores (ANOVA de dos factores), también conocido como ANOVA de dos vías. Este análisis permitió evaluar tanto el efecto de la edad de las plantaciones de pino como el efecto de la temporada, así como cualquier interacción entre ambos factores, en la calidad biológica del suelo. Se aplicó una prueba de pares de Tukey post hoc para determinar qué muestras son significativamente diferentes entre sí en términos de calidad biológica del suelo.

Se utilizó el coeficiente de correlación (R) con el fin de verificar la existencia de una relación significativa entre el índice QBS-ar y el grado de biodiversidad (representada por el número de grupos ecomorfológicos) y el coeficiente de determinación (R^2) para investigar si existe una variabilidad de los valores QBS-ar influenciada por el número de grupos ecomorfológicos encontrados para cada muestra.

Para verificar la variación de la calidad biológica del suelo y la comunidad de mesofauna edáfica entre el área de control y las unidades muestrales se ha utilizado el análisis no paramétrico MANOVA (PERMANOVA) basado en la distancia de disimilitud por Bray Curtis. Este tipo de análisis, a menudo se utiliza para comparar grupos taxonómicos, se eligió porque es capaz de resaltar diferencias significativas entre dos o más grupos y, en concreto, se ha aplicado

a sitios muestreados por grupos taxonómicos de los datos EMI. Para identificar los grupos ecomorfológicos más responsables de estas diferencias se utilizó el análisis SIMPER basado en la distancia de Bray Curtis.

Para investigar los gradientes comunitarios, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA), en una matriz de datos EMI organizada en un formato de gráficos de muestras por taxones. Se aplicó una técnica de remuestreo bootstrap con 1000 réplicas para determinar el número óptimo de ejes informativos, como se sugiere en el trabajo de (Jackson, 1993). Los vectores propios se consideraron significativos si al menos dos variables resultaban ser significativas en un eje particular. Además, se realizó una estandarización de datos en base a Ln.

Para analizar la diversidad de los microartrópodos edáficos se utilizó el índice de Margalef para determinar la riqueza de grupos ecomorfológicos, el índice de diversidad de Shannon-Wiener para evaluar y comparar la diversidad de grupos, el índice de Simpson para determinar la dominancia de grupos, y el coeficiente de similitud de Jaccard para comparar la similitud de composición de grupos ecomorfológicos entre las diferentes áreas evaluadas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición y diversidad de fauna del suelo en *P. patula* de diferentes edades

Para determinar la composición de y diversidad de la mesofauna presente en las plantaciones de *P. patula* se tuvo en cuenta la cantidad de microatropodos encontrados en todos los puntos de muestreo como se muestra en el anexo 1, obteniendo como resultado que en ambas temporadas y en las 5 unidades muestrales se colectaron un total de 18063 individuos, correspondientes a 19 grupos ecomorfológicos, donde el 62% de los individuos perteneció a la clase Collembola, representada por tres de sus cuatro ordenes: Poduromorpha, Symphypleona y Entomobryomorpha; seguido por la clase Arácnida 33% representada en su mayoría por el orden Acari y en menor medida por Araneae; la clase Insecta en menor medida por 9 órdenes: Coleóptera adulto y larva, Diplura, Protura, Díptera adulto y larva, Hemíptera, Hymenóptera, Thysanoptera, Blattari, Lepidóptera; la clase Miriápoda representada por tres órdenes: Shymphyla, Chilópodos, Diplópodos; la clase Paurópoda y por último se encontró el orden Haplotaxida considerado como otro holometábolo.

En general, las muestras testigo y las muestras de 1 año contienen un número de grupos ecomorfológicos dos veces mayor que las muestras de 8 años y 5 años y tres veces mayor que las muestras de 10 años que son las más influenciadas por las plantaciones de *P. patula*. El 61% del total de individuos fueron recolectados en temporada seca (11 094 individuos) y el 39% fueron

colectados en temporada húmeda (6 969 individuos) lo que nos indica que también existe una variación en cuanto a la estacionalidad.

4.2. Calidad biológica del suelo en *P. patula* de diferentes edades en dos temporadas aplicando el índice QBS-ar

Para el cálculo de la calidad biológica del suelo mediante el índice QBS-ar se determinó con la suma de los valores EMI asignados a cada grupo ecomorfológico o forma biológica presentes en al menos una de las tres replicas en cada punto de muestreo (Anexo 1).

Los valores QBS-ar promedios obtenidos del análisis del suelo ocupado por *P. patula* de diferentes edades tanto en temporada seca como en temporada húmeda se muestra en la tabla 5.

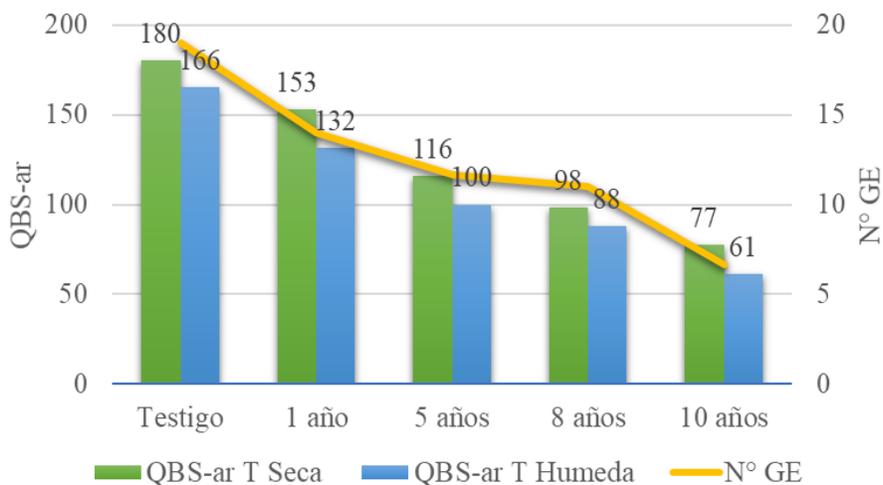
Tabla 5

Valores QBS-ar promedio en temporada seca y temporada húmeda

Muestras	QBS-ar T Seca	QBS-ar T Húmeda
Testigo	180	166
1 año	153	132
5 años	116	100
8 años	98	88
10 años	77	61

Fig. 3.

Gráfico de valores QBS-ar promedio y número de grupos ecomorfológicos presentes



Como se muestra en la tabla 5, en el monitoreo de la época seca, los resultados que se obtuvieron son los siguientes: las muestras de *P. patula* de 10 y 8 años presentaron valores QBS-máx. de 77 y 98 respectivamente y según las clases de calidad del suelo sobre la base de este índice pertenecen a una clase 3, estos valores coinciden con los obtenidos por Galli et al., (2021) para bosques de pino reforestados. Menta, et al., (2018) ha fijado que valores menores a 100 son aquellos suelos que tienen baja fertilidad o han sido degradados. Las muestras de 5 y 1 año, así como las muestras testigo, obtuvieron valores QBS-máx. de 116, 153 y 180 respectivamente. Estos valores los sitúan en la clase 6 de un máximo de 7, lo que nos sugiere que la calidad del suelo es aceptable (Menta, et al., 2018).

Durante el monitoreo realizado en la época húmeda, se observaron los siguientes resultados: las muestras de *P. patula* de 10 y 8 años arrojaron valores QBS-ar. de 61 y 88 respectivamente y el área de 5 con un valor QBS-ar igual a 100 pertenecerían a una clase entre 3 y 4 lo que indica una calidad del suelo baja según los estudios previstos (Menta, et al., 2018),

asemejándose a los asignados a tierras cultivables según Condurri, et al., (2005) y a los bosques de pino reforestados por Galli et al., (2021). Por otro lado, las plantaciones de 1 año, así como las muestras testigo mostraron valores máximos QBS-ar de 100, 132 y 166 respectivamente. Estos resultados se sitúan en la clase 6 del índice QBS-ar, lo que sugiere una calidad aceptable del suelo, valores similares a los encontrados en céspedes estables (Menta, et al., 2018 y Condurri et al., 2005).

Según la Fig. 3, el QBS-ar presento valores que van desde 61 a 180, los valores más bajos generalmente se deben a que se encontraron pocos grupos ecomorfológicos y menos adaptados al suelo como ácaros y otros grupos que son hemiedáficos como cólembolos y coleópteros. En cambio, los valores más altos son debido a la alta presencia de especies bien adaptadas a la vida edáfica como shymphylos, proturos, paurópodos y colémbolos eudeaficos, los cuales, según Bedano et al., (2006) son grupos típicos de ambientes estables pertenecientes a suelos no perturbados.

Los valores QBS-ar encontrados coinciden con otros estudios realizados anteriormente en ecosistemas similares, en praderas de tierras bajas (los valores QBS-ar oscilan entre 70 a 200; Gardi et al., 2002; Menta et al., 2011; Parisi y Menta, 2008), en ecosistemas forestales mediterráneos bajo diferentes perturbaciones (QBS-ar > 200 para suelos de madera dura y QBS-ar <150 para suelos compactados y degradados; (Blasi et al., 2013), en suelos sensibles a la perturbación por tala de robles de 19 años ($100 > \text{QBS-ar} < 250$; (Latterini et al., 2022); hábitats sujetos a distintos tipos de perturbación (bosque nativo primario, bosque nativo de crecimiento secundario después de incendios, bosque de pino reforestado, pastizal antropogénico; cuyos valores QBS-ar oscilaron entre 70 y 150 Galli et al., 2021).

4.2.1. Prueba post hoc Tukey y ANOVA de dos vías para los valores QBS-ar

Los resultados de la prueba post hoc de Tukey (Tabla 6) y del ANOVA de dos vías (Fig. 4), muestran diferencias altamente significativas tanto para el factor de la edad de las plantaciones de *P. patula* ($p = 1.61E-12$) como para el factor de la temporada ($p = 0.0005$). Un valor $p < 0.05$ indica que las diferencias observadas son estadísticamente significativas, lo que refuerza la hipótesis de que la edad de las plantaciones y la temporada ejercen una influencia notable en la salud y funcionalidad del suelo.

Tabla 6

Prueba post hoc Tukey con valores QBS-ar para las edades de P. patula

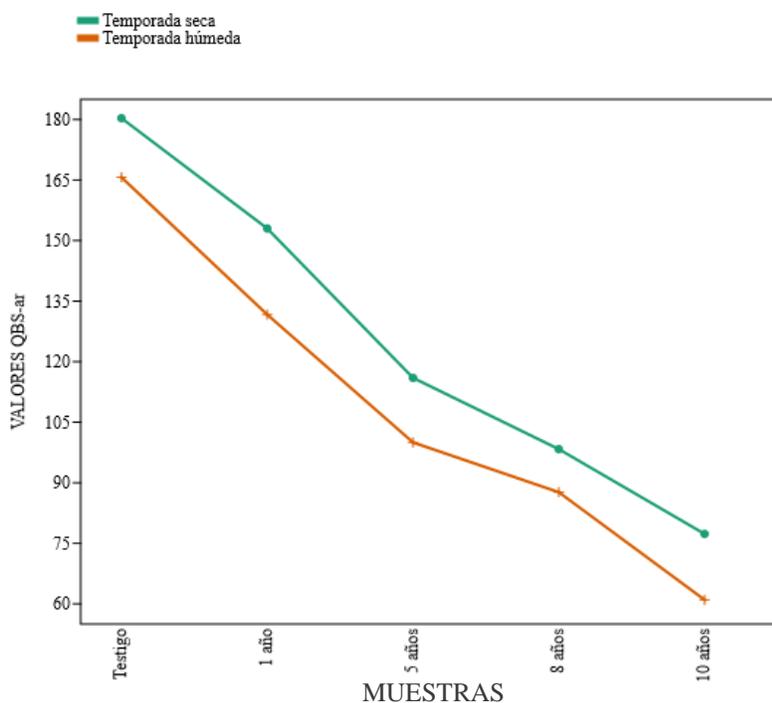
QBS-ar (Tukey)	Testigo	1 año	5 años	8 años	10 años
Testigo					
1 año	0.0004617				
5 años	7.67E-09	0.0001188			
8 años	1.97E-10	7.08E-07	0.1307		
10 años	1.61E-12	9.70E-10	2.36E-05	0.006022	

La prueba post hoc de Tukey, revela que las plantaciones de pino tienen una calidad biológica del suelo significativamente diferente a las muestras testigo. Esta variación se atribuye a que con el tiempo, estas plantaciones liberan sustancias alelopáticas, resinas, fenoles, lignina (Oliva et al. 2016) y acumulan capas de acículas más resistentes a la degradación que la hojarasca de especies latifoliadas, lo que acidifica el suelo (Braun et al., 2017; Ruíz, 2014; Dionisio Acuña, 2012), y es sabido que los microartrópodos están influenciados por diversos factores ambientales, como el pH del suelo (Loranger et al., 2001), la cantidad de materia orgánica (Merilä y Ohtonen, 1997), la disponibilidad de nutrientes (Bird et al., 2000), el tipo de

humus presente (Chagnon et al., 2001; Cassagne et al., 2003) y la cobertura vegetal (Paquin y Coderre, 1997). Además, estas plantaciones ofrecen menos nichos diversos para diferentes grupos de microartrópodos que los suelos de bosques naturales o con vegetación más variada, esto significa que a medida que el bosque de pino envejece, se favorece la presencia de organismos adaptados al ambiente homogéneo y ácido, como los ácaros y dipluros, y disminuye la diversidad de otros microartrópodos (Jhefrey et al., 2010; Condurri et al., 2005). Por otro lado, la compactación del suelo, que puede ocurrir en plantaciones más antiguas debido al peso de los árboles, reduce la porosidad y el oxígeno en la capa superficial, lo que representa un mal hábitat para la biota del suelo (Jhefrey, et al. 2010). Todos estos cambios producidos en el suelo, reducen la presencia de grupos ecomorfológicos y el valor de QBS-ar, que depende de la presencia o ausencia de diversos microartrópodos (Bedano et al., 2006; Menta et al., 2011).

Fig. 4

ANOVA de dos vías para la temporada (seca y húmeda) entre los valores de QBS-ar y las muestras evaluadas



Como se observa en la Fig. 4 los valores QBS-ar son relativamente más altos en temporada seca que en temporada húmeda. Estos valores pueden explicarse por como la mesofauna es muy sensible a los cambios climáticos (Socarrás, A. y Izquierdo, I. 2016). Durante la temporada seca, el suelo suele ser menos compacto y presenta menos saturación de agua, lo que favorece la aireación y permite que haya más oxígeno disponible en los espacios porosos beneficiando la presencia y actividad de organismos que requieren mayor disponibilidad de oxígeno (Jhefrey, et al. 2010). Por el contrario, en la temporada húmeda, el exceso de agua en el suelo reduce la cantidad de aire en los poros (Jhefrey, et al. 2010), limitando la disponibilidad de oxígeno y afectando negativamente a microartrópodos que son menos tolerantes a la saturación hídrica (Socarrás, A. y Izquierdo, I. 2016). Estos cambios generan condiciones menos favorables para organismos como quilópodos y algunos coleópteros que dependen de suelos bien aireados, mientras que favorecen organismos adaptados a la humedad, como los ácaros y los dipluros (Jhefrey, et al. 2010). Esta variación estacional en la composición de la fauna edáfica es un factor clave en la fluctuación de los valores de QBS-ar, lo que concuerda con estudios realizados por Shrestha y Budha (2022); Blasi et al., (2013); Galli et al., (2014, 2021).

4.2.2. Relación entre los valores QBS-ar y los grupos ecomorfológicos

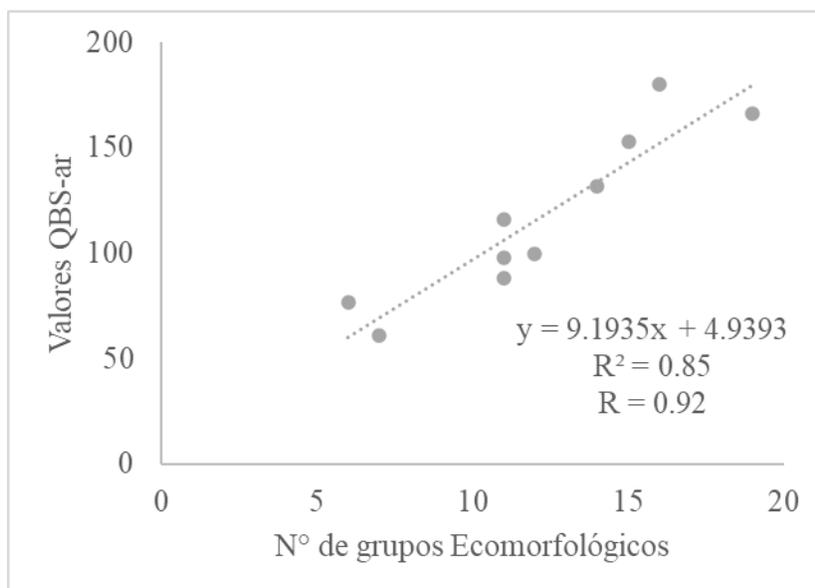
La gráfica muestra una aceleración positiva fuerte ($R = 0,92$) entre el número de grupos ecomorfológicos y los valores del índice QBS-ar en suelos de plantaciones de *P. patula* de diferentes edades y muestras testigo, indicando que un mayor número de grupos ecomorfológicos se traduce en valores más altos del índice QBS-ar. Esto se debe a que los grupos ecomorfológicos son un indicador directo de la calidad biológica del suelo, ya que refleja su diversidad y estabilidad biológica. Sin embargo, esta diversidad varía dependiendo de las condiciones del suelo, como la edad de la plantación, el contenido de materia orgánica, la

estructura y la humedad del suelo. Por tanto, aunque los grupos ecomorfológicos y los valores QBS-ar están intrínsecamente relacionados, su variación está condicionada por factores ambientales y de manejo forestal que afectan la calidad del suelo. Por otro lado, al determinar el coeficiente de determinación (R^2) se obtuvo un valor de 0.85, lo que indica que el 85% de la variabilidad en valor del QBS-ar puede explicarse por la cantidad de grupos ecomorfológicos presentes (Fig. 5), esta correlación está respaldada por otros estudios que revelan los mismos comportamientos (Ghiglieno et al., 2019; Lisa, 2012; Lisa et al., 2022; Parisi et al., 2005).

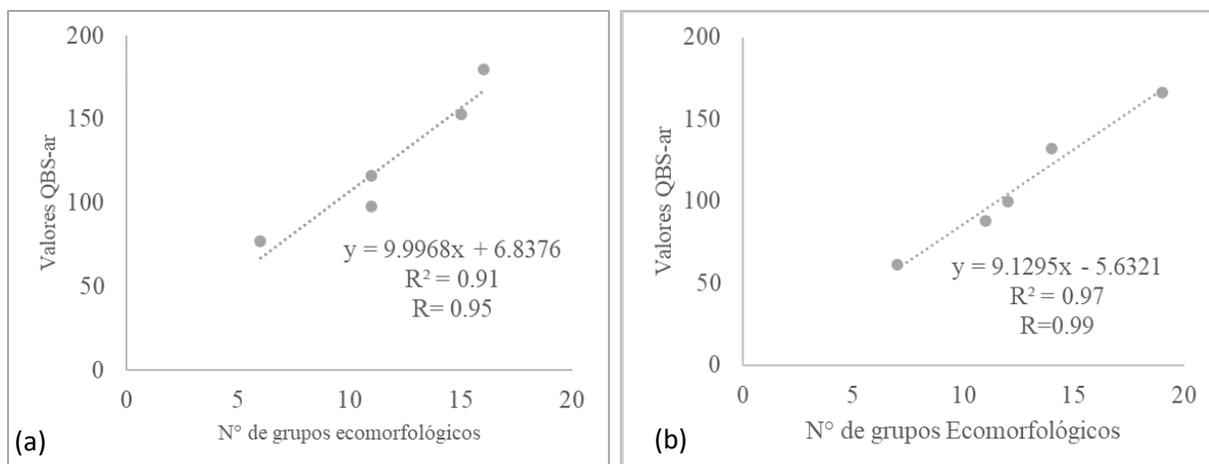
Esto se refuerza aún más durante las temporadas seca ($R = 0.95$ y $R^2 = 91\%$) y temporada húmeda ($R = 0.99$ y $R^2 = 98\%$) respectivamente (Fig. 6). En la temporada húmeda, la relación es más estrecha, evidenciando que, aunque el número de grupos ecomorfológicos es un indicador directo de la calidad biológica del suelo, su relación con el índice QBS-ar varía según las condiciones climáticas, especialmente la disponibilidad de agua, como lo sugiere (Parisi et al., 2005), quienes recomiendan la recolección de muestras QBS-ar cuando la humedad del suelo se encuentra entre el 40% y el 80% de su capacidad de campo, debido a que en la temporada húmeda, las lluvias afectan la actividad de ciertos organismos, lo que coincide con lo observado por Parisi et al. (2005) y Costantini et al. (2015). Además, diversos autores han observado la variabilidad estacional en la fauna del suelo (Galli et al., 2014; Menta et al., 2011; Tabalgio, et al., 2009).

