

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS EN EL BOSQUE
VÁSQUEZ PAMPA, LUYA - AMAZONAS, 2017.**

Autor: Bach. Geilyt Rocio Chumbe Ramirez

Asesor: Mg. Santos Triunfo Leiva Espinoza

CHACHAPOYAS – PERÚ
2018

A ti mi pequeña Haslezt Elena por haberte convertido de una limitación a ser mi fortaleza, mi luz mi razón de ser. Por los días a tu lado y los que nos quedan por vivir éste trabajo te lo dedico Hija.

AGRADECIMIENTO

Cada día que pasa es un día más para estar agradecida, porque tengo la oportunidad de emendar mis errores y ser una mejor persona, porque tengo la oportunidad de seguir luchando por mis aspiraciones, mis sueños. A cada meta lograda y sueño cumplido se debe al esfuerzo, dedicación y perseverancia, el apoyo moral de los seres que te quieren y la bendición del todo poderoso que se manifiesta de distintas maneras. Quiero agradecer:

A mi madre: Elena Ramirez Rojas, madrecita linda gracias por tu comprensión y apoyo eres una mujer muy valiente y fuerte, te admiro mucho.

A mi padre: Asunción Chumbe Cachay por los consejos brindados, por el apoyo moral para terminar mi carrera a pesar de haberme convertido en madre, por las riñas y sonrisas que nos diste, te quiero papá.

A mis hermanos: Lucy, Suly, Jarly y Jhorsy por su comprensión cuando les dejaba a Haslezt para terminar con esta investigación.

A Norvil Bocanegra Torres por su cariño, comprensión y paciencia.

A mi asesor Ing. Santos Triunfo Leiva Espinoza quien con sus conocimientos me permitió finalizar satisfactoriamente este trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza por darme la oportunidad de formarme en sus diferentes ambientes. Y a todas las personas que de alguna manera me ayudaron el sueño de convertirme en una Ingeniera Ambiental.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MAENDOZA DE AMAZONAS**

Dr, Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa Garcia

Vicerrector de Investigación

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

VISTO BUENO DEL ASESOR

EL docente de la UNTRM – A, Mg. Santos Triunfo Leiva Espinoza, que suscribe hace constar que ha asesorado la tesis titulada:

Macroinvertebrados edáficos en el bosque Vásquez Pampa, Luya - Amazonas, 2017.

Presentado por el Bachiller: Geilyt Rocío Chumbe Ramirez. Habiendo revisado el informe final de la tesis en mención doy la conformidad y el visto bueno para continuar con los trámites correspondientes.

Chachapoyas, Enero del 2018

.....

Mg. Santos Triunfo Leiva Espinoza
Asesor

JURADO EVALUADOR

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

Presidente

Ing. Elí Pariente Mondragón

Secretario

Dr. Wagner Guzmán Castillo

Vocal

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	13
II. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo general	14
2.2. Objetivos específicos	14
III. MARCO TEÓRICO	14
3.1. Antecedentes de investigación	14
3.2. Bases teóricas	18
3.3. Definición de términos básicos	33
IV. MATERIAL Y MÉTODOS	35
4.1. Área de estudio	35
4.2. Materiales	36
4.2. Metodología	37
V. RESULTADOS	42
VI. DISCUSION	48
VII. CONCLUSIONES	51
VIII. RECOMENDACIONES	52
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
X. ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Función esencial que desempeñan los diferentes tipos de organismos del suelo.....	21
Tabla 02. Clasificación taxonómica de los organismos integrantes de la macrofauna.....	24
Tabla 03. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados edáficos en pastos.....	42
Tabla 04. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados edáficos en bosque de pino.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Áreas dentro del bosque	35
Figura 02. Ubicación geográfica del área de estudio	36
Figura 03. Puntos de muestreo	38
Figura 04. Puntos de muestreo	38
Figura 05. Colémbolo	40
Figura 06. George (2000), manual de identificación	41
Figura 07. George (2000), descripción de la familia	41
Figura 8. Diversidad de familias colectadas en las dos coberturas vegetales en función de los órdenes	44
Figura 9. Abundancia de individuos en función de los órdenes colectados en las dos coberturas vegetales	45
Figura 10. Abundancia de individuos en función de las familias recolectadas en los pastos naturales	46
Figura 11. Abundancia de individuos en función de las familias recolectadas en el bosque de pino	47
Figura 12. Resultados del índice de diversidad de Shannon-Weaver a nivel de familias que se encontró en las dos coberturas vegetales	47
Figura 13. Pastos naturales	58
Figura 14. Bosque de pino	59
Figura 15. Colecta de trampas en los pastos	60
Figura 16. Instalación de las trampas en el bosque de Pino	60
Figura 17. Tapado de las trampas para protegerlas de la lluvia	61
Figura 18. Estereoscopio del laboratorio de PROFITEN	61
Figura 19. Separación de los macroinvertebrados en el laboratorio de la UNTRM	62
Figura 20. Limpieza de las muestras en el laboratorio de PROFITEN	62
Figura 21. Observación de los macroinvertebrados en la pantalla de una computadora	63
Figura 22. Observación de los macroinvertebrados en el estereoscopio	63
Figura 23. Familia Pyrochroidae (Coleoptera) en pastos naturales	64
Figura 24. Familia Silphidae (Coleoptera) en pastos naturales	64
Figura 26. Familia Formicidae (Hymenoptera) en pastos naturales	65

Figura 26. Familia Entomobryidae (Collembola) en pastos naturales	65
Figura 27. Familia Aphrophoridae (Hemiptera) en pastos naturales	66
Figura 28. Familia Grillyidae (Orthoptera) en pastos naturales	66
Figura 29. Familia Formicidae (Hymenoptera) en pastos naturales	67
Figura 30. Familia Curculionidae (Coleoptera) en pastos naturales	67
Figura 31. Familia Syrphidae (Diptera) en pastos naturales	68
Figura 32. Órden (Diptera) en bosque de pino	68
Figura 33. Familia Formicidae (Hymenoptera) en bosque de pino	69
Figura 34. Familia Salticidae (Araneae) en bosque de pino	70
Figura 35: Familia Blattellidae (Blattodea) en bosque de pino	71
Figura 36: familia Brentidae (Cleoptera) en bosque de pino	72
Figura 37: familia Pulicidae (Hemiptera) en bosque de pino	72
Figura 38: invertebrados menores a 2mm (mesofauna) en el bosque Vásquez Pampa	73

RESÚMEN

En esta investigación se logró evaluar los macroinvertebrados edáficos a nivel de población en dos coberturas vegetales (Pino y pastos naturales) en el bosque Vásquez Pampa en la provincia de Luya. Se utilizaron 15 puntos de muestreo y 3000 m² de área por cada cobertura. Para la captura de los macroinvertebrados edáficos se utilizó las trampas de caída conocidas también como trampas Pitfall. Las muestras fueron depositadas en bandejas plásticas para poder ser limpiadas y separadas. Finalmente se colocó en frascos con alcohol al 70%, para la identificación de los ejemplares se utilizó manuales de identificación y guías descriptivas de macroinvertebrados edáficos. El índice de diversidad de Shannon-Weaver muestra que la cobertura con mayor diversidad fue la de pastos naturales con un total de 117 individuos correspondiente a 30 familias y la cobertura de pino registró un total de 14 familias con 190 individuos, resultando menos diverso.

Palabras clave: Macroinvertebrados, coberturas vegetales, diversidad.

ABSTRACT

In this investigation it was possible to evaluate the edaphic macroinvertebrates at a population level in two vegetation coverings (Pine and natural pastures) in the Vásquez Pampa forest in the Luya province. 15 sampling points and 3000 m² of area were used for each coverage. For the capture of edaphic macroinvertebrates, the fall traps known as pitfall traps were used. The samples were deposited in plastic trays to be cleaned and separated. Finally, it was placed in flasks with 70% alcohol, identification manuals and descriptive guides of edaphic macroinvertebrates were used to identify the specimens. The Shannon-Weaver diversity index shows that the coverage with the greatest diversity was that of natural pastures with a total of 117 individuals corresponding to 30 families and the pine coverage registered a total of 14 families with 190 individuals, being less diverse.

Key words: Macroinvertebrates, plant cover, diversity.