Fig. 5

Relación entre valores promedio de *QBS-ar* y número de grupos ecomorfológicos

**Fig. 6**

Relación entre los valores promedio de *QBS-ar* y número de grupos ecomorfológicos en ambas temporadas: (a) temporada seca, (b) temporada húmeda



Las comunidades de microartrópodos son altamente susceptibles a las fluctuaciones en la temperatura y la humedad, ya que la escasez de agua en el suelo puede inducir estrés debido a la pérdida de humedad (Ghiglieno et al., 2019) y la presencia de abundante agua puede generar

condiciones anóxicas debido a la saturación de los poros del suelo. Por otro lado, en otros estudios revelan que a mayor humedad del suelo mayor diversidad de microartrópodos (Aupic-Samain et al., 2021; Bhagawati et al., 2020; Jakšová et al., 2020; Latterini et al., 2022; Sterzyńska et al., 2015).

4.2.3. PERMANOVA del QBS-ar y los grupos ecomorfológicos para las edades de *P. patula*

El análisis no paramétrico MANOVA (PERMANOVA) basado en la distancia de disimilitud de Bray Curtis, llevado a cabo entre los grupos ecomorfológicos y la calidad biológica del suelo de las edades de *P. patula*, reveló diferencias altamente significativas (Tabla 7). El nivel de significancia fue corregido según el estadístico de Bonferroni con un valor de $F = 56.39$ y un valor de $p = 0.0001$, confirmando lo observado anteriormente que junto a una aparente variación de la calidad biológica del suelo hay una variación constante de la biodiversidad del mismo.

Tabla 7

*PERMANOVA del QBS-ar y los grupos ecomorfológicos para las edades de *P. patula**

	Testigo	1 año	5 años	8 años	10 años
Testigo					
1 año	0.065				
5 años	0.021	0.06			
8 años	0.036	0.029	0.384		
10 años	0.019	0.021	0.022	0.049	

Estas diferencias concuerdan con otros estudios (Baretta et al., 2007; Pereira et al., 2017; Santos et al., 2018; Zagatto et al. 2019b, 2020) donde han indicado que existe una diferencia

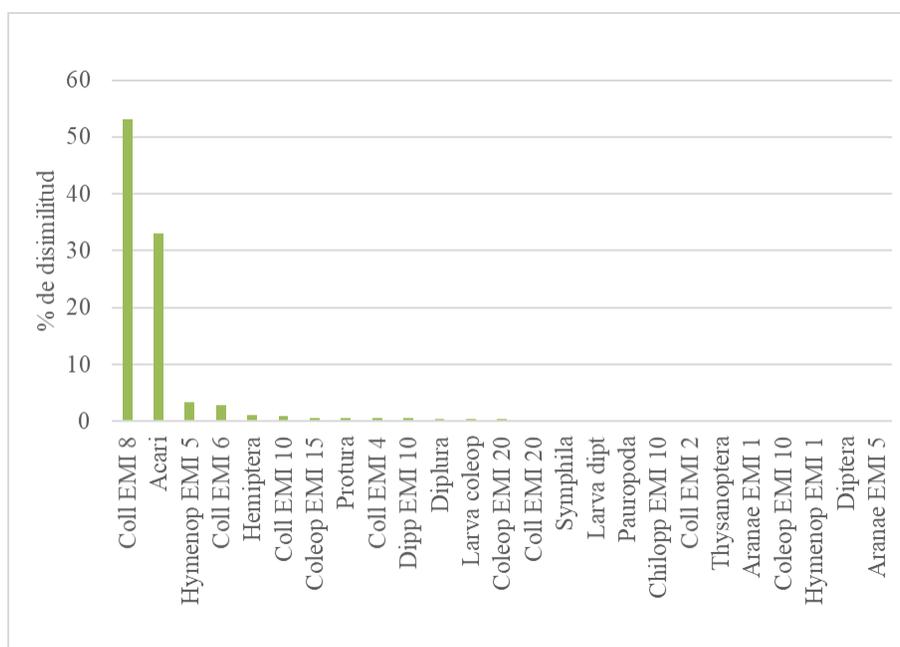
significativa en la comunidad y composición de artrópodos del suelo en áreas naturales (incluido las áreas protegidas) y en las áreas que involucran actividades antropogénicas.

4.2.4. Análisis SIMPER

Del análisis SIMPER realizado entre los sitios muestreados por la matriz de densidad encontrada para cada grupo EMI, demostró que los taxones que más contribuyen a esta diferencia son los cólembolos EMI 8 (53.17%), ácaros (33.13%), y en menor porcentaje los taxones de himenópteros, cólembolos EMI 6 y Hemíptera (Fig. 7), estos resultados coinciden con los encontrados por Menta et al., (2020). Es importante resaltar que los taxones de shymphylos, paurópodos y diplópodos estuvieron ausentes en las parcelas de 10 años, mientras que los proturos y shymphylos disminuyeron en presencia en las muestras de 5, 8 y 1 año, esto concuerda con (Blasi et al., 2013, Lisa, 2023).

Fig. 7

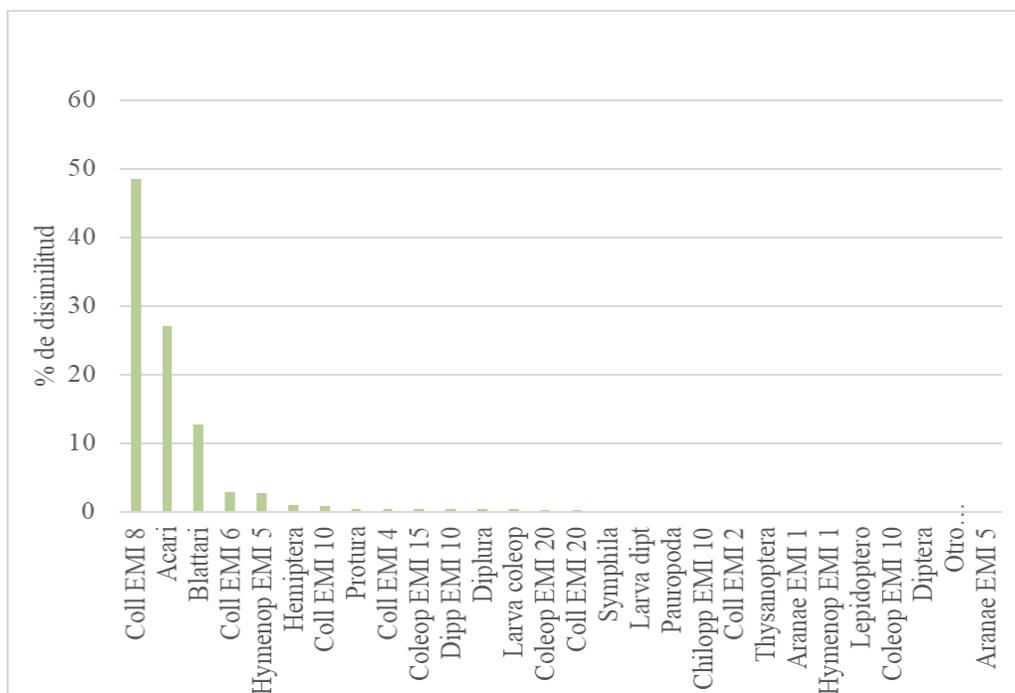
Análisis de disimilitud entre los grupos ecomorfológicos y edades de P. patula



En cuanto a las temporadas seca y húmeda, la disimilitud también está dada principalmente por los cólembolos EMI 8 (48.49%), ácaros (27.05%), blattari (12.68%), y en menor medida por taxones de cólembolos EMI 6, himenópteros y hemípteros (Fig. 8). Esta disimilitud es menor debido a que en temporada húmeda los taxones como de ácaros disminuyen su abundancia, lo que podría estar influenciado por el periodo de colecta (Parisi et al., 2005), el tipo de suelo (Aupic-Samain et al., 2021; Bedano et al., 2006; Jakšová et al., 2020; Latterini et al., 2022) o la interacción de ambos, por lo tanto la presencia o ausencia de taxones depende de su adaptación para sobrevivir en diferentes condiciones de suelo (Bedano et al., 2006; Jakšová et al., 2020).

Fig. 8

Análisis de disimilitud entre grupos ecomorfológicos para temporada seca y húmeda.

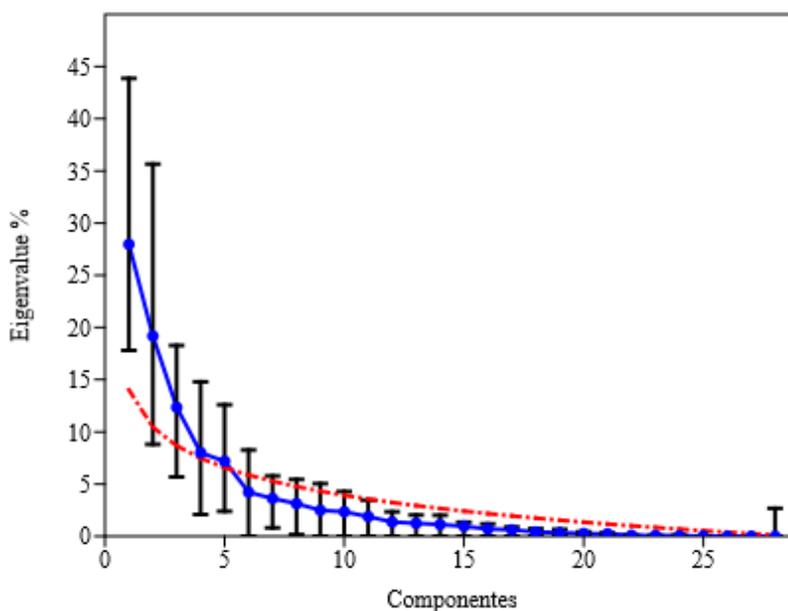


4.2.5. Análisis de Componentes principales

El análisis de componentes principales se realizó utilizando una matriz rectangular entre los sitios muestreados en ambas temporadas y los grupos ecomorfológicos. Los componentes principales más significativos son los dos primeros (Fig. 9).

Fig. 9

Representación de los componentes principales

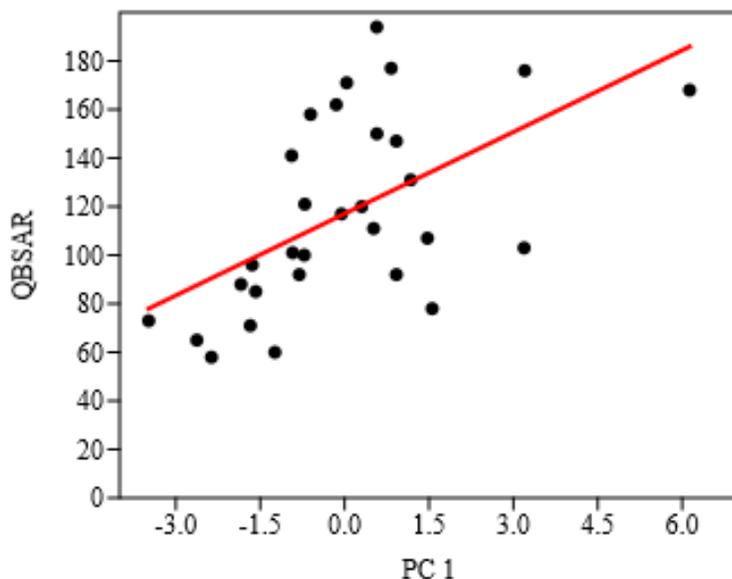


En términos generales, los dos componentes principales solo explican el 47.2% de la variabilidad total. El primer componente (PC1) explica el 28%, mientras que el segundo componente (PC2) explica el 19.2%. Al realizar un análisis de relación entre el PC1 y los valores del QBS-ar (Fig. 10) también presentan diferencias altamente significativas ($p = 0.001$), además sugiere que, aunque PC1 tiene cierta influencia en la variabilidad de los valores de QBS-ar, esta relación no es tan fuerte ($R = 0.31$), lo que indica que otros factores además de PC1 también

están influyendo en los valores de QBS-ar. Estos factores podrían estar relacionados con los cambios en el microambiente del suelo donde residen los diferentes ordenes taxonómicos y están afectados por propiedades físicas del suelo como la granulometría, el pH, la estratificación, la calidad y cantidad de materia orgánica y la porosidad (Huhta y Rätty, 2005).

Fig. 10

Relación entre el PC1 y los valores QBS-ar

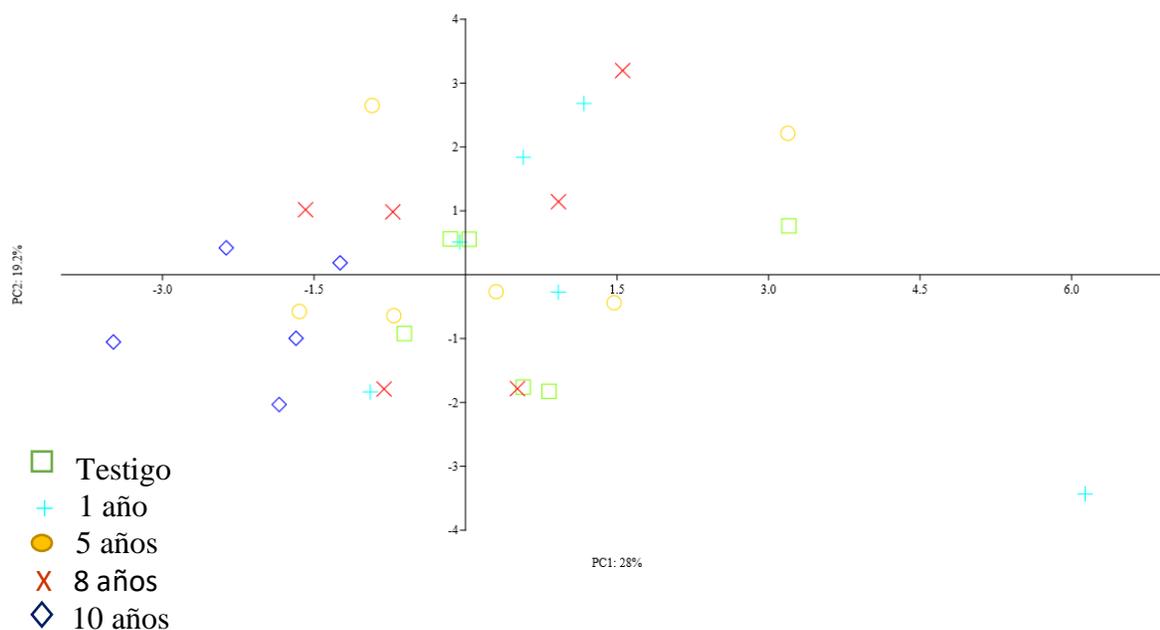


En la disposición espacial de los puntos observamos que las áreas designadas como muestras testigo se agrupan cerca del origen de los componentes principales, lo que sugiere que estas áreas tienen características estables o que no están muy influenciadas por los componentes principales, en relación con las áreas ocupadas por *P. patula* de distintas edades, como las áreas de 1 año que muestran la mayor variabilidad en cuanto a los grupos ecomorfológicos, en cuanto a las áreas de 8 y 5 años que se encuentran dispersas en diferentes direcciones sugiriendo que

presentan características variables, y por último observamos que las áreas relacionadas con una menor calidad de suelo (10 años) se agrupan en el semieje negativo de PC2 (lado izquierdo de la Fig. 11) sugiriendo un perfil definido, probablemente asociado con características específicas del suelo. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Lisa, (2023, pp. 8) para áreas afectadas por actividades antrópicas.

Fig. 11

Análisis de componentes principales con grupos EMI



Si bien el análisis de componentes principales solo resalta variaciones particulares entre el área testigo y el área de 10 años, los grupos ecomorfológicos que más influyen sobre el PC1, son los himenópteros, hemípteros, ácaros, cólembolos hemiedáficos y en menor medida por diplópodos, sínfilos, proturos, dipluros, paurópodos y coleópteros (Fig. 12) ya que estos grupos son más vulnerables a las perturbaciones (Blasi et al., 2013). Ambos componentes principales

muestran cierta influencia de organismos que están adaptados a vivir en el suelo y desempeñan roles críticos en los ecosistemas terrestres (Bedano, 2007; Bedano et al., 2006; Blasi et al., 2013; Lisa et al., 2022).

Fig. 12

Grupos ecomorfológicos que influyen en el PC1

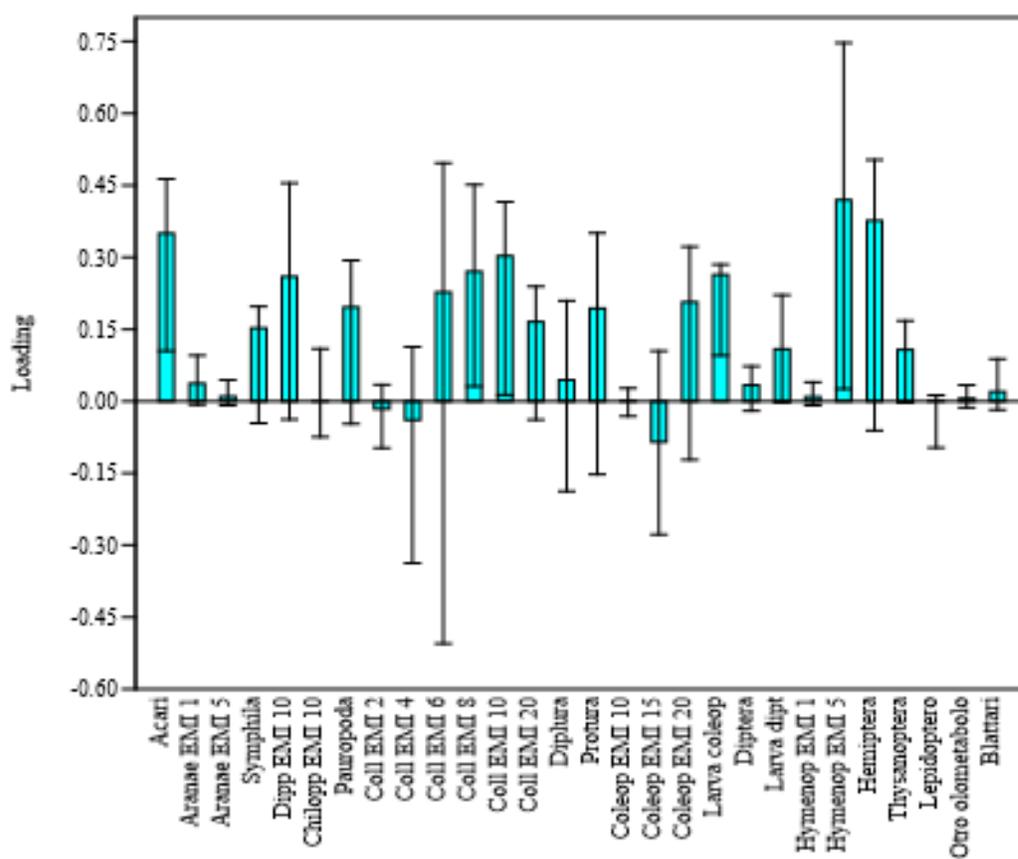
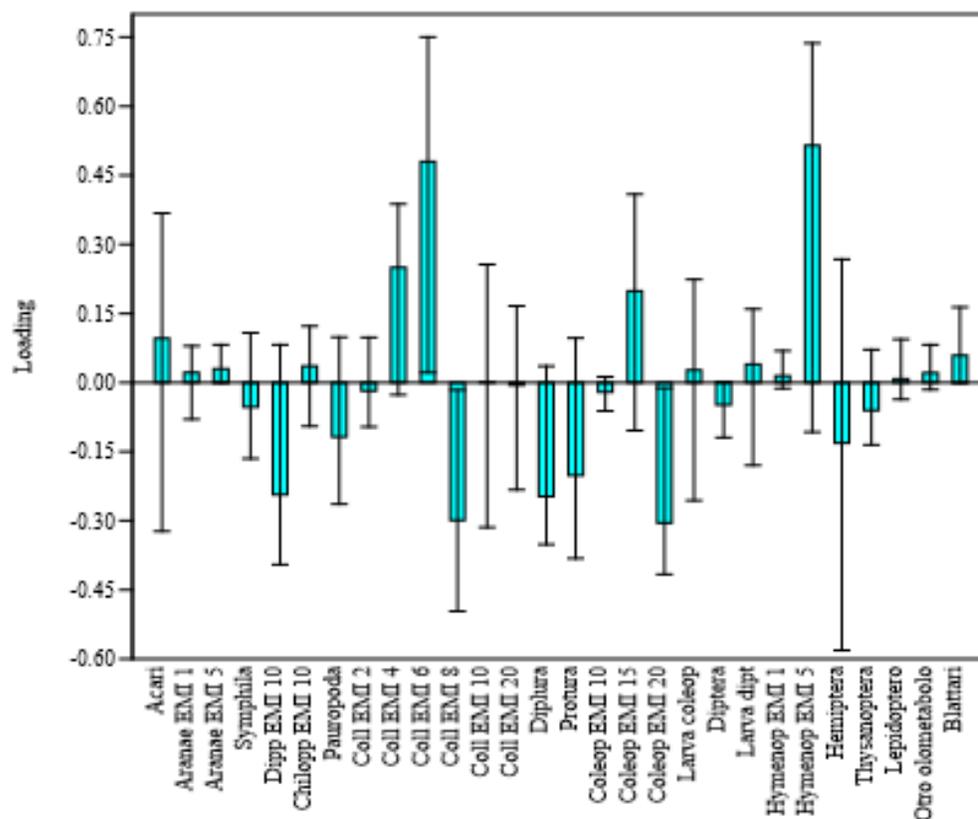


Fig. 13

Grupos ecomorfológicos que influyen en el PC2



4.3. Calidad biológica del suelo a través de los índices de biodiversidad

4.3.1 Índice de Shannon – Wiener

El índice de Shannon - Wiener en la Tabla 8 expone que la diversidad es baja en todas las unidades muestrales evaluadas. Sin embargo, muestra una influencia de las edades de las plantaciones alcanzando su valor máximo (1.28) en las muestras de 5 años en temporada húmeda en comparación con las muestras de 10 años en temporada seca que alcanza el valor mínimo (0.61), indicando que unos pocos grupos son muy abundantes en ese hábitat, mientras que otros están presentes en cantidades mucho menores.

Tabla 8

Índice de diversidad de especies Shannon - Wiener en las edades de plantaciones a diferentes temporadas

MUESTRAS	SHANON WIENER (H')	
	Temporada húmeda	Temporada seca
Testigo	0.87	1.06
1 año	1.14	1.09
5 años	1.28	0.75
8 años	1.19	0.80
10 años	1.11	0.61

Estas variaciones en la diversidad podrían estar vinculadas a factores edáficos, de temperatura y humedad, como han sugerido otros estudios (Cabrera et al., 2019), al demostrar que los colémbolos y ácaros son altamente sensibles a la humedad y a las condiciones físico-químicas del suelo (Diaz Rafael, 2023; Merino, 2021; Galli et al., 2021). Otro factor que puede influir en la diversidad baja de las muestras testigo es el pastoreo y la ausencia de cobertura arbórea que pueden ser factores determinantes, mientras que en las plantaciones de *P. patula* es el tiempo de establecimiento del sistema y la competencia entre taxones por los recursos (Socarras Rivero, 2018).

4.3.2. Índice de Simpson

El índice de Simpson en la tabla 9, determina que el valor más alto de diversidad (0.63) se observa en los *P. patula* de 5 años durante la temporada húmeda, lo que indica que ninguna

especie domina la comunidad. Sin embargo, en 10 años, este valor disminuye a 0.34, lo que sugiere que una o unas pocas especies dominan la comunidad, mientras que otras están escasamente presentes.

Tabla 9

Índice de Simpson en las edades de plantaciones a diferentes temporadas

MUESTRAS	INDICE DE SIMPSON	
	Temporada húmeda	Temporada seca
Testigo	0.43	0.54
1 año	0.59	0.50
5 años	0.63	0.39
8 años	0.57	0.40
10 años	0.60	0.34

Por otro lado, en las muestras testigo donde el índice de Simpson alcanza valores entre 0.43 y 0.54, se observa una diversidad intermedia, con una mezcla de especies dominantes y menos dominantes, lo que sugiere estabilidad y equilibrio en la estructura de la mesofauna edáfica (Galli et al., 2021; Castellanos et al., 2021). El índice de Simpson confirma la dominancia de ciertas especies, lo que sugiere una menor resiliencia del ecosistema en plantaciones de mayor antigüedad.

4.3.3. Índice de Margalef

De acuerdo con el índice de Margalef en la Tabla 10, muestra una diversidad media para las muestras testigo y *P. patula* de 1 año en ambas temporadas, alcanzando su valor máximo

(2.67) en las muestras testigo en temporada húmeda, lo que indica que hay una gran variedad de grupos presentes en proporción al tamaño de la muestra, en comparación a la muestra de 10 años en temporada seca con un valor de 0.86 que presenta una diversidad baja, sugiriendo que hay menos grupos diferentes presentes en esa área.

Tabla 10

Índice de diversidad de Margalef en las edades de plantaciones a diferentes temporadas

MUESTRAS	MARGALEF	
	Temporada húmeda	Temporada seca
Testigo	2.67	2.33
1 año	2.17	2.15
5 años	1.84	1.60
8 años	1.83	1.48
10 años	1.05	0.86

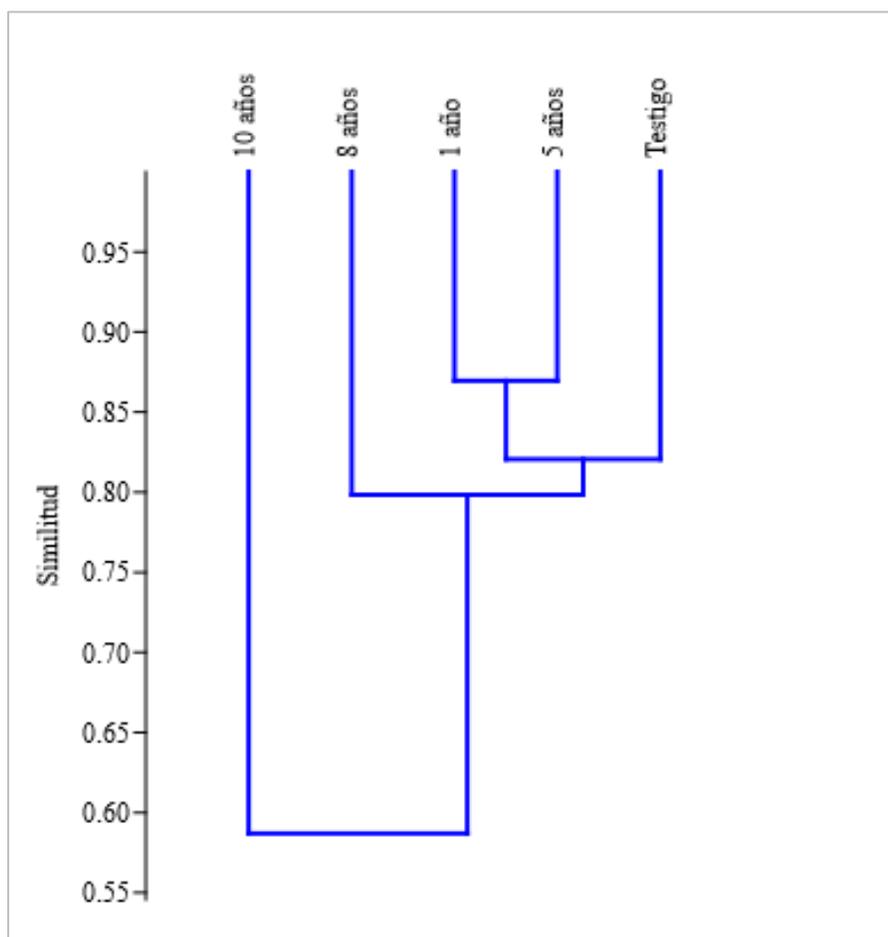
Según los resultados obtenidos en el índice de Margalef para las diferentes áreas y temporadas indican que la diversidad de grupos taxonómicos disminuye de acuerdo a la perturbación a la que es sometida el suelo y a la estacionalidad. Esta investigación apoya los estudios hechos por Touloumis y Stamou, (2009) que indican que la abundancia de artrópodos varía de picos de lluvia a picos de verano. Además, los resultados sugieren que las áreas fuera de la influencia de árboles tienen mayor abundancia de microartrópodos que las áreas que están bajo la influencia de árboles, resultados similares obtuvo Fondón, et al., 2020.

4.3.4. Coeficiente de similitud de Jaccard (Análisis de Clúster)

Según el análisis de Clúster mediante el coeficiente de Jaccard revela que las muestras de 1 año y 5 años son las que tienen mayor similitud entre ellas (Fig. 14). Estos resultados sugieren que existen diferencias significativas en la estructura de la comunidad biológica entre las áreas con y sin plantaciones de *P. patula*, esta similitud estaría influenciada por las condiciones de físicas y químicas del suelo (Merino, 2021; Galli et al., 2021).

Fig. 14

Índice de Cluster (mediante el coeficiente de Jaccard)



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.2. Conclusiones

El análisis de la composición y diversidad de la mesofauna en suelos de plantaciones de *Pinus patula* evidenció una alta riqueza biológica, con un total de 18,063 individuos pertenecientes a 19 grupos ecomorfológicos. La clase Collembola fue dominante con un 62%, seguida por Arácnida (33%), e Insecta y Miriápoda en menor proporción. Las muestras testigo y de 1 año presentaron mayor diversidad ecomorfológica, siendo hasta tres veces superiores a las muestras de 10 años, que mostraron un impacto significativo por las plantaciones. Asimismo, la estacionalidad influyó notablemente en la abundancia, con el 61% de los individuos recolectados en la temporada seca y el 39% en la húmeda.

La calidad biológica del suelo en plantaciones de *Pinus patula* de diferentes edades, evaluada mediante el índice QBS-ar en dos temporadas (seca y húmeda), muestra variaciones significativas. En la temporada seca, las plantaciones de 10 y 8 años presentaron una calidad de suelo “baja”, mientras que las de 5 y 1 año, así como las muestras testigo, mostraron una calidad “aceptable”. En la temporada húmeda, las plantaciones de 10, 8 y 5 años mantuvieron una calidad de suelo “baja”, mientras que las de 1 año y las muestras testigo presentaron una calidad “aceptable”. Estos resultados indican que la edad de las plantaciones y la temporada influyen

significativamente en la calidad biológica del suelo, con una tendencia a una menor calidad en plantaciones más antiguas y durante la temporada húmeda.

La calidad biológica del suelo en plantaciones de *Pinus patula* mediante los índices de diversidad varía significativamente con la edad de las plantaciones y la temporada. Las plantaciones más jóvenes (1 y 5 años) presentan una mayor diversidad y abundancia de organismos del suelo, lo que se traduce en una mejor calidad biológica en comparación con las plantaciones más antiguas (8 y 10 años). La estacionalidad también influye, con una mayor actividad biológica observada durante la temporada húmeda. Estos resultados subrayan la importancia de la gestión adecuada de las plantaciones forestales para mantener la salud y funcionalidad del suelo, considerando tanto la edad de las plantaciones como las condiciones estacionales.

5.2. Recomendaciones

Realizar evaluaciones mensuales utilizando el índice QBS-ar para analizar mejor las tendencias estacionales del suelo y su biodiversidad e integrarlo con análisis físico – químicos del suelo.

Ampliar la aplicación del QBS-ar a diferentes entornos y condiciones climáticas en diversas áreas, como minería, zonas urbanas forestales y áreas protegidas. Este índice podría utilizarse para prevenir impactos negativos en el suelo causados por actividades humanas.

El QBS-ar muestra potencial como herramienta para el monitoreo continuo de la biodiversidad del suelo, lo que puede proporcionar información crucial para la gestión sostenible de recursos y la conservación del medio ambiente.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

- Alvarez Calderón, V., Hernández-Fonseca, V. y Hernández Gamboa, J. (2005). Catálogo de garrapatas suaves (Acari: Argasidae) y duras (Acari: Ixodidae) de Costa Rica. *Revista Brenesia*, 63(64), 81-88. <https://www.senasa.go.cr/informacion/centro-de-informacion/informacion/material-educativo/investigaciones/234-articulo-catalogo-de-garrapatas-suaves-acari-argasidae-y-duras-acari-ixodidae-de-costa-rica/file>
- ANDINA. (14 de agosto del 2018). *El pino es la plantación forestal con el mayor potencial maderable de Cajamarca / Noticias / Agencia Peruana de Noticias Andina*. <https://andina.pe/agencia/noticia-el-pino-es-plantacion-forestal-con-mayor-potencial-maderable-cajamarca-720955.aspx>
- Andrés Pastor, P. (1991). *Descomposicion de la materia organica en dos ecosistemas forestales del macizo del montseny (barcelona): papel de los acaros oribatidos (acari, oribatei)*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=268408>
- Anu, A., Sabu, T. K. y Vineesh, P. J. (2009). Seasonality of litter insects and relationship with rainfall in a wet evergreen forest in south western Ghats. *Journal of Insect Science*, 9(1), 1-10. <https://doi.org/10.1673/031.009.4601>

- Aupic Samain, A., Baldy, V., Delcourt, N., Krogh, P. H., Gauquelin, T., Fernandez, C. y Santonja, M. (2021). Water availability rather than temperature control soil fauna community structure and prey–predator interactions. *Functional Ecology*, 35(7), 1550-1559. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13745>
- Barahona Urbano, J. C. (2012). *Influencia de las plantaciones de Eucalyptus globulus Labill Y Pinus radiata D. Don en las propiedades del suelo, Chamiseria-Junin*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/2610>
- Baretta, D., Brescovit, A. D., Knysak, I. y Cardoso E.J.B.N. (2007). Trap and soil monolith sampled edaphic spiders (Arachnida: Araneae) in Araucaria_angustifolia forest. *Scientia Agricola*, 64(4), 375–383.
- Battigelli, J. P. (2000). Impact of soil compaction and organic matter removal on soil fauna in the Sub-Boreal Spruce zone of central British Columbia [Tesis de grado, Universidad de Alberta]. <https://era.library.ualberta.ca/items/fe64697b-81c9-4683-b4b5-c391f4611eda/view/b3642e7b-342d-4237-a70a-16ffd84a94f0/NQ59563.pdf>
- Battigelli, J. P.; Spencer, J. R.; Langor, D. W. y Berch, S. M. (2004). Shortterm impact of forest soil compaction and organic matter removal on soil mesofauna density and oribatid mite diversity. *Revista Canadiense de Investigación Forestal*, 34(5), 1136-1149. <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/x03-267>
- Bedano, J. C. (2007). *Rol de la mesofauna edáfica en la evaluación de la calidad del suelo* [Archivo Pdf.] CONICET. https://www.academia.edu/11459568/Cap%C3%ADtulo_15_EL_ROL_DE_LA_MESOFA

UNA EDIFICACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO

- Bedano, J. C., Cantú, M. P. y Doucet, M. E. (2006). Soil springtails (Hexapoda: Collembola), symphylans and pauropods (Arthropoda: Myriapoda) under different management systems in agroecosystems of the subhumid Pampa (Argentina). *European Journal of Soil Biology*, 42(2), 107 - 119. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.11.004>
- Behan Pelletier, V. M. (1999). Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: Role for bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74(1-3), 411-423. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00046-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00046-8)
- Bellinger, P.F.; Christiansen, K.A. y Janssens, F. (25 de febrero de 2023). Checklist of the Collembola: Families. <http://www.collembola.org./index.html>
- Beltran, M.A. y Pinzon, O.P. (2018). Termitofauna (Isoptera: Termitidae, Rhinotermitidae) en plantaciones de *Pinus caribaea* en sabanas de la Orinoquia Colombiana. *Revista Colombiana de Entomología* 44 (1): 61-71. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882018000100061
- Berthrong, S. T., Jobbágy, E. G. y Jackson, R. B. (2009). A global meta-analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon, and nitrogen with afforestation. *Ecological Applications*, 19(8), 2228-2241. <https://doi.org/10.1890/08-1730.1>
- Bhagawati, S., Bhattacharyya, B., Medhi, B. K., Bhattacharjee, S. y Mishra, H. (2020). Diversity and density of Collembola as influenced by soil physico-chemical properties in fallow land ecosystem of Assam, India. *Journal of Environmental Biology*, 41(6), 1626-1631. <https://doi.org/10.22438/JEB/41/6/SI-229>

- Bird, S., Coulson, R. N., Crossley, D.A. (2000). Impacts of silvicultural practices on soil and litter arthropods diversity in a Texas pine plantation. *Forest Ecology and Management*, 131 (1-3), 65-80. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00201-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00201-7)
- Blasi, S., Menta, C., Balducci, L., Conti, F. D., Petrini, E. y Piovesan, G. (2013). Soil microarthropod communities from Mediterranean forest ecosystems in Central Italy under different disturbances. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(2), 1637-1655. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2657-2>
- Braun, A. Ch., Troeger, D., Garcia, R., Aguayo, M., Barra, R. y Vogt, J. (2017). Assessing the impact of plantation forestry on plant biodiversity: A comparison of sites in Central Chile and Chilean Patagonia. *Global Ecology and Conservation*, 10(1), 159-172. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.03.006>
- Cabrera, G. y Crespo, G. (2001). Influencia de la biota edáfica en la fertilidad de los suelos en ecosistemas de pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 35(1):3-9. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193014947002.pdf>
- Cassagne, N., Gauquelin, T., Bal-Serin, M. C. y Gers, C. (2006). Endemic Collembola, privileged bioindicators of forest management. *Pedobiologia*, 50(2), 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.10.002>
- Cassagne, N., Gers, C.H., Gauquelin, T. (2003). Relationships between Collembola, soil chemistry and humus type in forest stands (France). *Biology and Fertility of Soils*, 37(6), 355- 361. <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0610-9>
- Castellanos Gonzales, L., Capacho Mogollón, A.E., Castellanos Hernández, L. (2021). Abundancia y diversidad de la mesofauna del suelo en seis municipios de Norte de

Santander, Colombia. *INGECUC*, 17(1), 303-314.