I. INTRODUCCIÓN

Sin lugar a dudas, los bosques ayudan a mantener el equilibrio ecológico y la biodiversidad, limitan la erosión en las cuencas hidrográficas e influyen en las variaciones del tiempo y en el clima. Asimismo, abastecen a las comunidades rurales de diversos productos, como la madera, alimentos, combustible, forrajes, fibras o fertilizantes orgánicos. En la actualidad las reforestaciones de bosques se usan como una alternativa para disminuir el calentamiento global y recuperar ecosistemas, es así como comunidades e Instituciones Educativas emprenden planes de reforestación para contribuir con esta buena acción en pro del medio ambiente; lo que no saben es la influencia que tienen las especies exóticas en la fauna del suelo como es el caso del *Pinus patula*. Estudios recientes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) señalan que las regiones que tienen mayor producción forestal, en orden de importancia son: Junín, Cusco, La Libertad, Cajamarca, Huánuco y Ancash, siendo Junín la que ocupa el primer lugar en producción de eucalipto con 18.36% y Cajamarca la que ocupa el primer lugar en producción de pino con 61.14%. En la comunidad de Luya Viejo se reforestó 561,15 Ha con *Pinus patula*. La presencia de especies exóticas invasoras constituye una de las principales causas de pérdida de biodiversidad, dentro de esta biodiversidad se encuentran los macroinvertebrados, que son organismos pequeños que habitan en el suelo pero fácilmente detectables, entre los que se encuentran las lombrices de tierra, las termitas, las hormigas, los milpiés, las cochinillas, las arañas, los ciempiés y otros. Los macroinvertebrados edáficos por ser sensibles al cambio se utilizan como bioindicadores de la calidad de un suelo siendo afectadas directamente a su población por el tipo de cobertura vegetal que se encuentra en la superficie edáfica. A su vez es importante reconocer que su acción afecta notablemente la rugosidad de la superficie, la porosidad, la agregación del suelo y tiene efectos en las propiedades hidráulicas del suelo. Mediante esta investigación se pretende demostrar que la especie exótica *Pinus Patula* modifica y disminuye la población de macroinvertebrados en los suelos del bosque Vásquez Pampa.

Finalmente se busca mejorar los planes de reforestación que emprenden las organizaciones cambiando las especies exóticas por especies nativas.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar la población de macroinvertebrados edáficos en el bosque Vásquez Pampa, Luya – Amazonas.

2.2. Objetivos específicos

2.2.1. Determinar la diversidad de familias de los macroinvertebrados edáficos en dos coberturas vegetales del bosque Vásquez Pampa.

2.2.2. Comparar los resultados obtenidos, entre cobertura vegetal *P. patula* y pastizales naturales.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

3.1.1. A nivel internacional

Lema (2016) menciona que la biodiversidad y riqueza de los macroinvertebrados varía según el uso de suelo. Se evaluó 4 usos de suelo: cultivo de cebada, Quinoa, papa y cercas vivas de pasto milin en tres zonas: alta, media y baja donde el orden Coleoptera (escarabajos) predominó en las tres zonas con 938 individuos zona alta, 1659 zona media y 609 en la zona baja. Y se determinó que las cercas vivas presentan mayor diversidad debido a una variedad de árboles, arbustos y pastos los mismos que proporcionan abundante material orgánico vegetal y un microambiente más favorable para el establecimiento de los macroinvertebrados.

Cabrera (2012) sostiene que para predecir el estado de degradación de un suelo se utiliza un grupo de variables que abarcan sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas. La macrofauna, que incluye los invertebrados del suelo mayores de 2 mm de diámetro, es un componente biológico que puede ser usado con este fin. Tanto su riqueza taxonómica como su densidad, biomasa y composición funcional cambian en dependencia del efecto de diversos usos y manejos de la tierra. Además sugiere que las investigaciones futuras deben considerar un nivel taxonómico más bajo en la identificación de

la macrofauna, y relacionar su composición taxonómica y funcional con los factores climáticos y pedológicos.

Pareja *et al.* (2011) en su investigación menciona que el estado de las propiedades dinámicas del suelo, tales como el contenido de la materia orgánica, la diversidad de organismos, o los productos microbianos en un tiempo particular, permiten inferir sobre la calidad del suelo. Los indicadores disponibles para evaluarla, pueden variar entre localidades, dependiendo del tipo y uso del suelo, función y factores de formación del mismo. Los invertebrados se pueden constituir en indicadores de la calidad de un suelo, dado que juegan un papel vital en los procesos de ciclaje de nutrientes; además, su diversidad, número y funciones son sensibles al cambio ambiental en las condiciones del suelo, asociadas con actividades propias en los agroecosistemas.