<http://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.22>

Castillo Valdez, X., Etchevers Barra, J. D., Hidalgo Moreno, C. M. I. y Aguirre Gómez, A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores.

Revista Terra Latinoamericana, 39(1),1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.698>

Castro, M. (20 de abril de 2020). *Regosol: características y usos*. *Lifeder*.

<https://www.lifeder.com/regosol/>

Chacón Vintimilla, G., Gagnon, D., Pare, D. y Proulx, D. (2003). Impacto de la deforestación, pastizales, plantaciones de eucalipto y pino en suelos de bosque montano alto, en la sierra sur del Ecuador. *Revista de Investigaciones de La Universidad de Azuay*, 11(1), 19–34.

[https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Chacon-](https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Chacon-4/publication/260123398)

[4/publication/260123398](https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Chacon-4/publication/260123398) [Impacto de la deforestacion pastizales plantaciones de Eucalipto y Pino en suelos de bosque montano alto en la Sierra Sur del Ecuador Revista de Investigaciones de la Universidad del Azuay No 11/links/00b7d52fa51f4886c5000000/Impacto-de-la-deforestacion-pastizales-plantaciones-de-Eucalipto-y-Pino-en-suelos-de-bosque-montano-alto-en-la-Sierra-Sur-del-Ecuador-Revista-de-Investigaciones-de-la-Universidad-del-Azuay-No-11.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Chacon-4/publication/260123398)

Chagnon, M.; Paré, D.; Hébert, C.; Camire, C. (2001). Effects of experimental living on collembolan communities and soil microbial biomass in a southern Québec sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) stand. *Applied Soil Ecology*, 17(1), 81-90.

[https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00134-7](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00134-7)

- Chocobar Guerra, E. A. (2010). *Edafofauna como indicador de calidad en un suelo cumulic phaozem sometido a diferentes sistemas de manejos en un experimento de larga duración* [Tesis de grado, Colegio de Postgraduados].
<http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/317>
- Codurri M., Truzzi A., Bertozzi M.C. (2005) - *Microartropodi del terreno. Manuale da campo per il riconoscimento dei microartropodi del terreno come indicatori della qualità biologica del suolo (metodo QBS-ar)*. Quaderno di campo n. 4. Consorzio del Parco Naturale dell' Oglio Sud. [Archivo Pdf.] <https://www.ogliosud.it/pdfuff/PROGSdocumento-133-2.pdf>
- Costantini, E. A. C., Agnelli, A. E., Fabiani, A., Gagnarli, E., Mocali, S., Priori, S., Simoni, S. y Valboa, G. (2015). Short-term recovery of soil physical, chemical, micro- and mesobiological functions in a new vineyard under organic farming. *SOIL*, 1(1), 443-457.
<https://doi.org/10.5194/soil-1-443-2015>
- D'Avino, L., Bigiotti, G., Vitali, F., Tondini, E., L'Abate, G., Jacomini, C., Cassi, F., Menta, C. y QBS-ar SISS. (22 de marzo del 2023). *Caja de herramientas de índice QBS-ar y QBS-ar_BF para la evaluación de la biodiversidad de la comunidad de microartrópodos en el suelo (2.0)*. ZENODO. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7778672>
- De la Fuente, F. 1994. Zoología de Artrópodos. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 56(1-4), 328-408. <https://es.scribd.com/document/448688840/1994-de-la-Fuente-Zoologia-de-artropodos>
- Diaz Rafael, F., (2023). Influencia de las plantaciones de pino (*P. patula* Schiede ex Schldl. Y cham.) sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos del bosque montano de

- Chalamarca, Cajamarca, Perú. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota] <http://hdl.handle.net/20.500.14142/385>
- Dionisio Acuña, M. (2012). *Efecto de las plantaciones de Pinus sobre las propiedades del suelo, Cullpa Alta, Huancayo - Junín*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2616>
- Doran, J. W. y Zeiss, M. R. (2000). Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15(1), 3-11. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00067-6)
- Fiordigigli, R. (2009). *Analisi della qualità biologica del suolo attraverso il metodo QBS-ar in alcuni ambienti forestali della provincia di Rieti* [Tesis de grado, Universidad de Tuscia]. <http://hdl.handle.net/2067/1098>
- Fragoso, C., Reyes Castillo, P. y Rojas, P. (2018). La importancia de la biota edáfica en México. *Acta Zoológica Mexicana* (N.S.), 1-10. <https://doi.org/10.21829/azm.2001.8401842>
- Frank, D. y Frinckh, M. (1997). Impactos de las plantaciones de pino oregón sobre la vegetación y el suelo en la zona centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 70(2) 191-211. [https://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1997/2/Frank & Finckh 1997.pdf](https://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1997/2/Frank_%20Finckh_1997.pdf)
- Galli, L. (2020). An User Friendly Tool to Assess the Effects on Agricultural Soils of Different Practices: The QBS-Ar Index. *Modern Concepts y Developments in Agronomy*, 6(5), 680-682. <https://doi.org/10.31031/mcda.2020.06.000648>
- Galli, L., Capurro, M., Menta, C. y Rellini, I. (2014). Is the QBS-ar index a good tool to detect the soil quality in Mediterranean areas? A cork tree *Quercus suber* L. (Fagaceae) wood as a

case of study. *Italian Journal of Zoology*, 81(1), 126-135.

<https://doi.org/10.1080/11250003.2013.875601>

Galli, L., Lanza, E. y Rellini, I. (2021). First application of the QBS-ar Index in South America for the assessment of the biological quality of soils in Chile. *Soil Science Annual*, 72(2), 1-15. <https://doi.org/10.37501/soilsa/135990>

García Álvarez, A. y Bello, A. (2004). *Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica*, [Archivo Pdf.]

<https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Garcia-y-Bello-2004.pdf>

Gardi, C., Menta, C. y Parisi, V. (2002). Use of microarthropods as biological indicators of soil quality: the BSQ synthetic indicator. *Options Méditerranéennes*, A(50), 298-304.

<https://files.ctctcdn.com/808024f8001/52f4bd4a-f4ec-4138-a2e9-a1e845cfda0b.pdf>

Gayoso Aguilar, J. y Iroume Arrau, A. (1995). Impacto del manejo de plantaciones sobre el ambiente físico. *Revista Bosque*, 16(2), 3-12. <https://doi.org/10.4206/bosque.1995.v16n2-01>

GEO GPS PERÚ. (06 de octubre de 2020). Mapa hidrogeológico del Perú - Descargar Shapefile. <https://www.geogpsperu.com/2020/10/mapa-hidrogeologico-descargar-shapefile.html>

GEO GPS PERÚ. (febrero del 2018). Mapa geológico - Shapefile + Memoria descriptiva - ZEE OT MINAM. <https://www.geogpsperu.com/2018/02/mapa-geologico-shapefile-memoria.html>

Ghiglieno, I., Simonetto, A., Donna, P., Tonni, M., Valenti, L., Bedussi, F. y Gilioli, G. (2019). Soil biological quality assessment to improve decision support in the wine sector. *Agronomy*, 9(10), 2-14. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100593>

Gobierno Regional Cajamarca. (2021, February 12). *¡Histórico! Gobierno Regional Cajamarca sembró más de 500 mil plántones en jornada forestal de un solo día.*

<https://www.regioncajamarca.gob.pe/portal/noticias/det/2175>

Granda, P. (2006). *Monocultivos de árboles en Ecuador*. Movimiento Mundial por los Bosques

<https://www.accionecologica.org/monocultivos-de-arboles-en-ecuador/>

Guariata, M.R., Arce, J., Ammour, T. y Capella, J.L. (2017). *Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro*. Documento Ocasional 169.

CIFOR. <https://www.cifor-icraf.org/knowledge/publication/6461/>

Hammer, Ø., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1-9.

https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf

Hansen, R. A. y Coleman, D. C. (1998). Litter complexity and composition are determinants of the diversity and species composition of oribatid mites (Acari: Oribatida) in litterbags.

Applied Soil Ecology, 9(1–3), 17-23. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00048-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00048-1)

Hernández Tirado, A. E., Castaño Meneses, G., Ibañez Huerta, A., Ramos Chávez, D. E., Aguirre

Plata, L., Velázquez, D. P., Montes Recinas, S., Cruz Ortega, R., Hernández Tirado, A. E.,

Castaño Meneses, G., Ibañez Huerta, A., Ramos Chávez, D. E., Aguirre Plata, L.,

Velázquez, D. P., Montes Recinas, S. y Cruz Ortega, R. (2022). Artrópodos edáficos en diferentes usos de suelo de la Sierra Nevada, Tepetlaoxtoc, Estado de México, México.

Revista Colombiana de Entomología, 48(1), 1-10.

<https://doi.org/10.25100/SOCOLEN.V48I1.11632>

- Hofstede, R., Coppus, R., Mena, P., Segarra, P., Wolf, J. y Sevink, J. (2002). El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. *Revista Ecotropicos*, 15(1), 3-18. <https://www.researchgate.net/publication/260423686> El estado de conservacion de los p aramos de pajonal en el Ecuador
- Huhta, V. y Rätty, M. (2005). Soil animal communities of planted birch stands in central Finland. *Silva Fennica*, 39(1), 5-19. <https://doi.org/10.14214/sf.392>
- Jackson, D. A. (1993). Stopping rules in principal components analysis: A comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology*, 74(8), 2204-2214. <https://doi.org/10.2307/1939574>
- Jakšová, P., Luptáčík, P., Miklisová, D., Horváthová, F. y Hlavatá, H. (2020). Oribatida (Acari) communities in arable soils formed under waterlogged conditions: the influence of a soil moisture gradient. *Biologia*, 75(2), 243-257. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00291-2>
- Jeffery, S., Gardi, C., Jones, A., Montanarella, L., Marmo, L., Miko, L., Ritz, K., Peres, G., Römbke, J. y Putten, W. H. van der. (2010). *European Atlas of Soil Biodiversity*. ESDAC. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/european-atlas-soil-biodiversity>
- Latterini, F., Venanzi, R., Tocci, D. y Picchio, R. (2022). Depth-to-Water Maps to Identify Soil Areas That Are Potentially Sensitive to Logging Disturbance: Initial Evaluations in the Mediterranean Forest Context. *Land*, 11(5), 2-13. <https://doi.org/10.3390/land11050709>
- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P. y Rossi, J. P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42(1), 3-15. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.002>

- León-Gamboa, A. L., Ramos, C., y García, M. R. (2010). Efecto de plantaciones de pino en la artropofauna del suelo de un bosque Altoandino. *Revista de Biología Tropical*, 58(3), 1031-1048. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i2.5261>
- Lisa, C. (2012). *Applicazione dell'indice di qualità biologica del suolo (QBS-ar) in soprassuoli forestali percorsi da incendio. implicazioni per la pianificazione forestale* [Tesis de Doctorado, Universidad de Florencia]. https://flore.unifi.it/retrieve/e398c378-e04c-179a-e053-3705fe0a4cff/TESI_CHIARA_LISA.pdf
- Lisa, C. (2023). Biomonitoraggio dei microartropodi edafici in popolamenti di latifoglie percorsi da incendi nella Riserva Naturale di Montefalcone. *L'Italia forestale e montana*, 78(5), 173-188. <https://doi.org/10.36253/ifm-1122>
- Lisa, C., Paffetti, D., Marchi, E., Nocentini, S. y Travaglini, D. (2022). Use of an Edaphic Microarthropod Index for Monitoring Wildfire Impact on Soil in Mediterranean Pine Forests. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5(1), 1-13. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.900247>
- Loranger, G., Bandyopadhyaya, I., Razaka, B. y Ponge, JF. (2001). Does soil acidity explain altitudinal sequences in collembolan communities?. *Soil Biology & Biochemistry*, 33(3), 381–393. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00153-X](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00153-X)
- Mahdi, J. E., Abbott, L. K., Pauli, N. y Solaiman, Z. M. (2017). Biological indicators for soil health: Potential for development and use of on-farm tests. *Modern Tools and Techniques to Understand Microbes*, 3(319), 123–134. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49197-4_8/COVER

Marcela Toledo, D., Amanda Arzuaga, S., Alberto Galantini, J. y Vazquez, S. (2018).

Indicadores e índices biológicos de calidad de suelo en sistemas forestales. *Ciencia Suelo*, 3(12), 1-12.

<https://www.researchgate.net/publication/330093437> Indicadores e indices biologicos de calidad de suelo en sistemas forestales

Menta, C., Conti, F. D. y Pinto, S. (2018). Microarthropods biodiversity in natural, seminatural and cultivated soils—QBS-ar approach. *Applied Soil Ecology*, 123(1), 740-743.

<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.05.020>

Menta, C., Conti, F. D., Fondón, C. L., Staffilani, F. y Remelli, S. (2020). Soil arthropod responses in agroecosystem: Implications of different management and cropping systems.

Agronomy, 10(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy10070982>

Menta, C., Leoni, A., Gardi, C. y Delia Conti, F. (2011). Are grasslands important habitats for soil microarthropod conservation? *Biodiversity and Conservation*, 20(5), 1071-1083.

<https://doi.org/10.1007/s10531-011-0017-0>

Menta, C., Tagliapietra, A., Caoduro, G., Zanetti, A. y Pinto, S. (2015). Ibs-Bf and Qbs-Ar

Comparison: Two Quantitative Indices Based on Soil Fauna Community. *EC Agriculture*, December, 2(5), 427-439.

<https://www.researchgate.net/publication/284162800> AGRICULTURE Ibs-Bf and Qbs-Ar Comparison Two Quantitative Indices Based on Soil Fauna Community

Merilä, P., Ohtonen, R. (1997). Soil microbial activity in the coastal Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] forest of the Gulf of Bothnia in relation to humus-layer quality, moisture and

soil types. *Biology and Fertility of Soils*, 25 (4), 361-365.

<https://doi.org/10.1007/s003740050326>

Merino Rodriguez, M.P. (2021). Indicadores Físicos Químicos Y Biológicos Del Suelo en Tres Sistemas de Plantaciones del Predio Santa Rita Cervecería Sanjuan S.A. – Pucallpa. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]

<https://hdl.handle.net/20.500.14292/2056>

Miller, G.T. y Spoolman, S. (2011). *Conservación de la biodiversidad y la gestión del ecosistema*. Ambient Science.

Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. MyT- Manuales y Tesis.

Oliva, M., Collazos, R., y Esparraga, T. A. (2016). Efecto de las plantaciones de *Pinus patula* sobre las características fisicoquímicas de los suelos en áreas altoandinas de la región Amazonas. *Revista Indes*, 2(1), 28-36.

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/60/176>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). Soils and biodiversity: Soils host a quarter of our planet's biodiversity. *The Food and Agriculture Organization* [Archivo Pdf.]

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a051cde5-eb40-42a9-aea4-964fc6ddab85/content>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities. In *State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities*.

<https://doi.org/10.4060/cb1928en>

Orgiazzi, A., Bardgett, R. D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M. J. I., Chotte, J.-L., De Deyn, G. B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N. C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., ... Wall, D. H. (2016). *Global soil biodiversity atlas*. Unión Europea.

https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/shared_folder/Atlases/JRC_global_soilbio_atlas_high_res-2019-06-13.pdf

Ospina, C.M., Hernandez, R.J., Rincon, E.A., Sanchez, F.A., Urrego, J.B., Rodas, C.A., Ramirez, C.A., Riaño, N.M. (2011). *El pino patula. Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana*. Editorial Blanecolor S.A.S.

Palacios Vargas, J. G. y Mejía Recamier, B. E. (2007). *Técnicas de colecta, montaje y preservación de microartrópodos edáficos*. Universidad Nacional Autónoma de México [Archivo Pdf.]. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Palacios-Vargas/publication/286451033_Tecnicas_atuais_para_estudo_de_micro_e_mesoartropodes_do_solo/links/5af487ad4585157136ca3142/Tecnicas-atuais-para-estudo-de-micro-e-mesoartropodes-do-solo.pdf

Palacios Vargas, J. G., y García Gómez, A. (2014). Protura, Diplura, Microcoryphia y Zygentoma. *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*, 4(1), 45-51.
https://www.researchgate.net/publication/283571530_PROTURA_DIPLURA_MICROCO RYPHIA_y_ZYGENTOMA

Palacios, J.G. y Mejía, B.E. (2007). *Técnicas de colecta, montaje y preservación de microartrópodos edáficos*. UNAM, México [Archivo Pdf.].

https://www.researchgate.net/profile/Jose-Palacios-Vargas/publication/286451033_Tecnicas_atuais_para_estudo_de_micro_e_mesoartropodes_do_solo/links/5af487ad4585157136ca3142/Tecnicas-atuais-para-estudo-de-micro-e-mesoartropodes-do-solo.pdf

Paquin, P., Coderre, D. 1997. Changes in soil macroarthropod communities in relation to forest maturation through three successional stages in the Canadian boreal forest. *Oecología*, 112(1), 104-111. <https://doi.org/10.1007/s004420050289>

Parisi, V. y Menta, C. (2008). Microarthropods of the soil: Convergence phenomena and evaluation of soil quality using QBS-ar and QBS-C. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(8), 1170-1174.

https://www.researchgate.net/publication/285975530_Microarthropods_of_the_soil_Convergence_phenomena_and_evaluation_of_soil_quality_using_QBS-ar_and_QBS-C

Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C. y Mozzanica, E. (2005). Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: A new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105(1-2), 323-333.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.02.002>

Pennesi, R. (2012). *Applicazione del metodo QBS-ar per la valutazione della qualità biologica di suoli ammendati con bokashi* [Curso, Universidad de Camerino].

https://www.researchgate.net/profile/Riccardo-Pennesi-2/publication/277311049_Applicazione_del_metodo_QBS-ar_per_la_valutazione_della_qualita_biologica_di_suoli_ammendati_con_bokashi_-_Tesi_Laurea_triennale_CL-32/links/5567158308aec2268300f3ef/Applicazione-del-

[metodo-QBS-ar-per-la-valorazione-della-qualita-biologica-di-suoli-ammendati-con-bokashi-Tesi-Laurea-triennale-CL-32.pdf](#)

Pereira, J.M., Segat, J.C., Baretta, D., Vasconcellos, R.L.F., Baretta, C.R.D.M. y Cardoso E.J.B.N. (2017). Soil macrofauna as a soil quality indicator in native and replanted *Araucaria angustifolia* forests. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41.
<https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160261>

Petersen, H. (2002). General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium: Proceedings of the Xth international Colloquium on Apterygota, České Budějovice 2000: Apterygota at the Beginning of the Third Millennium. *Pedobiologia*, 46(3–4), 246–260.
<https://doi.org/10.1078/0031-4056-00131>

Pimm, S. L., Russell, G. J., Gittleman, J. L. y Brooks, T. M. (1995). The Future of Biodiversity. *Science*, 269(5222), 347–350. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.269.5222.347>

Pincheira Solís, M.A. (2014). Artropofauna edáfica asociada a formaciones boscosas nativas, no nativas y sitios destinados a restauración, pertenecientes a la Región del Biobío, Chile.
[Seminario para optar el título de Biólogo, Universidad de Concepción]
<http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/8107>

Pineda, J. (s.f.). *Suelos Leptosoles*. Encolombia.
<https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/suelos-leptosoles/>

Pineda, J. (s.f.). *Suelos Regosoles*. Encolombia.
<https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/suelos-regosoles/>

Rodríguez Carrillo, M. y Santillana, N. (2021). calidad morfológica y biológica de *Pinus radiata* D. Don, micorrizado con *Scleroderma verrucosum* (Vaill) Pers. Y *Rhizopogon luteolus* Fr. y Nordh. en condiciones de vivero. *Ecología Aplicada*, 20(2), 189-195.

<https://doi.org/10.21704/rea.v20i2.1809>

Rodríguez, S. (2009). Organismos del suelo: la dimensión invisible de las invasiones por plantas no nativas. *Revista Ecosistemas* 18 (2): 32-43.

<http://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/63>

Sánchez, I. y Dillon, M. (2006). *Jalcas*. Botánica Económica de los Andes Centrales.

<https://www.researchgate.net/profile/Monica-Moraes->

[R/publication/312313242_Botanica_Economica_de_los_Andes_Centrales/links/587988a408ae9a860fe2f2ad/Botanica-Economica-de-los-Andes-Centrales.pdf#page=91](https://www.researchgate.net/publication/312313242_Botanica_Economica_de_los_Andes_Centrales/links/587988a408ae9a860fe2f2ad/Botanica-Economica-de-los-Andes-Centrales.pdf#page=91)

Santos, M.A.B., Oliveira Filho, L.C.I., Pompeo, P.N., Ortiz, D.C., Mafra, Á.L., Klauberg Filho, O. y Baretta D. (2018). Morphological diversity of springtails in land use systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 42. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20170277>.

Seastedt, T. R. y Crossley, D. A. (1980). Effects of microarthropods on the seasonal dynamics of nutrients in forest litter. *Soil Biology and Biochemistry*, 12(4), 337-342.

[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(80\)90006-1](https://doi.org/10.1016/0038-0717(80)90006-1)

Shrestha, P. y Budha, P. B. (2022). Soil Fauna of Ranibari Community Forest, Kathmandu, Nepal. *Ekologia Bratislava*, 41(1), 17–25. <https://doi.org/10.2478/EKO-2022-0003>

Silva, J. y Marques, F. (2019). *Conservación de la biodiversidad: una perspectiva global*. Editorial UOC.

- Socarrás Rivero, A. A. y Robaina, N. (2011). Mesofauna edáfica en diferentes usos de la tierra en la Llanura Roja de Mayabeque y Artemisa, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 34(3) 347-358. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000300009
- Socarrás, A. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes*, 36(1), 5-13. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269127587001>
- Socarrás, A. A. y Rodríguez, M.E. (2007). Evaluación de la mesofauna del suelo en áreas rehabilitadas con casuarina y marañón de la zona minera de Moa. *Centro Agrícola*, 34(2): 69-74. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V34-Numero_2/cag142071547.pdf
- Socarrás, A., Izquierdo, I. (2014). Evaluación de sistemas agroecológicos mediante indicadores biológicos de la calidad del suelo: mesofauna edáfica Evaluation of agroecological systems through biological indicators of the soil quality: edaphic mesofauna. *Pastos y Forrajes*, 37(1), 47-54. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v37n1/pyf06114.pdf>
- Socarrás, A., Izquierdo, I. (2016). Variación de los componentes de la mesofauna edáfica en una finca con manejo agroecológico. *Pastos y Forrajes* 39(1):41-48. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942016000100006
- Sterzyńska, M., Piżl, V., Tajovský, K., Stelmaszczyk, M., y Okruszko, T. (2015). Soil Fauna of Peat-Forming Wetlands in a Natural River Floodplain. *Wetlands*, 35(4), 815-820. <https://doi.org/10.1007/s13157-015-0672-0>
- Swift, M.J., Bignell, D.E., Moreira, F.M.S. y Huising, E.J. (2012). *El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general. Manual de biología de suelos tropicales*, SEMARNAT, INE. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/667/cap1.pdf>

- Tabaglio, V., Gavazzi, C. y Menta, C. (2009). Physico-chemical indicators and microarthropod communities as influenced by no-till, conventional tillage and nitrogen fertilisation after four years of continuous maize. *Soil and Tillage Research*, 105(1), 135-142.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2009.06.006>
- Tapia, M. y Flores, J. (1984). *Pastoreo y pasturas de los andes del Sur del Perú*. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria. Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menores [Archivo Pdf].
https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAR371.pdf
- Tome Reyna, S. A., Cutz Pool, L. Q. y Ortíz León, H. J. (2015). Variación espacio-temporal de ácaros (Cryptostigmata) en puntos estratégicos de la bahía de Chetumal Quintana Roo, México. *Ingeniantes*, 2(1), 58–64.
- Touloumis, K., y Stamou, G. P. (2009). A metapopulation approach of the dynamics of arthropods from Mediterranean-type ecosystems. *Ecological Modelling*, 220(8), 1105-1112.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.01.032>
- Ulle, J.A. y Faggioli, V.S. (2021). *La biota del suelo y su relación con las prácticas agronómicas* [Archivo PDF]. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/11023>
- Usher, M. B., Sier, A. R. J., Hornung, M., y Millard, P. (2006). Understanding biological diversity in soil: The UK's Soil Biodiversity Research Programme. *Applied Soil Ecology*, 33(2), 101–113. <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2006.03.006>
- Vallejo, V. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia Forestal*, 16(1), 83-99. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2013.1.a06>

- Wolters, V. (2001). Biodiversity of soil animals and its function. *European Journal of Soil Biology*, 37(4), 221-227. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(01\)01088-3](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01088-3)
- Zagatto, M.R.G., Filho, L.C.O., Pompeo, P.N., Niva, C.C., Baretta, D. y Cardoso E.J.B.N. (2020). Mesofauna and macrofauna in soil and litter of mixed plantations. In E.J.B.N. Cardoso (Ed.), *Mixed plantations of Eucalyptus and leguminous trees* (pp. 155–172).
- Zagatto, M.R.G., Zan–o Júnior, L.A., Pereira, A.P.A., Estrada-Bonilla, G. y Cardoso E.J.B.N. (2019b). Soil mesofauna in consolidated land use systems: how management affects soil and litter invertebrates. *Scientia Agricola*, 76(2), 165–171. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2017-0139>
- Zapparoli, M. (2017). *Gli artropodi del suolo: diversità e biocenosi. Introduzione ad una Tavola Rotonda*. Atti Dell'accademia Nazionale Italiana di Entomologia. RENDICONTI. https://www.accademiaentomologia.it/wp-content/uploads/2021/04/Atti-Accademia-Entomologia-2020_con-link.pdf

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO 1. Tablas de datos con valores QBS-ar

Tabla 11

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra Testigo - Punto 1

Forma Biológica	EMI	Punto 1: Muestra Testigo						TOTAL IND.	QBS-ar	
		REP1		REP2		REP3				
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI			
<i>Acari</i>	20	72	20	77	20	31	20	180	20	
<i>Aranae</i>	1		0		0	1	1	1	1	
	5		0		0		0	0		
<i>Shymphyla</i>	20		0	1	20	1	20	2	20	
<i>Diplópoda</i>	10	1	10		0		0	1	10	
	20		0		0		0	0		
<i>Chilópoda</i>	10		0		0	1	10	1	10	
	20		0		0		0	0		
<i>Paurópoda</i>	20	1	20		0		0	1	20	
	1		0		0		0	0		
<i>Collembola*</i>	2		0		0		0	0		
	4	1	4		0		0	1		
	6		0		0	1	6	1	20	
	8	86	8	123	8	75	8	284		
	10	1	10	1	10	1	10	3		
	20		0	3	20	1	20	4		
<i>Diplura</i>	20	3	20	3	20		0	6		20
<i>Protura</i>	20		0	5	20	6	20	11		20
	1		0		0		0	0		
<i>Coleóptera</i>	5		0		0		0	0		
	10		0		0		0	0	20	
	15		0		0		0	0		
	20	1	20		0	3	20	4		
<i>Larva coleóptera</i>	10		0		0	1	10	1		10
<i>larva Díptera</i>	10	1	10		0		0	1	10	
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5	
	5		0	1	5	2	5	3		
TOTAL		167	122	214	123	124	150	505	186	

Tabla 12

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra Testigo - Punto 2

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 2: Muestra Testigo						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP1		REP2		REP3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	52	20	427	20	116	20	595	20
<i>Shymphylla</i>	20		0	2	20		0	2	20
<i>Chilópoda</i>	10	1	10		0		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Paurópoda</i>	20		0	1	20		0	1	20
<i>Collembola</i>	1		0		0		0	0	20
	2		0		0		0	0	
	4		0		0	1	4	1	
	6		0	10	6	12	6	22	
	8	96	8	184	8	172	8	452	
	10	7	10		0	13	10	20	
	20		0	3	20	3	20	6	
<i>Diplura</i>	20	1	20		0	1	20	2	20
<i>Protura</i>	20		0	1	20		0	1	20
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	20
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	
	15		0		0		0	0	
	20	3	20		0		0	3	
<i>Larva coleóptera</i>	10	1	10	2	10		0	3	10
<i>Larva Díptera</i>	10	1	10	1	10		0	2	10
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5	5	5	12	5	1	5	18	
<i>Hemíptera</i>	1	1	1	4	1	1	1	6	1
TOTAL		168	114	647	140	320	94	1135	176

Tabla 13

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra Testigo - Punto 3

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 3: Muestra Testigo						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP1		REP2		REP3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	75	20	34	20	65	20	174	20
<i>Shymphylla</i>	20		0		0	1	20	1	20
<i>Diplópoda</i>	10		0		0	1	10	1	10
	20		0		0	0	0	0	
<i>Chilópoda</i>	10	1	10		0	0	0	1	10
	20		0		0	0	0	0	
<i>Paurópoda</i>	20	2	20		0	0	0	2	20
	1		0		0	0	0	0	
<i>Collembola*</i>	2		0		0	0	0	0	
	4		0	1	4	0	0	1	
	6	25	6	3	6	3	6	31	20
	8	183	8	147	8	122	8	452	
	10	7	10		0	0	0	7	
	20	1	20	1	20		0	2	
1		0		0	0	0	0		
2		0		0	0	0	0		
<i>Diplura</i>	20		0		0	1	20	1	20
<i>Protura</i>	20		0		0	1	20	1	20
<i>Coleóptera</i>	1		0		0	0	0	0	15
	5		0		0	0	0	0	
	10		0		0	0	0	0	
	15	5	15	3	15		0	8	
	20		0		0	0	0	0	
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0	0	0	0	5
	5		0		0	1	5	1	
<i>Thysanoptera</i>	1		0		0	1	1	1	1
<i>Lepidóptero</i>	10	2	10		0	0	0	2	10
TOTAL		301	119	189	73	196	110	686	171

Tabla 14

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra 1 año - Punto 1

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 1: plantaciones de 1 año						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP1		REP 2		REP3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	53	20	188	20	34	20	275	20
<i>Shymphyla</i>	20	1	20	3	20	2	20	6	20
<i>Diplópoda</i>	10	1	10	76	10		0	77	10
	20		0		0		0	0	
<i>Paurópoda</i>	20	11	20	4	20		0	15	20
	1		0		0		0	0	
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	6		0	28	6	3	6	31	20
	8	54	8	97	8	1283	8	1434	
	10		0	3	10	16	10	19	
	20	2	20		0		0	2	
<i>Diplura</i>	20	5	20	6	20		0	11	20
<i>Protura</i>	20		0	11	20	2	20	13	20
	1		0		0		0	0	
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	20
15		0		0		0	0		
20		0	15	20		0	15		
<i>Larva coleóptera</i>	10		0	9	10	2	10	11	10
<i>Díptera</i>	1		0		0	1	1	1	1
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5		0	3	5		0	3	
<i>Hemíptera</i>	1		0	5	1	63	1	68	1
<i>Thysanoptera</i>	1		0		0	3	1	3	1
TOTAL		127	118	448	170	1409	97	1984	168

Tabla 15

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra 1 año - Punto 2

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 2: plantaciones de 1 año						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	13	20	29	20	18	20	60	20
<i>Shymphyla</i>	20		0		0	1	20	1	20
<i>Diplópoda</i>	10	1	10		0		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Paurópoda</i>	20	1	20		0		0	1	20
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	10
	2		0	1	2		0	1	
	4		0	0	0		0	0	
	6		0	1	6		0	1	
	8	16	8	43	8	156	8	215	
	10	1	10		0	1	10	2	
	20		0		0		0	0	
<i>Diplura</i>	20		0		0	1	20	1	20
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	20
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	
	15		0		0		0	0	
	20		0	1	20		0	1	
<i>Larva coleóptera</i>	10	1	10		0		0	1	10
<i>larva Díptera</i>	10		0		0	1	10	1	10
<i>Hemíptera</i>	1		0		0	5	1	5	1
TOTAL		33	78	75	56	183	89	291	141

Tabla 16

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra 1 año - Punto 3

<i>Forma biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 3: plantaciones de 1 año						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	35	20	27	20	108	20	170	20
<i>Shymphyla</i>	20	2	20		0		0	2	20
<i>Chilópoda</i>	10	1	10	1	10		0	2	10
	20		0		0		0	0	
<i>Paurópoda</i>	20		0		0	1	20	1	20
	1		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	2		0		0		0	0	
	4		0		0	4	4	4	
	6	1	6		0	4	6	5	20
	8	73	8	58	8	13	8	144	
	10	8	10	2	10	1	10	11	
	20		0	1	20		0	1	
<i>Protura</i>	20		0	1	20		0	1	20
	1		0		0		0	0	
<i>Coleóptera</i>	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	15
	15	2	15		0	2	15	4	
	20		0		0		0	0	
<i>Larva coleóptera</i>	10		0	1	10	2	10	3	10
<i>Larva Díptera</i>	10		0		0	5	10	5	10
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0	1	1	1	5
	5	4	5	2	5	10	5	16	
TOTAL		126	94	93	103	151	109	370	150

Tabla 17

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra 5 años - Punto 1

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 1: plantaciones de 5 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	4	20	46	20	58	20	108	20
<i>Diplópoda</i>	10	2	10		0		0	2	10
	20		0		0		0	0	
<i>Chilópoda</i>	10	1	10		0		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	20
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
	6		0	1	6		0	1	
	8	54	8	36	8	384	8	474	
	10	12	10	2	10		0	14	
	20		0		0	1	20	1	
<i>Diplura</i>	20	1	20	2	20	6	20	9	20
<i>Protura</i>	20		0	1	20		0	1	20
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	15
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	
	15		0	2	15		0	2	
	20		0		0		0	0	
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5	15	5	6	5	1	5	22	
TOTAL		89	83	96	104	450	73	635	120

Tabla 18

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra 5 años - Punto 2

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 2: plantaciones de 5 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	23	20	23	20	21	20	67	20
<i>Shymphyla</i>	20	2	20		0	3	20	5	20
	1		0		0		0	0	
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	6	1	6		0	1	6	2	20
	8	46	8	398	8	21	8	465	
	10		0		0	2	10	2	
	20	1	20		0		0	1	
<i>Diplura</i>	20		0		0	1	20	1	20
<i>Protura</i>	20		0	3	20		0	3	20
	1		0		0		0	0	
	5		0		0		0	0	
<i>Coleóptera</i>	10		0		0		0	0	15
	15		0	3	15		0	3	
	20		0		0		0	0	
	1		0		0		0	0	
<i>Hymenóptera</i>	5	2	5		0	1	5	3	5
<i>Hemíptera</i>	1		0	1	1		0	1	1
TOTAL		75	79	428	64	50	89	553	121

Tabla 19

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra 5 años - Punto 3

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 3: plantaciones de 5 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	589	20	22	20	271	20	882	20
<i>Diplópoda</i>	10		0	1	10		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Chilópoda</i>	10	1	10		0		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	20
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
	6		0	1	6	1	6	2	
	8	242	8	86	8	145	8	473	
	10		0		0	1	10	1	
	20	1	20		0	1	20	2	
	1		0		0		0	0	
<i>Coleóptera</i>	5		0		0		0	0	20
	10		0		0		0	0	
	15		0		0		0	0	
	20		0	3	20		0	3	
	10		0	1	10	3	10	4	
<i>Larva coleóptera</i>	10		0	1	10	3	10	4	10
<i>larva Díptera</i>	10	2	10		0		0	2	10
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5	1	5	6	5		0	7	
<i>Hemíptera</i>	1	5	1		0		0	5	1
<i>Thysanoptera</i>	1	1	1		0		0	1	1
TOTAL		842	75	120	79	422	74	1384	107

Tabla 20

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra 8 años - Punto 1

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 1: plantaciones de 8 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	13	20	64	20	183	20	260	20
<i>Aranae</i>	1	1	1		0		0	1	1
	5		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	10
	2	1	2		0		0	1	
	4		0		0		0	0	
	6		0	5	6		0	5	
	8	128	8	133	8	339	8	600	
	10		0	3	10	7	10	10	
	20		0		0		0	0	
	20		0		0		0	0	
<i>Diplura</i>	20	1	20		0		0	1	20
<i>Protura</i>	20	8	20		0	11	20	19	20
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	20
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	
	15		0		0		0	0	
	20		0	4	20		0	4	
<i>Larva coleóptera</i>	10	1	10	3	10	2	10	6	10
<i>Larva Díptera</i>	10		0		0	1	10	1	10
TOTAL		153	81	212	74	543	78	908	111

Tabla 21

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra 8 años - Punto 2

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 2: plantaciones de 8 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	8	20	13	20	3	20	24	20
<i>Chilópoda</i>	10	1	10		0		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	10
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
	6		0		0		0	0	
	8	130	8	536	8	113	8	779	
	10		0		0	3	10	3	
	20		0		0		0	0	
	20		0		0		0	0	
<i>Diplura</i>	20		0	1	20		0	1	20
<i>Protura</i>	20		0		0		0	0	15
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	
	15		0	2	15		0	2	
	20		0		0		0	0	
<i>Larva coleóptera</i>	10	1	10		0		0	1	10
<i>Díptera</i>	1		0		0	1	1	1	1
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5	1	5		0		0	1	
<i>Hemíptera</i>	1		0	27	1		0	27	1
TOTAL		141	53	579	64	120	39	840	92

Tabla 22

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra 8 años - Punto 3

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 3: plantaciones de 8 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	62	20	36	20	68	20	166	20
<i>Chilópoda</i>	10		0		0	1	10	1	10
	20		0		0	0	0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	10
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
	6		0	1	6	9	6	10	
	8	58	8	71	8	88	8	217	
	10	1	10		0		0	1	
	20		0		0		0	0	
<i>Protura</i>	20		0	1	20	1	20	2	20
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	15
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	
	15		0		0	1	15	1	
	20		0		0		0	0	
<i>Larva coleóptera</i>	10	4	10	2	10		0	6	10
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5	16	5	1	5	1	5	18	
<i>Hemíptera</i>	1	6	1	1	1		0	7	1
<i>Thysanoptera</i>	1	1	1		0		0	1	1
TOTAL		148	55	113	70	169	84	430	92

Tabla 23

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra 10 años - Punto 1

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 1: plantaciones de 10 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	7	20	17	20	13	20	37	20
<i>Chilópoda</i>	10	1	10		0		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	8
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
	6		0		0		0	0	
	8	8	8	37	8	11	8	56	
	10		0		0		0	0	
	20		0		0		0	0	
	20		0		0		0	0	
<i>Diplura</i>	20		0		0	2	20	2	20
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	15
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	
	15	1	15		0		0	1	
	20		0		0		0	0	
TOTAL		17	53	54	28	26	48	97	73

Tabla 24

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra 10 años - Punto 2

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 2: plantaciones de 10 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	46	20	53	20	28	20	127	20
<i>Chilópoda</i>	10		0	2	10		0	2	10
	20		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	8
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
	6		0		0		0	0	
	8	224	8	139	8	77	8	440	
	10		0		0		0	0	
	20		0		0		0	0	
	20		0	1	20		0	1	
<i>Diplura</i>	20		0	1	20		0	1	20
<i>Protura</i>	20		0		0		0	0	20
	1		0		0		0	0	
<i>Coleóptera</i>	5		0		0		0	0	20
	10		0		0		0	0	
	15		0		0		0	0	
	20		0	4	20		0	4	
	20		0		0	2	10	2	
<i>Larva coleóptera</i>	10		0		0	2	10	2	10
TOTAL		270	28	199	78	107	38	576	88