Cabrera *et al.* (2011) sostiene que los mayores valores de riqueza, densidad y biomasa de la macrofauna se obtuvieron en los bosques secundarios, y los menores valores en los pastizales, los cultivos varios y los cañaverales. Haplotaxida, Formicidae, Isoptera, Coleoptera y Diplopoda fueron las unidades taxonómicas de la macrofauna, dominantes en densidad y en biomasa, en la mayoría de los usos de la tierra estudiados. Los resultados sobre la riqueza taxonómica, la densidad y la biomasa de la macrofauna del suelo indicaron el nivel de degradación del medio edáfico.

Hernan *et al.* (2010) sostiene que en los sistemas montañosos andinos algunos agrosistemas son ambientes propicios para la conservación de la biodiversidad o para la readaptación, recolonización y multiplicación natural de las especies. Para evaluar este fenómeno, en la cuenca del río Otún, Colombia se caracterizó la comunidad de macroinvertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso del terreno. Se identificaron 19 órdenes con riqueza media estimada entre 12 y 16 grupos; el relicto de selva tuvo mayor y las plantaciones menor riqueza. Las lombrices de tierra fueron el grupo dominante en abundancia (620 ind. m⁻²) y biomasa (134,1 g.p.f. m⁻²). Se encontró los valores más altos de diversidad y una distribución más

homogénea y frecuente de los macroinvertebrados en el relicto de selva, así como alto porcentaje de dominancia y porcentaje de dominancia combinada (PDC) para determinados grupos epígeos como diplópodos, isópodos y arácnidos, que se consideraron indicadores de ecosistemas más conservados.

Leon *et al.* (2010) sostiene que los artrópodos del suelo son un componente fundamental de los ecosistemas de bosque, ya que participan en la fragmentación de los residuos orgánicos previa a la descomposición. Esta función es más valuable en ambientes de altura, donde las bajas temperaturas limitan la dinámica de los procesos biológicos. Sin embargo, uno de los problemas más comunes en las montañas colombianas ha sido el reemplazo de vegetación nativa por plantaciones de pino. Se utilizaron trampas “Pitfall” para registrar el movimiento de fauna epígea, y embudos Berlese para estimar la densidad de fauna de los horizontes O y A. Se calcularon los índices de Shannon y Simpson para estimar la diversidad en diferentes lugares y horizontes, además fue evaluada la estructura trófica de la comunidad. Además concluye que las plantaciones de pino afectan la diversidad, composición, dinámica comunitaria y estructura trófica de los artrópodos del suelo.

Morales y Sarmiento (2002) menciona que se caracterizó la densidad, diversidad y estructura de la comunidad de macroinvertebrados edáficos en una sucesión secundaria en el Páramo de Gavidia (Andes venezolanos) así como su relación con la diversidad de especies vegetales. Se trabajó en parcelas de 0 años (recién cosechadas), 1 y 6 años de descanso y en parcelas de páramo nunca cultivado (PV), con cuatro repeticiones por categoría, para un total de 16 parcelas analizadas han encontrado que la comunidad de macroinvertebrados edáficos está formada por 18 taxa, pertenecientes a Nematoda, Mollusca, Annelida y Arthropoda, con una densidad promedio de 407 ind m⁻², una riqueza de 74 morfotipos y una diversidad (N1 de Hill) de 12 morfotipos. Coleoptera fue el orden mejor representado, con 135 ind m⁻², seguido de Diptera con 72 ind m⁻² y de Oligochaeta con 56 ind m⁻². Además sostiene que la perturbación agrícola del páramo natural produjo un efecto negativo sobre la edafofauna, reduciendo drásticamente su densidad, riqueza

y diversidad, de las cuales, solo la densidad se recupera totalmente después de 6 años de descanso. Se encontraron morfotipos característicos de cada etapa sucesional y del páramo natural, que pudieran ser indicadores de calidad ambiental y/o perturbación.

3.1.2. A nivel nacional

Aspajo (2015) menciona que logro registrar 129 individuos, agrupados en 9 subfamilias: Scarabaeinae, Melolontinae, Rutelinae, Macrolininae, Borinae, Erotylinae, Baridinae, Molytinae y Coccinellinae; y estos a su vez en 6 familias: Scarabaeidae, Passalidae, Boridae, Erotylidae, Curculionidae y Coccinellidae. A nivel total las subfamilias con mayor cantidad de individuos son Baridinae (31 y 21); Scarabaeinae (18) y Macrolininae (17); y las con menor número son Molytinae y Borinae (2 individuos c/u). El estrato Hojarasca presenta el mayor número de individuos (91); seguido del estrato 00-10 cm (35). El estrato 20 – 30 cm no presentan ningún individuos. Las subfamilias con mayor densidad poblacional a nivel de estratos son: Hojarasca: Baridinae (60.70 ind/m²), Scarabaeinae (44.73 ind/m²), Macrolininae (41.53 ind/m²); Estrato 00-10 cm: Baridinae (35.14 ind/m² y 25.56 ind/m²).

Aspajo (2015) concluye que la presencia de coleópteros nos puede llevar a determinar que el lugar de estudio presenta una buena calidad de sitio.

Ruiz (2015) afirma que el cultivo de *Bactris gasipaes* “Pijuayo” presenta una buena riqueza, una elevada densidad especialmente de Hymenoptera (Formiciade) e Isoptera (Termitidae), una alta biomasa y mantiene una distribución vertical adecuada. Se colectaron un total de 28 morfotipos y 16 familias identificadas, de ellos 17 presentaron un solo individuo (Singletons), y 3 morfotipos presentaron dos individuos (Doubletons). La densidad promedio total fue de 7405 ind./m² en las tres parcelas de “Pijuayo”, y las familias de mayor densidad fueron Termitidae con 2753 ind./m² y Formicidae con 2672 ind./m².

Reategui (2013) concluye que la tala y quema tiene un efecto en la macrofauna edáfica donde los grupos taxonómicos y la densidad

disminuyeron con la actividad de la quema, mostrándose mayores pérdidas en la profundidad de 0 - 10 cm del suelo. Hubo mayores valores en el índice de Shannon-Wiener y la equidad en los suelos de la purma después de la quema, mientras que el valor de Simpson se incrementó en la purma talado 15 días.

Pashanasi (2001) menciona que realizó un estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana, con el objetivo de evaluar el efecto de los principales sistemas de uso de la tierra sobre la comunidad de macro - invertebrados. La comunidad de macro - invertebrados del suelo fue evaluada en 22 sistemas de uso en las zonas de Yurimaguas y Pucallpa (Perú). Finalmente concluye que los sistemas agroforestales con cobertura de leguminosas tienen la más alta diversidad.

3.1.3. A nivel Local

Alvarado *et al.* (2015) menciona que la región Amazonas viene experimentando una serie de impactos como la deforestación que produce pérdida de la cubierta vegetal y como consecuencia de la reducción del hábitat para la fauna, logró evaluar la diversidad entomológica entre un ecosistema en proceso de regeneración natural (BS) y un bosque primario (BP) en Bongará, Amazonas, Perú. Además sostiene que la abundancia y diversidad de la entomofauna puede ser empleada como un bioindicador de impacto antrópico y de época del año evaluado en el ambiente boscoso.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Cobertura vegetal

Las plantas, árboles, musgos, líquenes y organismos semejantes constituyen lo que se denomina manto o cobertura vegetal. Por su diversidad, propicia la existencia de variados ecosistemas donde se alberga la vida animal y micro-orgánica en un equilibrio frágil y único. La cobertura vegetal está amenazada por incendios forestales, la tala indiscriminada del bosque, la expansión de la frontera agrícola, el crecimiento de las urbes, el empleo acumulado de agroquímicos, la inadecuada intervención minera y otras formas irresponsables de usar el suelo (Arias *et al.* ,2010).

3.2.2. Sistemas Forestales de Pino

Las plantaciones forestales son cultivos con especies forestales que generan ecosistemas forestales constituidos a partir de la intervención humana, mediante la instalación de una o más especies forestales, nativas o introducidas, se realizan con fines de producción de madera (bolaina, estoraque, capirona, pino, eucalipto, otras) o productos forestales diferentes a la madera (Tara, Castaña, Shiringa, Aguaje, Saúco, etc), protección (cabecera cuenca, defensa de ribera y márgenes de los ríos) restauración (ecoturismo), provisión de servicios ambientales (captura de carbono) o cualquier otra combinación de los anteriores.

El Perú es un país ideal para las plantaciones forestales por la variedad de climas, la disponibilidad de agua y por poseer una variedad de especies forestales con alto valor comercial, así como ecosistemas. La experiencia de las plantaciones existentes muestra la diversidad de especies que podemos cultivar de acuerdo a las ventajas comparativas que se distinguen entre las regiones de nuestro país.