Tabla 25

Grupos ecomorfológicos recolectados en temporada seca Muestra 10 años - Punto 3

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 3: plantaciones de 10 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	18	20	6	20	16	20	40	20
	1		0		0		0	0	
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	6		0		0		0	0	10
	8	412	8	122	8	117	8	651	
	10	2	10		0		0	2	
	20		0		0		0	0	
<i>Diplura</i>	20		0	1	20		0	1	20
	1		0		0		0	0	
	5		0		0		0	0	
<i>Coleóptera</i>	10		0		0		0	0	15
	15	1	15		0	1	15	2	
	20		0		0		0	0	
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5		0	3	5		0	3	
<i>Hemíptera</i>	1		0		0	1	1	1	1
TOTAL		433	53	132	53	135	44	700	71

Tabla 26

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra Testigo - Punto 1

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 1: Muestra Testigo						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	154	20	131	20	77	20	362	20
<i>Shymphyla</i>	20		0		0	1	20	1	20
<i>Diplópoda</i>	10	1	10		0		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Paurópoda</i>	20		0		0	1	20	1	20
	1		0		0		0	0	
	2		0		0		0	0	
	4	1	4		0		0	1	
<i>Collembola*</i>	6		0		0		0	0	20
	8	128	8	166	8	173	8	467	
	10		0	5	10		0	5	
	20	2	20		0	1	20	3	
	20		0		0		0	0	
<i>Diplura</i>	20	1	20		0		0	1	20
<i>Protura</i>	20		0	1	20		0	1	20
	1		0		0		0	0	
	5		0		0		0	0	
	10	1	10		0		0	1	20
15		0		0		0	0		
20		0		0	3	20	3		
<i>Larva coleóptera</i>	10	1	10		0		0	1	10
<i>larva Díptera</i>	10		0		0	2	10	2	10
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5		0	2	5		0	2	
<i>Hemíptera</i>	1	2	1		0		0	2	1
<i>Thysanoptera</i>	1	2	1		0	1	1	3	1
TOTAL		293	104	305	63	259	119	857	177

Tabla 27

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra Testigo - Punto 2

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 2: muestra testigo						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	11	20	13	20	8	20	32	20
<i>Shymphyla</i>	20		0		0	1	20	1	20
<i>Chilópoda</i>	10		0		0	1	10	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	20
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
	6	3	6	2	6	2	6	7	
	8	129	8	135	8	118	8	382	
	10		0	1	10		0	1	
	20		0		0	2	20	2	
<i>Diplura</i>	20		0	1	20		0	1	20
<i>Protura</i>	20	1	20		0		0	1	20
	1		0		0		0	0	20
	5		0		0		0	0	
<i>Coleóptera</i>	10		0	1	10		0	1	
	15		0	1	15		0	1	
	20		0		0	3	20	3	
<i>Larva coleóptera</i>	10		0	1	10		0	1	10
<i>larva Díptera</i>	10		0		0	1	10	1	10
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5		0	1	5		0	1	
<i>Hemíptera</i>	1	2	1		0		0	2	1
<i>Thysanoptera</i>	1		0		0	1	1	1	1
<i>Otro Holometábolo</i>	1		0		0	1	1	1	1
TOTAL		146	55	156	104	138	116	440	158

Tabla 28

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra Testigo - Punto 3

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 3: Muestra Testigo						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	33	20	97	20	15	20	145	20
<i>Shymphyla</i>	20		0	1	20		0	1	20
<i>Diplópoda</i>	10		0	1	10		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Chilópoda</i>	10		0	2	10		0	2	10
	20		0		0		0	0	
<i>Paurópoda</i>	20	1	20		0		0	1	20
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	20
	2	5	2		0		0	5	
	4		0		0	1	4	1	
	6	8	6	10	6	3	6	21	
	8	138	8	111	8	116	8	365	
	10		0	1	10		0	1	
	20		0	1	20		0	1	
<i>Protura</i>	20	1	20		0		0	1	20
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	15
	5		0		0		0	0	
	10		0		0	1	10	1	
	15	4	15	4	15	3	15	11	
	20		0		0		0	0	
<i>Larva coleóptera</i>	10		0	1	10		0	1	10
<i>larva Díptera</i>	10		0		0	1	10	1	10
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5	1	5		0		0	1	
<i>Hemíptera</i>	1		0		0	2	1	2	1
<i>Thysanoptera</i>	1		0		0	1	1	1	1
TOTAL		191	96	229	129	143	75	563	162

Tabla 29

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra 1 año - Punto 1

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 1: plantaciones de 1 año						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	121	20	151	20	127	20	399	20
<i>Chilópoda</i>	10		0		0	1	10	1	10
	20		0		0	0	0	0	
<i>Paurópoda</i>	20	1	20		0		0	1	20
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	20
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
	6		0	3	6	1	6	4	
	8	122	8	164	8	151	8	437	
	10		0	3	10		0	3	
	20		0		0	1	20	1	
	20		0	1	20		0	1	
<i>Diplura</i>	20		0	1	20		0	1	20
<i>Protura</i>	20	1	20		0		0	1	20
	1		0		0		0	0	20
	5		0		0		0	0	
10		0		0		0	0		
<i>Coleóptera</i>	15		0		0		0	0	20
	20		0		0	1	20	1	
	20		0		0	1	20	1	
<i>Larva coleóptera</i>	10	1	10	2	10		0	3	10
<i>Hymenóptera</i>	1	1	1		0		0	1	5
	5		0	2	5	4	5	6	
<i>Hemíptera</i>	1		0	2	1		0	2	1
<i>Thysanoptera</i>	1	1	1		0		0	1	1
TOTAL		248	80	328	80	286	89	862	147

Tabla 30

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra 1 año - Punto 2

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 2: plantaciones de 1 año						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	11	20	67	20	13	20	91	20
<i>Aranae</i>	1		0	1	1		0	1	1
	5		0		0		0	0	
<i>Shymphyla</i>	20		0		0	1	20	1	20
<i>Diplópoda</i>	10	1	10		0		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	20
	2		0	2	2		0	2	
	4		0		0		0	0	
	6	3	6	8	6	6	6	17	
	8	14	8	41	8	35	8	90	
	10	2	10	4	10		0	6	
	20		0	1	20		0	1	
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	20
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	
	15		0		0		0	0	
	20	1	20		0	1	20	2	
<i>Larva coleóptera</i>	10	1	10		0		0	1	10
<i>larva Díptera</i>	10		0		0	1	10	1	10
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5		0	2	5	1	5	3	
<i>Hemíptera</i>	1		0		0	1	1	1	1
TOTAL		33	84	126	72	59	90	218	117

Tabla 31

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra 1 año - Punto 3

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 3: plantaciones de 1 año						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	94	20	72	20	179	20	345	20
<i>Chilópoda</i>	10	1	10		0		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Paurópoda</i>	20		0		0	1	20	1	20
	1		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	2		0		0		0	0	
	4	2	4		0		0	2	
	6	8	6	16	6	12	6	36	20
	8	111	8	44	8	40	8	195	
	10		0		0	4	10	4	
	20		0	1	20		0	1	
<i>Protura</i>	20		0		0	1	20	1	20
	1		0		0		0	0	
	5		0		0		0	0	
<i>Coleóptera</i>	10		0		0		0	0	15
	15		0	2	15		0	2	
	20		0		0		0	0	
	10	1	10		0		0	1	
<i>larva Díptera</i>	10		0		0	1	10	1	10
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5		0		0	32	5	32	
<i>Hemíptera</i>	1		0		0	1	1	1	1
TOTAL		217	58	135	69	271	100	623	131

Tabla 32

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra 5 años - Punto 1

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 1: plantaciones de 5 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	42	20	17	20	29	20	88	20
<i>Chilópoda</i>	10		0	1	10		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	10
	2	1	2		0		0	1	
	4		0	1	4		0	1	
	6		0	2	6	1	6	3	
	8	31	8	37	8	46	8	114	
	10		0	3	10		0	3	
	20		0		0		0	0	
	20		0		0		0	0	
<i>Diplura</i>	20	2	20		0		0	2	20
<i>Protura</i>	20		0	2	20		0	2	20
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	15
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	
	15		0	2	15	2	15	4	
	20		0		0		0	0	
<i>Hemíptera</i>	1		0		0	3	1	3	1
TOTAL		76	50	65	93	81	50	222	96

Tabla 33

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra 5 años - Punto 2

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 2: plantaciones de 5 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	29	20	32	20	21	20	82	20
<i>Shymphyla</i>	20		0		0	1	20	1	20
	1		0		0		0	0	
	2		0		0		0	0	
	4	4	4	4	4	3	4	11	
<i>Collembola*</i>	6	7	6	16	6	3	6	26	10
	8		0	7	8	10	8	17	
	10	1	10		0	1	10	2	
	20		0		0		0	0	
<i>Protura</i>	20		0	1	20		0	1	20
	1		0		0		0	0	
	5		0		0		0	0	
<i>Coleóptera</i>	10		0		0		0	0	15
	15		0	1	15		0	1	
	20		0		0		0	0	
<i>Larva coleóptera</i>	10	1	10	1	10		0	2	10
	1		0		0		0	0	
<i>Hymenóptera</i>	5	7	5		0		0	7	5
<i>Hemíptera</i>	1		0	1	1		0	1	1
TOTAL		49	55	63	84	39	68	151	101

Tabla 34

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra 5 años - Punto 3

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 3: plantaciones de 5 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	75	20	23	20	394	20	492	20
<i>Shymphyla</i>	20		0	2	20		0	2	20
<i>Chilópoda</i>	10	1	10		0		0	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	10
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
	6	3	6	2	6	4	6	9	
	8	28	8	44	8	427	8	499	
	10	3	10		0		0	3	
	20		0		0		0	0	
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	15
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	
	15		0		0	1	15	1	
	20		0		0		0	0	
<i>Larva coleóptera</i>	10	4	10		0	2	10	6	10
<i>larva Díptera</i>	10	2	10		0	1	10	3	10
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5	167	5	1	5	14	5	182	
<i>Hemíptera</i>	1	5	1		0	17	1	22	1
<i>Thysanoptera</i>	1		0		0	1	1	1	1
TOTAL		288	80	72	59	862	77	1222	103

Tabla 35

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra 8 años - Punto 1

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 1: plantaciones de 8 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	9	20	3	20	37	20	49	20
<i>Shymphyla</i>	20		0	1	20		0	1	20
<i>Chilópoda</i>	10		0		0	1	10	1	10
	20		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	10
	2		0		0		0	0	
	4		0		0	1	4	1	
	6	4	6		0		0	4	
	8	26	8	11	8	83	8	120	
	10		0		0	1	10	1	
	20		0		0		0	0	
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	15
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	
	15		0		0	1	15	1	
	20		0		0		0	0	
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5		0	8	5		0	8	
<i>Thysanoptera</i>	1		0		0	1	1	1	1
TOTAL		39	34	23	53	125	68	187	81

Tabla 36

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra 8 años - Punto 2

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 2: plantaciones de 8 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	39	20	8	20	15	20	62	20
<i>Chilópoda</i>	10	2	10		0	1	10	3	10
	20		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	20
	2		0		0		0	0	
	4	4	4		0		0	4	
	6	19	6	1	6		0	20	
	8	63	8	57	8	94	8	214	
	10	2	10		0	4	10	6	
	20	1	20		0	3	20	4	
<i>Diplura</i>	20	3	20	2	20		0	5	20
<i>Coleóptera</i>	1		0		0		0	0	15
	5		0		0		0	0	
	10		0		0		0	0	
	15		0	2	15		0	2	
	20		0		0		0	0	
<i>Larva coleóptera</i>	10	2	10		0		0	2	10
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5	1	5		0	1	5	2	
TOTAL		136	113	70	69	118	73	324	100

Tabla 37

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra 8 años - Punto 3

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 3: plantaciones de 8 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	96	20	115	20	55	20	266	20
<i>Aranae</i>	1	1	1		0		0	1	5
	5	1	5		0		0	1	
<i>Collembola*</i>	1		0		0		0	0	20
	2		0		0		0	0	
	4		0		0	3	4	3	
	6	14	6	13	6	10	6	37	
	8	42	8	91	8	76	8	209	
	10	1	10		0	4	10	5	
	20		0		0	2	20	2	
	1		0		0		0	0	
<i>Coleóptera</i>	5		0		0		0	0	15
	10		0		0		0	0	
	15	2	15	2	15		0	4	
	20		0		0		0	0	
<i>Larva coleóptera</i>	10		0	3	10	2	10	5	10
<i>Hymenóptera</i>	1		0		0		0	0	5
	5		0	29	5	13	5	42	
<i>Hemíptera</i>	1		0		0	3	1	3	1
<i>Blattari</i>	5		0		0	3	1	3	5
<i>Larva de holometábolo</i>	1	1	1		0		0	1	1
TOTAL		157	65	253	64	168	84	578	82

Tabla 38

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra 10 años-Punto 1

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 1: plantaciones de 10 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	15	20	14	20	33	20	62	20
	1		0		0		0	0	
	2		0		0		0	0	
	4	2	4		0	2	4	4	
<i>Collembola*</i>	6	1	6	6	6	6	6	13	8
	8	33	8	44	8	33	8	110	
	10		0		0		0	0	
	20		0		0		0	0	
<i>Diplura</i>	20		0		0	1	20	1	20
<i>Larva coleóptera</i>	10		0	1	10		0	1	10
<i>Hemíptera</i>	1		0		0		0	0	0
TOTAL		51	38	65	44	75	58	191	58

Tabla 39

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra 10 años-Punto 2

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 2: plantaciones de 10 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	161	20	49	20	17	20	227	20
	1		0		0		0	0	
	2		0		0		0	0	
	4	2	4	1	4	2	4	5	
<i>Collembola*</i>	6	1	6	7	6	8	6	16	8
	8	16	8	111	8	14	8	141	
	10		0		0		0	0	
	20		0		0		0	0	
<i>Diplura</i>	20	3	20	2	20	1	20	6	20
<i>Larva coleóptera</i>	10		0		0	3	10	3	10
<i>Hemíptera</i>	1		0	1	1		0	1	1
<i>Thysanoptera</i>	1		0	1	1		0	1	1
TOTAL		183	58	172	60	45	68	400	60

Tabla 40

Grupos ecomorfológicos en temporada húmeda Muestra 10 años-Punto 3

<i>Forma Biológica</i>	<i>EMI</i>	Punto 3: plantaciones de 10 años						TOTAL IND.	QBS-ar
		REP 1		REP 2		REP 3			
		IND	EMI	IND	EMI	IND	EMI		
<i>Acari</i>	20	13	20	26	20	5	20	44	20
	1		0		0		0	0	
	2		0		0		0	0	
	4		0		0		0	0	
<i>Collembola*</i>	6	18	6	7	6	1	6	26	10
	8	15	8	12	8	22	8	49	
	10		0	1	10		0	1	
	20		0		0		0	0	
<i>Diplura</i>	20		0		0	1	20	1	20
	1		0		0		0	0	
	5		0		0		0	0	
<i>Coleóptera</i>	10		0		0		0	0	15
	15	2	15	4	15		0	6	
	20		0		0		0	0	
TOTAL		48	49	50	59	29	54	127	65

ANEXO 2. Panel Fotográfico**Fig. 15**

Reconocimiento en campo de las áreas de muestreo



Fig. 16

Medición para la ubicación de los puntos de cada parcela.



Fig. 17

Medición de coordenadas de cada punto de evaluación

**Fig. 18**

Extracción del cubo de tierra de (10x10x10 cm).



Fig. 19

Colocación del cubo de tierra en una bolsa Ziploc para su posterior traslado a laboratorio.

**Fig. 20**

Colocación de las muestras en el Selector Berlese-Tullgren



Fig. 21

Identificación de las diferentes formas biológicas con ayuda de un microscopio y estereoscopio.



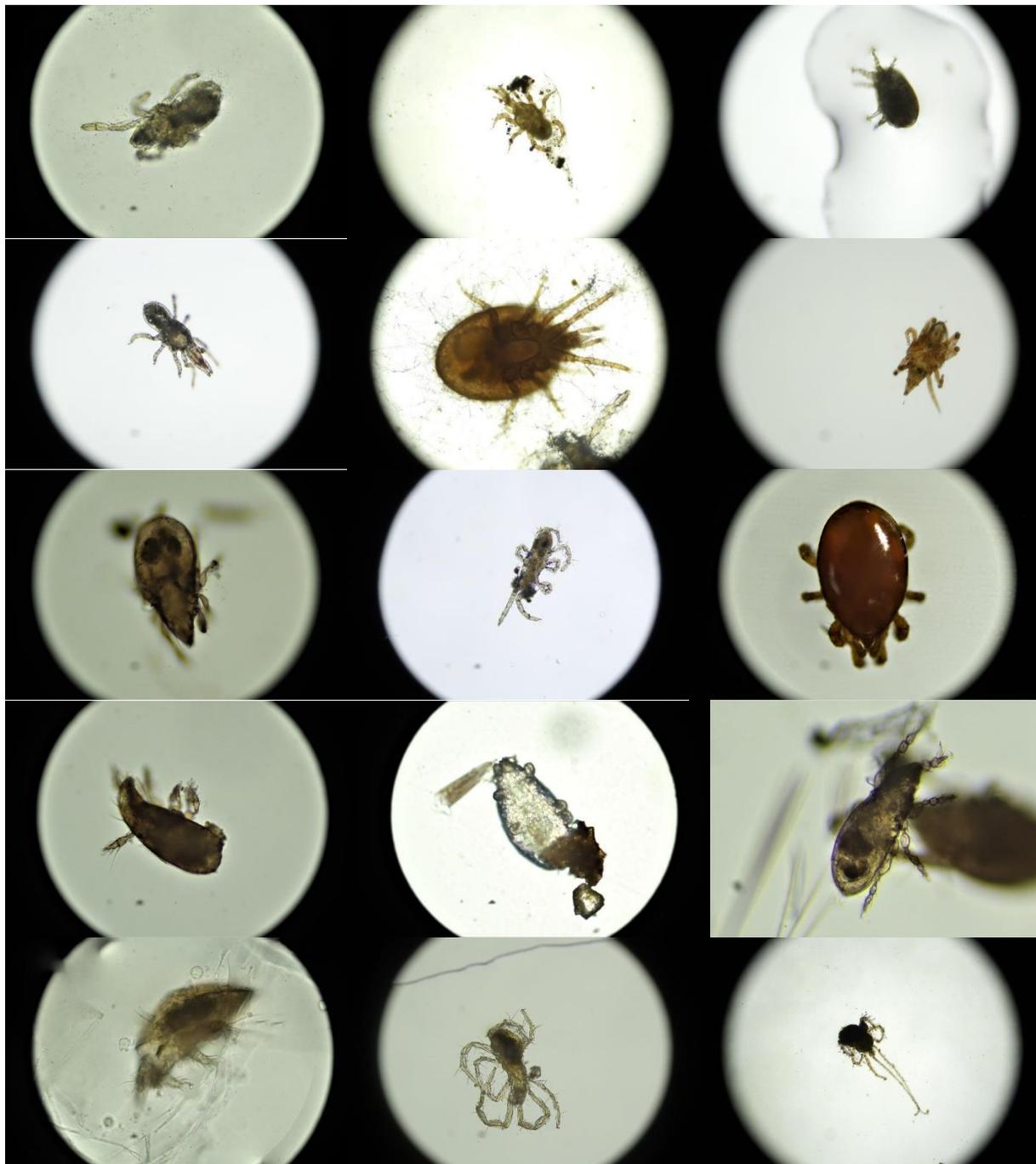
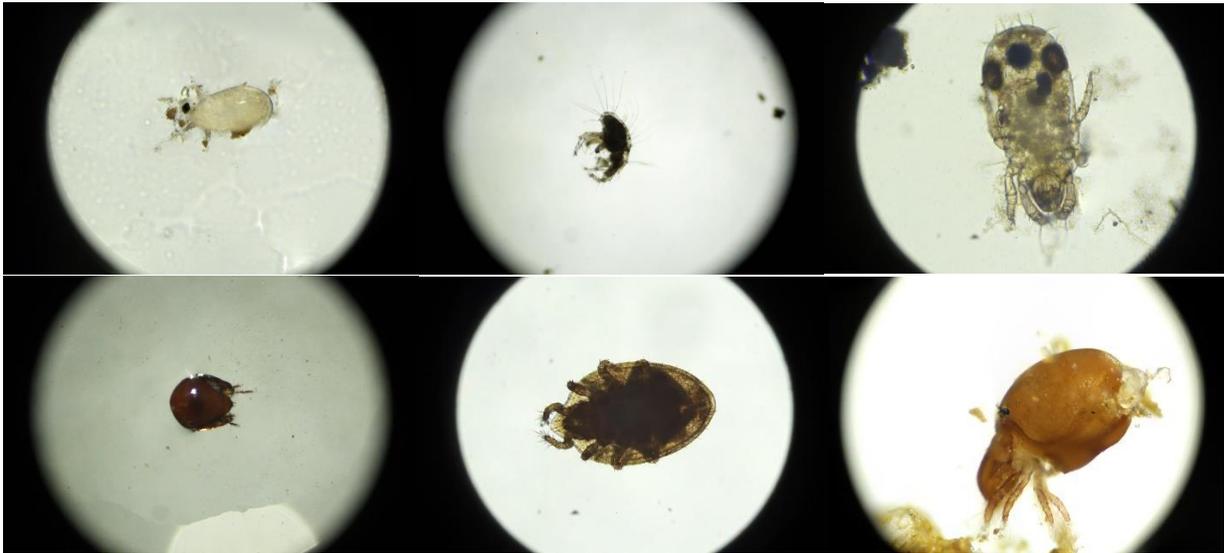
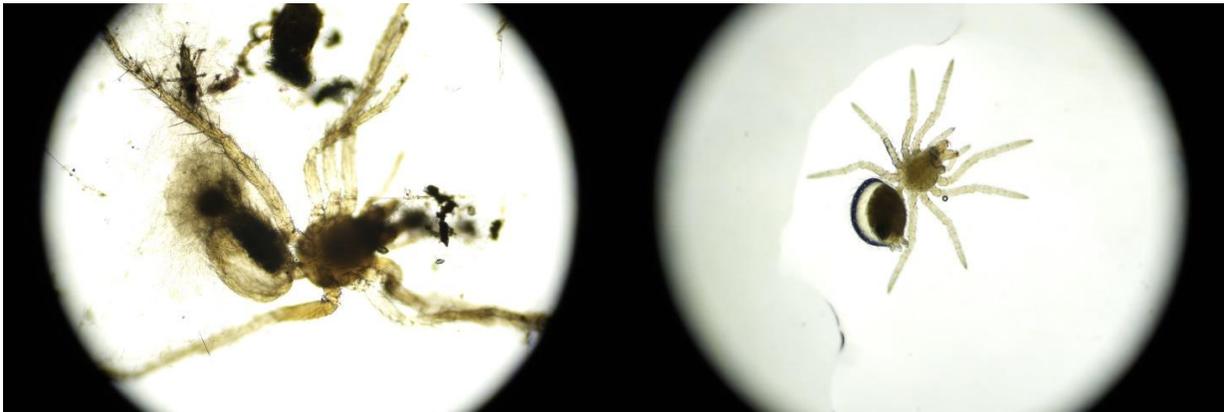
ANEXO 3. Grupos ecomorfológicos identificados**Fig. 22***Formas biológicas de clase Acari (EMI 20)*