Principales especies forestales para la Sierra: Tara *Caesalpinia spinosa*, Aliso *Alnus acuminata*, Queñoa *Polylepis* sp., Kollo *Buddleja coriácea*, Kishuar *Buddleja incana*, Chachacomo *Escallonia resinosa*, Tasta *Escallonia angustifolia*, Molle *Schinus molle*, Sauco *Sambucus peruviana*, Sauce *Salix* sp., Pajuro *Erythrina edulis*, Bambu: *Guadua* sp., Eucalipto: *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens*. Pinos: *Pinus radiata* y *Pinus patula* (MINAGRI, 2015)

3.2.3. Suelo

El suelo es un recurso natural no renovable, un medio vivo y dinámico que proporciona sustento a toda criatura viviente y donde ocurren procesos fundamentales de los ecosistemas como los ciclos del agua, carbono, nitrógeno y fósforo. La selección y aplicación de indicadores para reflejar su calidad, responden a la necesidad de preservar este medio debido a su deterioro creciente y a su valor para la vida en el planeta (Cabrera, 2014).

3.2.4. Funciones y organismos del suelo

Los organismos del suelo aportan una serie de servicios fundamentales para la sostenibilidad de todos los ecosistemas. Son el principal agente del ciclo de los

nutrientes, regulan la dinámica de la materia orgánica del suelo, la retención del carbono y la emisión de gases de efecto invernadero, modifican la estructura material del suelo y los regímenes del agua, mejorando la cantidad y eficacia de la adquisición de nutrientes de la vegetación y la salud de las plantas. Estos servicios no sólo son decisivos para el funcionamiento de los ecosistemas naturales, sino que constituyen un importante recurso para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas (Swift, 1976).

Tabla 1: *Función esencial que desempeñan los diferentes tipos de organismos del suelo*

Funciones en el suelo	Organismos en el suelo
Mantenimiento de la estructura	Bioturbación por invertebrados y sistemas radiculares de las plantas, micorrizas y algunos tipos de microorganismos
Regulación de la hidrología del suelo	Invertebrados con mayor potencial de bioturbación y sistemas radiculares
Intercambio de gases con la atmósfera y secuestro de carbono	La mayor parte de los microorganismos, sistemas radiculares y carbono retenido en agregados compactos de origen biogénico (como las pelotas fecales de lumbrídeos)
Eliminación de compuestos tóxicos	La mayor parte de los microorganismos del suelo.
Ciclo de Nutrientes	La mayoría de microorganismos y raíces, así como algunos invertebrados que se alimentan del mantillo (horizontes orgánicos)
Descomposición de la materia orgánica	Varios invertebrados soprofíticos y/o que se alimentan del mantillo (detritívoros), hongos, bacterias, actinomicetos y otros micro-organismos
Supresión de pestes, enfermedades y nematodos, otros	Plantas, micorrizas y otros hongos, nematodos, invertebrados y bacterias que parasitan o causan enfermedades a patógenos, colémbolos, invertebrados, protozoos y hongos depredadores
Fuente de alimentos y medicinas	Raíces de algunas plantas, algunos insectos (grillos, larvas de escarabajos, hormigas, termites), lumbrídeos, vertebrados que habitan en el suelo, microorganismos y sus productos (p. ej. la penicilina)
Relaciones simbióticas y asimbióticas con las raíces de las plantas	Rizobios, micorrizas, actinomicetos, bacterias diazotrópicas, varias especies de microorganismos rizosféricos y hormigas.
Control del crecimiento de las plantas (que pueden tener positivos o negativos)	Efectos Directos: Sistemas radiculares, rizobios, micorrizas, actinomicetos, patógenos, nematodos fitoparásitos, insectos rizofagos, microorganismos de la rizosfera, agentes que ejercen biocontrol; Efectos Indirectos: la mayor parte de la biota.

Fuente: (FAO Soil Biodiversity Portal)

3.2.5. Clasificación de la fauna edáfica

Según la función de la fauna edáfica en el ecosistema y su relación en tamaño, los diferentes individuos dentro de esta clasificación juegan un papel importante en el suelo y se clasifican en:

- Microfauna: Integrada por animales que viven en el agua que se encuentran suspendidos en las partículas del suelo. Su tamaño promedio es menor a 0.2 mm de diámetro. A este grupo se unen los protozoarios, rotíferos y nematodos (Fragoso *et al.*, 2001).
- Mesofauna: Integrada por animales como microartropodos, pequeños Oligochaeta y Enchytraeidae. Su tamaño promedio esta entre 0,2 a 2 mm de diámetro (Fragoso *et al.*, 2001).
- Macrofauna: Son invertebrados que se mueven activamente a través del suelo y que pueden elaborar galerías y cámaras en las cuales viven termitas, lombrices y artrópodos como los principales componentes de este grupo. Su tamaño es de más de 2 mm (Lavelle *et al.*, 1997) y fácilmente visibles en la superficie o interior del suelo (Brown *et al.*, 2003).

a) Macrofauna edáfica

La macrofauna edáfica está compuesta por animales invertebrados que pasan toda o una parte de su vida dentro del suelo, sobre la superficie inmediata de éste, en la hojarasca superficial y los troncos caídos en descomposición. Poseen un ancho de cuerpo o diámetro mayor de 2 mm y una longitud igual o mayor de 10 cm; por lo que son posibles de detectar a simple vista, a diferencia de otros invertebrados más pequeños que integran la mesofauna (diámetro entre 0.2 - 2 mm) y la microfauna edáfica (diámetro menor de 0.2 mm) (Brown *et al.*, 2001).

3.2.6. Clasificación de la macrofauna edáfica

A partir de su función e impacto en el suelo, de su forma de vida y de su fuente de alimentación o hábito alimentario, la macrofauna se puede dividir en distintos grupos funcionales, entre ellos los detritívoros, los herbívoros y los

depredadores (Zerbino *et al.*, 2008), y con una repercusión especial en la evolución y productividad del suelo se pueden señalar a los ingenieros del ecosistema.

a) Los detritívoros

El grupo funcional de detritívoros vive en la hojarasca, en la superficie e interior del suelo. Interviene en la descomposición de la materia orgánica y, fundamentalmente los invertebrados que habitan en la superficie, se encargan de la trituración de los restos vegetales y animales que componen la hojarasca. La fragmentación mecánica de estos restos hace que haya mayor disponibilidad de alimentos para otros invertebrados más pequeños y para los microorganismos (por ejemplo: hongos y bacterias), jugando los detritívoros un papel importante en el reciclaje de nutrientes. En la literatura especializada se menciona, además, que algunos individuos detritívoros podrían ser omnívoros no selectivos; siendo los organismos omnívoros consumidores de todo tipo de material de origen vegetal o animal (Cabrera, 2014).

b) Los herbívoros o depredadores

La otra parte de los macroinvertebrados que funcionan como herbívoros o depredadores, viven tanto en el interior como en la superficie del suelo. Los primeros se alimentan de las partes vivas de las plantas y así controlan la cantidad de material vegetal que ingresa al suelo; mientras los depredadores consumen diversos invertebrados, por lo que modifican el equilibrio de sus poblaciones y el balance entre éstas y los recursos disponibles del ecosistema (Cabrera, 2014).

c) Los ingenieros del suelo

Los ingenieros del suelo o del ecosistema constituyen una clasificación relacionada especialmente con los cambios físicos que provocan en el medio edáfico (Jones *et al.*, 1994). Los ingenieros existen mayormente en el interior del suelo y son responsables de la formación de poros, de la oxigenación y de la infiltración de agua, producto de las redes de galerías que construyen. También posibilitan la transformación de la materia

orgánica por su interacción con algunos microorganismos. Influyen en el proceso de agregación y formación de la estructura del suelo gracias al aporte de sus heces fecales, que son el producto de la mezcla en sus intestinos de material mineral (arena y arcilla) y orgánico del suelo, constituyendo reservorios de nutrientes. (Cabrera, 2014).

Además, la macrofauna integra más de 20 grupos taxonómicos tales como los siguientes: Cochinillas (Isopoda), escarabajos (Coleoptera), arañas (Arachnida) grillos (Orthoptera), caracoles (Mollusca), milpiés (Diplopoda), hormigas (Formicidae), cienpies (Chilopoda), tigeretas (Dermaptera), Diplura, Homopteros, Oligochaeta, como las lombrices de tierra y Echytreidos, larvas de Díptera, Lepidoptera y Coleoptera (Brown *et al.*, 2001).

3.2.7. Clasificación taxonómica de la macrofauna del suelo

Este grupo está integrado por los animales que tienen un ancho de cuerpo mayor a 2 mm (Linden *et al.*, 1994) y que pertenecen a distintos Filos, Clases y Órdenes.

Tabla 2: Clasificación taxonómica de los organismos integrantes de la macrofauna.