Fig. 23

Formas biológicas de clase Acari (EMI 20)

**Fig. 24**

Forma biológica de clase Aranae (EMI 1)

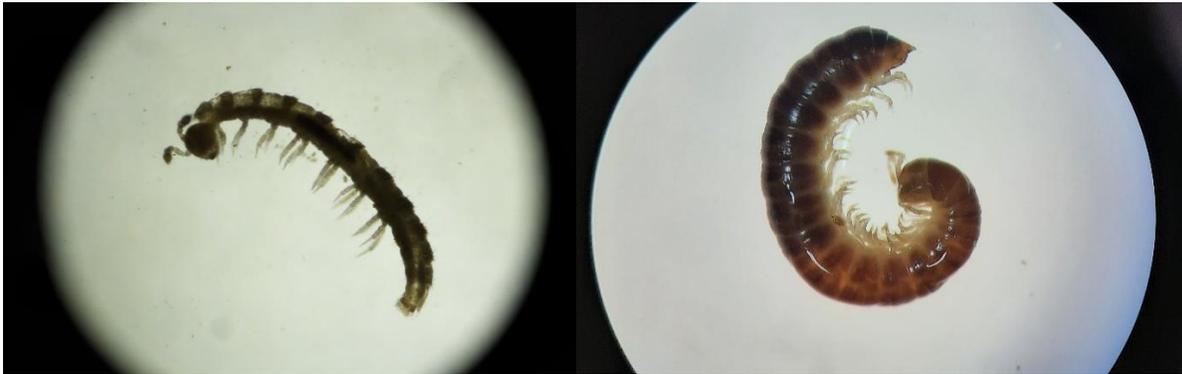
**Fig. 25**

Forma biológica de Shymphyla



Fig. 26

Formas biológicas de Diplópoda (EMI 10)

**Fig. 27**

Formas biológicas de Chilópoda (EMI 10)

**Fig. 28**

Formas biológicas de paurópodos (EMI 20)



Fig. 29

Formas biológicas de colémbolos (EMI 20)

**Fig. 30**

Formas biológicas de colémbolos (EMI 10)

**Fig. 31**

Formas biológicas de colémbolos (EMI 8)

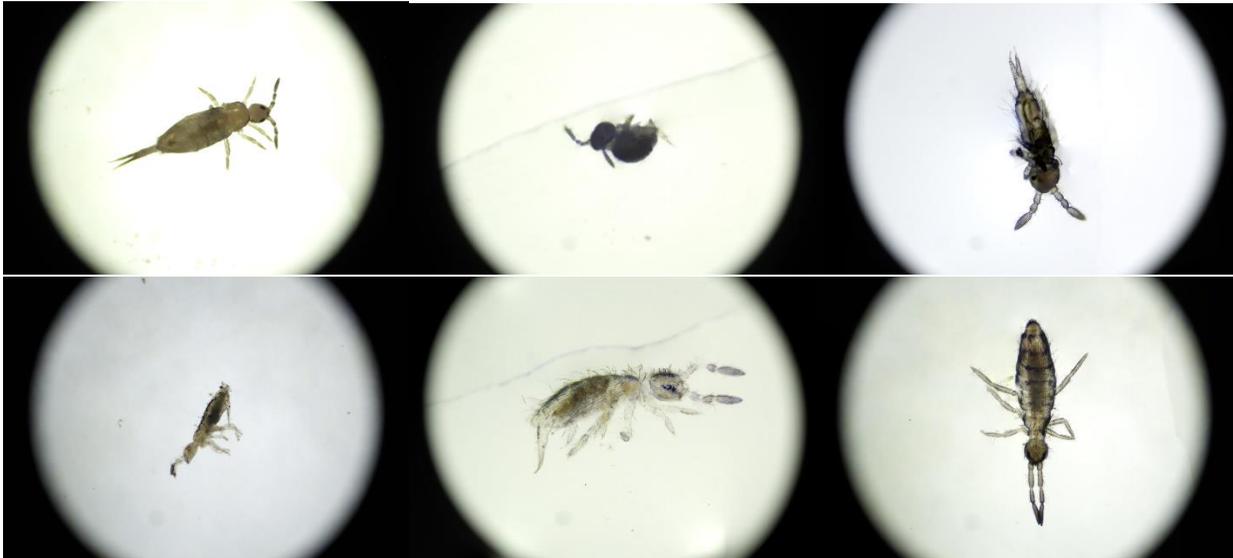
**Fig. 32**

Formas biológicas de colémbolos (EMI 4)



Fig. 33

Formas biológicas de colémbolos (EMI 6)

**Fig. 34**

Formas biológicas de colémbolos (EMI 2)

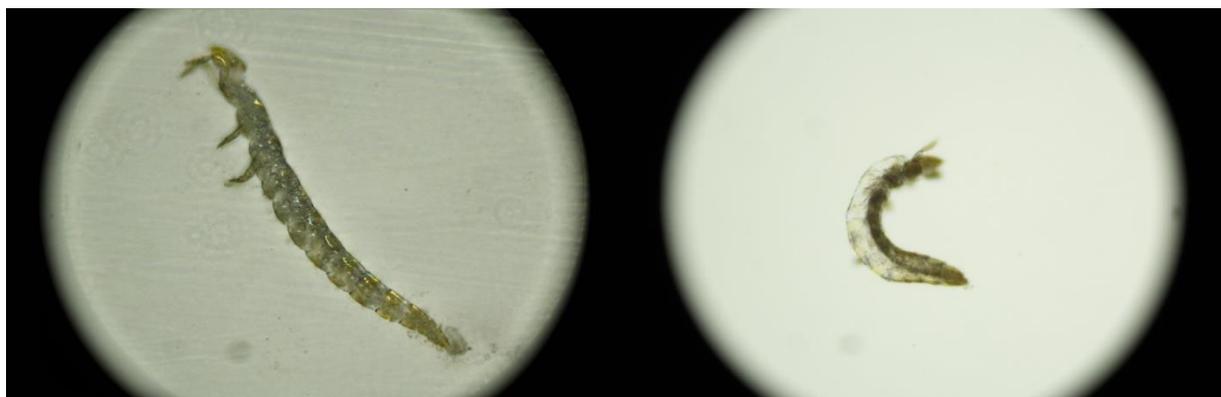
**Fig. 35**

Formas biológicas de Dipluri (EMI 20)



Fig. 36

Formas biológicas de Proturi (EMI 20)

**Fig. 37**

Formas biológicas de coleóptero (EMI 20)

**Fig. 38**

Formas biológicas de coleóptero (EMI 15)

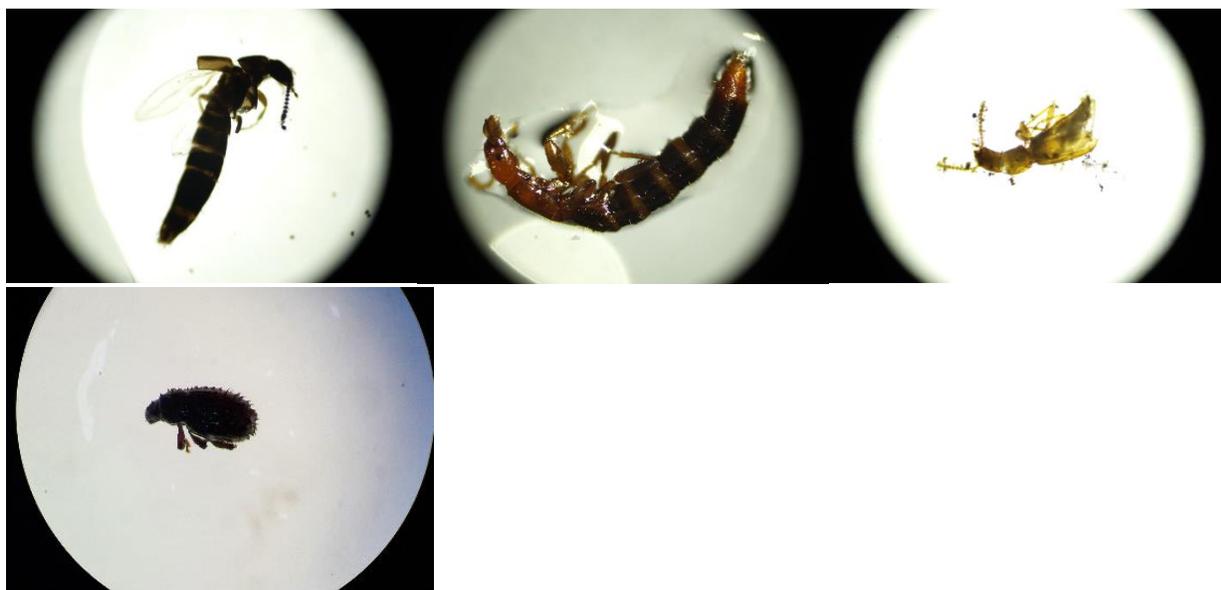
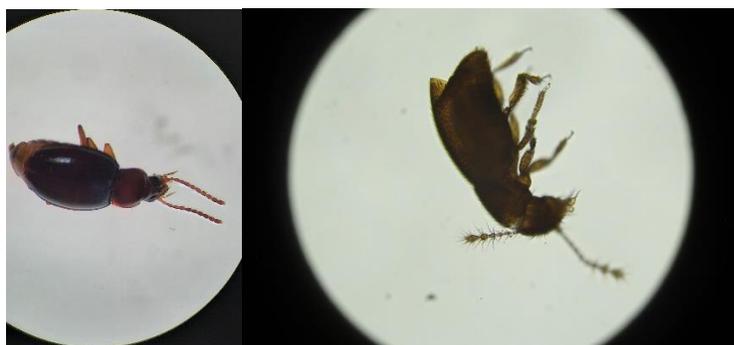


Fig. 39

Formas biológicas de Coleóptero (EMI 10)

**Fig. 40**

Formas biológicas de larvas de Coleóptero (EMI 10)



Fig. 41

Formas biológicas de Díptero (EMI 1)

**Fig. 42**

Formas biológicas de larvas de Díptero (EMI 10)



Fig. 43

Formas biológicas de Hymenóptera (EMI 5)

**Fig. 44**

Formas biológicas de Hymenóptera (EMI 1)



Fig. 45

Formas biológicas de Hemíptera (EMI 1)

**Fig. 46**

Formas biológicas de larvas de Lepidóptera (EMI 1)

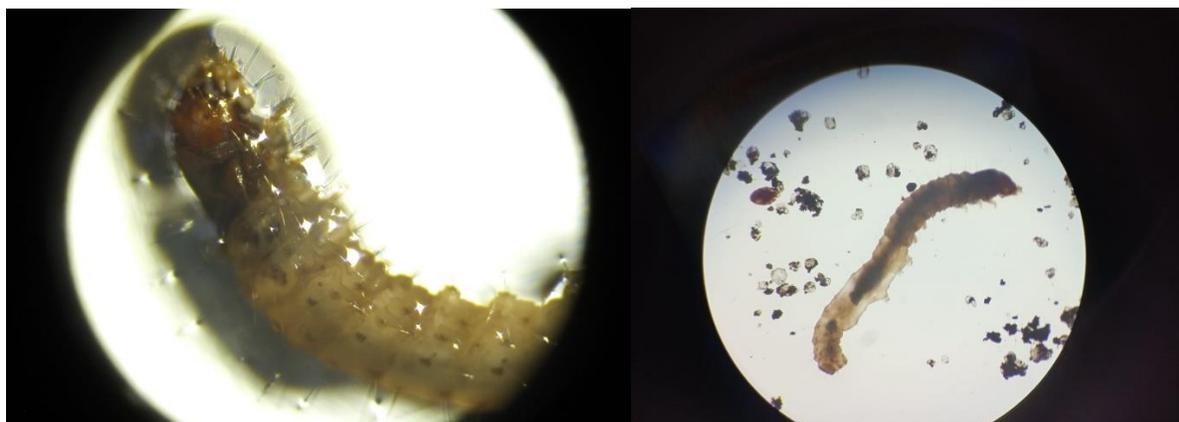
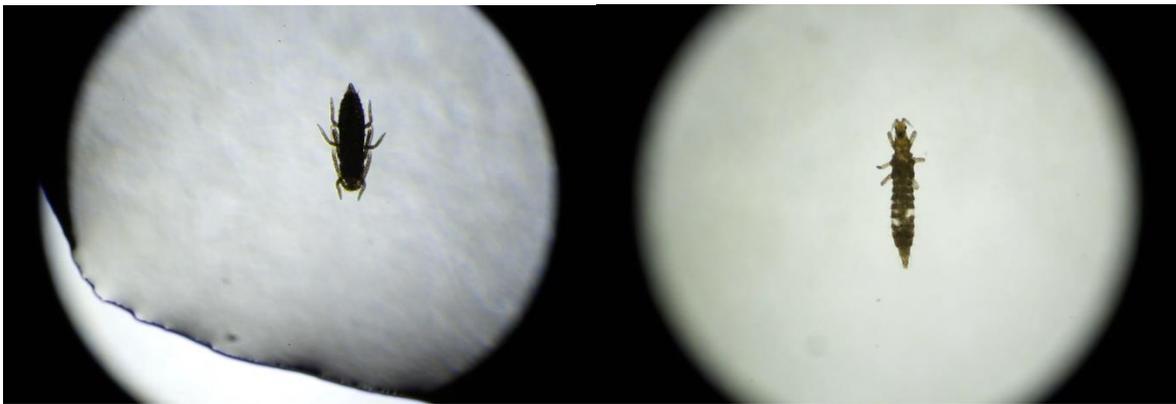


Fig. 47

Formas biológicas de Thysanoptera (EMI 1)

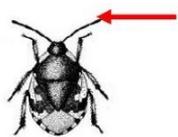
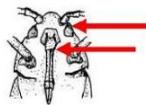
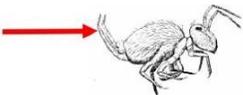
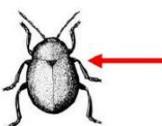
**Fig. 48**

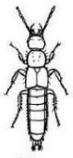
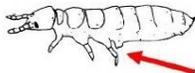
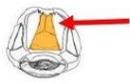
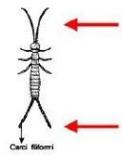
Formas biológicas de Blattari (EMI 5)

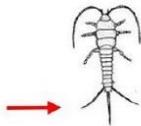


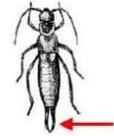
ANEXO 4. Guía para el reconocimiento de los principales grupos taxonómicos

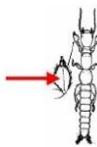
CLAVE FENÉTICA PARA EL RECONOCIMIENTO DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE MICROARTROPODOS DEL SUELO PARA EL CÁLCULO DEL QBS

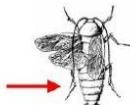
- Formas globulares.....1 
- Formas alargadas.....6 
1. presencia de antenas.....2 
- ausencia de antenas.....5
2. presencia de tribuna, ojos generalmente desarrollados...Hemiptera pp (1 hemi) 
- ausencia de tribuna.....3
3. presencia de furca.....Collemboli *Symphleoni** 
- ausencia de furca.....4
4. presencia de élitros.....Coleoptera* 
- ausencia de élitros.....5
5. tres pares de patas Larvas de ácaro (20 hemi) 
- cuatro pares de patas Ácaros adultos (20 hemi) 
6. ausencia de patas Larvas de dípteros 
- no esta condición.....7

7. tres pares de patas.....8	
más de tres pares de patas 24	
8. presencia de furcaCollemboli	
páginas*	
ausencia de furca.....9	
9. presencia de tubo ventral Collembola pp*	
ausencia de tubo ventral..... 10	
10. presencia de gnatoquilares..... Larvas de diplópodos (20 hemi)	
ausencia de gnatoquilares.....11	
11. cuerpo vermiforme..... 23	
no esta condición.....12	
12. ausencia de antenas y cercos abdominales.....Proturi (20 hemi)	
Presencia de ambas estructuras.....13	
Presencia únicamente de antenas.....18	
13. condición endognada.....Dipluri (20 hemi)	
condición ectotrófica.....14	

- 14. presencia de apéndices abdominales ventrales.....Tisanuri **sl** (10 hemi) 
- ausencia de tales apéndices.....15

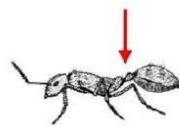
- 15. presencia de cercos transformados en pinzas abdominales.....Dermaptera (1 hemi) 
- ausencia de ellos.....16

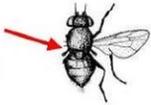
- 16. tarsos anteriores dilatados, cercos cortos.....Embioptera** (10 hemi) 
- otras condiciones.....17

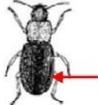
- 17. Patas traseras aptas para saltarOrthoptera** 
- patas traseras aptas para correr.....Blactari** (5 hemi) 

- 18. cabeza rectangular con ojos en los vértices anteriores...Thysanoptera** (1 hemi) 
- no es así..... 19

- 19. presencia de una tribuna.....Hemiptera **pp** (1 hemi) 
- ausencia de tribuna.....20

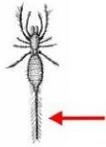
- 20. abdomen pedunculado, áptero.....Formicidas (5 hemi) 
- abdomen pedunculado, alado.....Hymenoptera **pp** (1 hemi) 
- otra condición 21

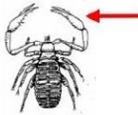
21. presencia de alas metatorácicas transformadas (equilibradores).....Diptera (1 hemi) 
 ausencia de balancines..... 22

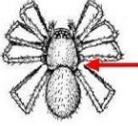
22. alas mesotorácicas transformadas en élitros.....Coleoptera pp* 
 otra condición.....otras formas de Holometabolous** (1 hemi)

23. abdomen con pseudopatas.....Larvas de lepidópteros (orugas) (10 hemi) 
 ausencia de pseudopatas..... Larvas de Coleoptera y Neuroptera (10 hemi) (posible presencia de cercos) 

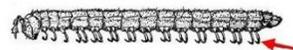
24. antenas ausentes, 4 pares de patas..... 25 
 antenas presentes, más de 4 pares de patas...28 

25. filamento abdominal largo (1).....Palpígrados (20 hemi) 
 ausencia de esta estructura.....26

26. presencia de garras.....Pseudoescorpiones (20 hemos) 
 ausencia de garras.....27

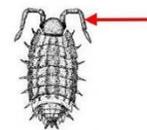
27. abdomen pedunculado.....Araneidae (1-5 hemi) 
 no esta condición.....Opiliónidas (10 hemi) 

28. presencia de diplosegmentos.....Diplopodos*



ausencia de diplosegmentos.....29

29. 7 pares de patas y antenas geniculadas (acodadas)...Isópodos (10 hemi)



otra condición.....30

30. presencia de fórcipulas.....Quilópodos *



ausencia de fórcipulas..... 31

31. 9 –10 pares de patas, antenas bifidas.....Paurópodos (20 hemi)



12 pares de patas, con uñas dobles.....Sínfilas (20 hemi)



pp = pro partis = en parte

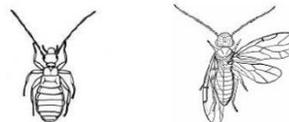
sl = sentido largo

* emi se calculará con la tabla 1 de Parisi 2001

** posiblemente también áptero

(1) atención: a veces el filamento se pierde parcialmente; sin embargo, el diagnóstico aún es posible debido a la forma característica de los demás artículos

Psocoptera (1 hemi) puede estar presente en las selecciones, casi siempre como contaminantes, con una apariencia característica e inconfundible.



ANEXO 5. Constancia de identificación de muestras



CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN

Por medio de la presente, dejo constancia que la Srta. Iris Madeleinin Bustamante Briones, identificada con DNI: 71596312, de la Universidad Nacional de Cajamarca - Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental - Celendín y código de estudiante N° 2013810005.

Se deja constancia la identificación de los 183 especímenes de insectos (Anexo), recolectados de octubre del 2022 a marzo del 2023; procedentes del departamento de Cajamarca, con el proyecto titulado “Calidad biológica del suelo en plantaciones de *Pinus patula* de diferentes edades en el sector las Quihuilas, la Libertad de Pallan, Celendín”.

CONSTA:

Que los insectos fueron identificados en las instalaciones de CEDIER S.A.C. en supervisión del Sr. Jorge Alberto Emiliano Velasco Martínez identificado con DNI: 44138989.

Se expide la presente **CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN** de acuerdo con la ley, para los fines que estima conveniente.

Lima, 21 de agosto de 2023.

CENTER FOR DIVERSITY
AND ECOLOGY RESEARCH S.A.C.
Jorge A. Velasco Martínez
JORGÉ A. VELASCO MARTÍNEZ
GERENTE GENERAL

Gerencia de proyectos
CEDIER S.A.C

CENTER FOR DIVERSITY AND
ECOLOGY RESEARCH S.A.C.
<https://cedier.org.pe/>

Asoc. De vivienda Los
Claveles de Lurín
Mz H Lt 20.
Lima - Lima - Lurín

RUC: 20606283751
Teléfono: Teléfono
Correo electrónico: Correo
electrónico

Nº	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Superfamilia	Familia	Genero	Nombre Común
1	Arachnida	Acari	Ixodida	-	N.D.	N.D.	N.D.	Garrapata
2	Arachnida	Acari	Ixodida	-	N.D.	N.D.	N.D.	Garrapata
3	Arachnida	Acari	Ixodida	-	Ixodoidea	Ixodidae	N.D.	Garrapata
4	Arachnida	Acari	Ixodida	-	Ixodoidea	Ixodidae	N.D.	Garrapata
5	Arachnida	Acari	Ixodida	-	Ixodoidea	Ixodidae	N.D.	Garrapata
6	Arachnida	Acari	Ixodida	-	N.D.	N.D.	N.D.	Garrapata
7	Arachnida	Acari	Ixodida	-	N.D.	N.D.	N.D.	Garrapata
8	Arachnida	Acari	Ixodida	-	N.D.	N.D.	N.D.	Garrapata
9	Arachnida	Acari	Ixodida	-	N.D.	N.D.	N.D.	Garrapata
10	Arachnida	Acari	Ixodida	-	N.D.	N.D.	N.D.	Garrapata
11	Arachnida	Acari	Ixodida	-	N.D.	N.D.	N.D.	Garrapata
12	Arachnida	Acari	Ixodida	-	Ixodoidea	Ixodidae	N.D.	Garrapata
13	Arachnida	Acari	Ixodida	-	Ixodoidea	Ixodidae	N.D.	Garrapata
14	Arachnida	Acari	Ixodida	-	N.D.	N.D.	N.D.	Acaro
15	Arachnida	Acari	Ixodida	-	N.D.	N.D.	N.D.	Acaro
16	Arachnida	-	Araneae	-	Scytodoidea	Sicariidae	<i>Loxosceles</i> sp	Araña del rincón
17	Arachnida	-	Araneae	-	Scytodoidea	Sicariidae	<i>Loxosceles</i> sp	Araña del rincón
18	Arachnida	-	Araneae	-	Scytodoidea	Sicariidae	<i>Loxosceles</i> sp	Araña del rincón
19	Arachnida	-	Araneae	-	Scytodoidea	Sicariidae	<i>Loxosceles</i> sp	Araña del rincón
20	Chilopoda	-	Scolopendromorpha	-	-	Scolopendridae	<i>Scolopendra</i> sp	Ciempiés
21	Chilopoda	-	Scolopendromorpha	-	-	Scolopendridae	<i>Scolopendra</i> sp	Ciempiés
22	Entognatha	-	Collembola	-	-	Dicyrtomidae	Dicyrtomina sp	Collembolo
23	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
24	Collembola	-	Poduromorpha	-	Pudoroidea	Poduridae	<i>Podura</i> sp	-
25	Collembola	-	N.D.	-	N.D.	N.D.	N.D.	-
26	Collembola	-	N.D.	-	N.D.	N.D.	N.D.	-
27	Collembola	-	Poduromorpha	-	Pudoroidea	Poduridae	<i>Podura</i> sp	-
28	Collembola	-	Poduromorpha	-	Pudoroidea	Poduridae	N.D.	-
29	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Paronellidae	-	-
30	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Paronellidae	-	-
31	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Paronellidae	-	-

Nº	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Superfamilia	Familia	Genero	Nombre Común
32	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Paronellidae	-	-
33	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Paronellidae	-	-
34	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Paronellidae	-	-
35	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Paronellidae	-	-
36	Collembola	-	Symphyleona	-	-	Sminthuridae	<i>Sminthurus</i> sp	-
37	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
38	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
39	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
40	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
41	Collembola	-	N.D.	-	-	N.D.	-	-
42	Collembola	-	Symphyleona	-	-	Sminthuridae	<i>Sminthurus</i> sp	-
43	Collembola	-	Symphyleona	-	-	Sminthuridae	-	-
44	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
45	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
46	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
47	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
48	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
49	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
50	Collembola	-	N.D.	-	-	N.D.	-	-
51	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
52	Collembola	-	Entomobryomorpha	-	-	Entomobryidae	-	-
53	Collembola	-	N.D.	-	-	N.D.	-	-
54	Collembola	-	Poduromorpha	-	Pudoroidea	Poduridae	<i>Podura</i> sp 1	-
55	Collembola	-	Poduromorpha	-	Pudoroidea	Poduridae	<i>Podura</i> sp 1	-
56	Collembola	-	Poduromorpha	-	Pudoroidea	Poduridae	<i>Podura</i> sp 1	-
57	Collembola	-	Poduromorpha	-	Pudoroidea	Poduridae	<i>Podura</i> sp 1	-
58	Collembola	-	Poduromorpha	-	Pudoroidea	Poduridae	<i>Podura</i> sp 2	-
59	Collembola	-	Poduromorpha	-	Pudoroidea	Poduridae	<i>Podura</i> sp 1	-
60	Collembola	-	Poduromorpha	-	Pudoroidea	Poduridae	N.D.	-
61	Collembola	-	Poduromorpha	-	Pudoroidea	Poduridae	<i>Podura</i> sp 1	-
62	Collembola	-	Poduromorpha	-	Pudoroidea	Poduridae	<i>Podura</i> sp 1	-

N°	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Superfamilia	Familia	Genero	Nombre Común
63	Diplopoda	-	Callipodida	-	-	N.D.	-	-
64	Diplopoda	-	Callipodida	-	-	N.D.	-	-
65	Diplopoda	-	Polydesmida	Strongylosomatidea	-	Paradoxosomatidae	<i>Oxidus</i> sp	Milpiés de invernadero
66	Diplopoda	-	Callipodida	-	-	N.D.	-	-
67	Entognatha	-	Diplura	Rhabdura	Campodeoidea	Campodeidae	-	-
68	Entognatha	-	Diplura	Rhabdura	Campodeoidea	Campodeidae	-	-
69	Entognatha	-	Diplura	Dicellurata	Japygoidea	Japygidae	-	-
70	Entognatha	-	Diplura	Dicellurata	Japygoidea	Japygidae	-	-
71	Entognatha	-	Diplura	Dicellurata	Japygoidea	Japygidae	-	-
72	Entognatha	-	Diplura	Dicellurata	Japygoidea	Japygidae	-	-
73	Entognatha	-	Diplura	Rhabdura	Campodeoidea	Campodeidae	-	-
74	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	Brachypauropodidae	-	-
75	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	Pauropodidae	-	-
76	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	Pauropodidae	-	-
77	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	Pauropodidae	-	-
78	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	Pauropodidae	-	-
79	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	N.D	-	-
80	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	Brachypauropodidae	-	-
81	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	Pauropodidae	-	-
82	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	Brachypauropodidae	-	-
83	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	N.D	-	-
84	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	N.D	-	-
85	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	Brachypauropodidae	-	-
86	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	N.D	-	-
87	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	N.D	-	-
88	Pauropoda	-	Tetramerocerata	-	-	Brachypauropodidae	-	-
89	Entognatha	-	Protura	Eosentomata	-	-	-	-
90	Entognatha	-	Protura	Eosentomata	-	-	-	-
91	Entognatha	-	Protura	Eosentomata	-	-	-	-
92	Entognatha	-	Protura	Eosentomata	-	-	-	-
93	Entognatha	-	Protura	Eosentomata	-	Eosentomidae	Eosentomon	-

N°	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Superfamilia	Familia	Genero	Nombre Común
							vermiforme	
94	Entognatha	-	Protura	Eosentomata	-	Eosentomidae	-	-
95	Entognatha	-	Protura	Eosentomata	-	Eosentomidae	Eosentomon vermiforme	-
96	Symphyla	-	-	-	-	Scutigereidae	-	-
97	Symphyla	-	-	-	-	Scutigereidae	-	-
98	Symphyla	-	-	-	-	Scolopendrellidae	-	-
99	Symphyla	-	-	-	-	N.D.	-	-
100	Symphyla	-	-	-	-	Scolopendrellidae	-	-
101	Symphyla	-	-	-	-	Scutigereidae	-	-
102	Symphyla	-	-	-	-	Scutigereidae	-	-
103	Insecta	-	Coleoptera	Adephaga	Caraboidea	Rhysodidae	-	-
104	Insecta	-	Coleoptera	Adephaga	Caraboidea	Rhysodidae	-	-
105	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinoidea	Staphylinidae	-	-
106	Insecta	-	Coleoptera	Adephaga	Caraboidea	Rhysodidae	-	-
107	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinoidea	Staphylinidae	-	Escarabajos Vagabundos
108	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Curculionoidea	Curculionidae	-	Gorgojo
109	Insecta	-	Coleoptera	Myxophaga	Chrysomeloidea	Chrysomelidae	-	Escarabajos de Las Hojas
110	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Cucujoidea	Nitidulidae	-	Escarabajos de la Savia
111	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Byrrhoidea	Elmidae	-	No se puede identificar
112	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Byrrhoidea	Elmidae	-	No se puede identificar
113	Insecta	-	Coleoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar
114	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Byrrhoidea	Elmidae	-	No se puede identificar
115	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Byrrhoidea	Elmidae	-	No se puede identificar
116	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Byrrhoidea	Elmidae	-	No se puede identificar
117	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Byrrhoidea	Elmidae	-	No se puede identificar
118	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Byrrhoidea	Elmidae	-	No se puede identificar
119	Insecta	-	Coleoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar
120	Insecta	-	Coleoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar
121	Insecta	-	Coleoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar

Nº	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Superfamilia	Familia	Genero	Nombre Común
122	Insecta	-	Coleoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar
123	Insecta	-	Coleoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar
124	Insecta	-	Coleoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar
125	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Byrrhoidea	Elmidae	-	No se puede identificar
126	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Elateroidea	Lampyridae	-	gusanos de luz
127	Insecta	-	Coleoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar
128	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Byrrhoidea	Elmidae	-	No se puede identificar
129	Insecta	-	Coleoptera	Polyphaga	Byrrhoidea	Elmidae	-	No se puede identificar
130	Insecta	-	Coleoptera	-	-	Elmidae	-	-
131	Insecta	-	Coleoptera	-	-	Chrysomelidae	-	-
132	Insecta	-	Coleoptera	-	-	Elmidae	-	-
133	Insecta	-	Hemiptera	Heteroptera	N.D.	N.D.	N.D.	Inmaduro
134	Insecta	-	Hemiptera	Heteroptera	N.D.	N.D.	N.D.	Inmaduro
135	Insecta	-	Hemiptera	Heteroptera	N.D.	N.D.	N.D.	Inmaduro
136	Insecta	-	Hemiptera	Homoptera	Coccoidea	Diaspididae	-	No se puede identificar
137	Insecta	-	Hemiptera	Sternorrhyncha	Sternorrhyncha	Aphididae	-	No se puede identificar
138	Insecta	-	Hemiptera	-	-	N.D	-	Inmaduro
139	Insecta	-	Hemiptera	Homoptera	Coccoidea	Diaspididae	-	No se puede identificar
140	Insecta	-	Hemiptera	Homoptera	Coccoidea	Diaspididae	-	No se puede identificar
141	Insecta	-	Hemiptera	Homoptera	Coccoidea	Diaspididae	-	No se puede identificar
142	Insecta	-	Hemiptera	-	-	N.D	-	Inmaduro
143	Insecta	-	Hemiptera	Homoptera	Coccoidea	Diaspididae	-	No se puede identificar
144	Insecta	-	Hemiptera	-	-	N.D	-	Inmaduro
145	Insecta	-	Hymenoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar
146	Insecta	-	Hymenoptera	Apocrita	Chrysidoidea	Bethylidae	-	No se puede identificar
147	Insecta	-	Hymenoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar
148	Insecta	-	Hymenoptera	Apocrita	Chrysidoidea	Bethylidae	-	No se puede identificar
149	Insecta	-	Hymenoptera	Apocrita	Chalcidoidea	Mymaridae	-	No se puede identificar
150	Insecta	-	Hymenoptera	Apocrita	Formicoidea	Formicidae	-	No se puede identificar
151	Insecta	-	Hymenoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar
152	Insecta	-	Hymenoptera	Apocrita	Formicoidea	Formicidae	-	No se puede identificar

N°	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Superfamilia	Familia	Genero	Nombre Común
153	Insecta	-	Hymenoptera	Apocrita	Chrysidoidea	Bethylidae	-	No se puede identificar
154	Insecta	-	Hymenoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar
155	Insecta	-	Hymenoptera	Apocrita	Chrysidoidea	Bethylidae	-	No se puede identificar
156	Insecta	-	Hymenoptera	Apocrita	Chalcidoidea	Mymaridae	-	No se puede identificar
157	Insecta	-	Hymenoptera	Apocrita	Formicoidea	Formicidae	-	No se puede identificar
158	Insecta	-	Hymenoptera	-	-	N.D	-	No se puede identificar
159	Insecta	-	Hymenoptera	Apocrita	Formicoidea	Formicidae	-	No se puede identificar
160	Insecta	-	Diptera	Brachycera	-	Phoridae	-	-
161	Insecta	-	Diptera	Brachycera	-	Muscomorpha	-	-
162	Insecta	-	Diptera	Brachycera	-	Muscomorpha	-	-
163	Insecta	-	Diptera	Brachycera	-	Muscomorpha	-	-
164	Insecta	-	Diptera	Nematocera	Sciaroidea	Cecidomyiidae	-	No se puede identificar
165	Insecta	-	Diptera	Brachycera	-	Syrphidae	-	-
166	Insecta	-	Diptera	Brachycera	-	Muscomorpha	-	-
167	Insecta	-	Diptera	Brachycera	-	Muscomorpha	-	-
168	Insecta	-	Lepidoptera	Glossata	-	-	-	-
169	Insecta	-	Lepidoptera	-	-	N.D	-	-
170	Insecta	-	Thysanoptera	Pterygota	N.D.	N.D.	N.D.	Trips
171	Insecta	-	Thysanoptera	-	-	N.D	-	-
172	Insecta	-	Thysanoptera	-	-	Thripidae	-	-
173	Insecta	-	Thysanoptera	-	-	Thripidae	-	-
174	Insecta	-	Thysanoptera	Pterygota	N.D.	N.D.	N.D.	Trips
175	Insecta	-	Thysanoptera	-	-	N.D	-	-
176	Insecta	-	Thysanoptera	-	-	Thripidae	-	-
177	Insecta	-	Thysanoptera	-	-	Thripidae	-	-
178	Insecta	-	Blattodea	-	Blaberoidea	Blattidae	N.D.	Cucaracha
179	Insecta	-	Blattodea	-	Blaberoidea	Blattidae	N.D.	Cucaracha
180	Insecta	-	Blattodea	-	Blaberoidea	Blattidae	N.D.	Cucaracha
181	Insecta	-	Blattodea	-	Blaberoidea	Blattidae	N.D.	Cucaracha
182	Insecta	-	Siphonaptera	Anoplura	-	Pulicidae	Ctenocephalides sp	Pulga de ganado
183	Insecta	-	Siphonaptera	Anoplura	-	Pulicidae	Ctenocephalides sp	Pulga de ganado