Phylum	Clase	Sub-Clase	Orden
Annelida	Clitellata	-	Oligocheata
Arthropoda	Arachnida	-	Araneae
	Insecta	-	Coleoptera
			Dictyoptera
			Diptera
			Hemiptera
			Hymenoptera
			Homoptera
			Isoptera
			Orthoptera
	Crustacea	-	Isopoda
Myriapoda	Chilopoda		
	Diplopoda		
Nematoda	Adenophorea	-	Mermithida
Mollusca	Gastropoda	-	

Fuente: Elaboración Propia

3.2.8. Descripción de macroinvertebrados

a) Artrópodos

Los biólogos clasifican a los seres vivos en cinco divisiones llamadas reinos, el mayor de los cuales es el animal. Los reinos se dividen en Filums o tipos. Los artrópodos forman el mayor Filum del reino animal. Constituyen un grupo muy diverso, con tamaños que abarcan de ácaros de una fracción de milímetro al enorme cangrejo isleño Japonés, *Macrocheira kaempferi* que puede alcanzar 4 m. Los artrópodos se encuentran en cualquier hábitat de la tierra, desde las profundidades de los océanos hasta los más altos picos, desde los más áridos desiertos hasta las húmedas selvas pluviales y en las zonas muy pobladas. Los insectos son los únicos artrópodos con alas, y son los más exitosos en su supervivencia (George, 2000)

Características de los artrópodos

Los artrópodos tienen rasgos comunes

- ✓ El cuerpo con simetría lateral
- ✓ Un exoesqueleto protector y rígido (o cutícula) compuesto de quitina, los músculos se unen al exoesqueleto, que se muda a medida que el animal atraviesa sus estadios de desarrollo.
- ✓ Pares de patas articuladas que salen de los segmentos corporales.
- ✓ Segmentos corporales que forman unas pocas secciones principales

Los miriápodos tienen cabeza y tronco; los crustáceos y los artrópodos, una cabeza separada, tórax y abdomen. En los arácnidos la cabeza y el tórax se han fusionado para formar un segmento único; el cefalotórax (George, 2000).

b) Insectos

Todos los insectos tienen el cuerpo dividido en 3 partes: cabeza, tórax y abdomen, y varían tanto en tamaño como en coloración. En la cabeza se destaca la presencia de dos ojos compuestos, dos antenas y las piezas bucales; las antenas y piezas bucales de forma variable para cada insecto. En la región del tórax se insertan seis patas, y usualmente dos pares de alas en los adultos. El abdomen posee de nueve a once segmentos, y en el último, algunos insectos

poseen un par de estructuras llamadas cercos, de función sensorial. Se describen los grupos de insectos más comunes en el suelo, ya sea por la incidencia de adultos y/o de individuos inmaduros, larvas o ninfas. Estos tres últimos términos significan indistintamente que el individuo no ha desarrollado sus órganos sexuales completamente y no está apto aún para reproducirse. Las larvas, además, no presentan alas ni ojos compuestos (Cabrera, 2014)

○ **Cucarachas (Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Dictyoptera)**

Son insectos aplanados y de forma ovalada. Tienen la cabeza pequeña y triangular, de la que parten un par de antenas muy largas. Poseen piezas bucales masticadoras muy desarrolladas. Pueden tener, o no, alas e incluso las especies aladas no siempre vuelan. Son animales que tienen patas largas y espinosas, de ágiles movimientos. En el suelo habitan tanto formas inmaduras o ninfas, como adultos. Las cucarachas consumen con mayor frecuencia todo tipo de material muerto, ya sea de origen animal o vegetal (omnívoro y detritívoro). Algunas pueden consumir material vegetal vivo (herbívoros). Son de actividad nocturna fundamentalmente y se encuentran en un amplio rango de ecosistemas, desde áreas silvestres hasta cultivadas como por ejemplo, los sistemas agrícolas urbanos (Cabrera, 2014).

○ **Escarabajos (Phylum Artropoda, Clase Insecta, Orden Coleoptera)**

Los escarabajos presentan un tegumento duro (esclerotizado) y piezas bucales masticadoras con fuertes mandíbulas. Su principal diferencia con otros insectos es que los adultos presentan las alas delanteras, o primer par de alas, esclerotizadas, no funcionales para el vuelo, como escudos que cubren total o parcialmente el abdomen, llamadas élitros. La función del primer par de alas es proteger el segundo par, que son membranosas, aptas para volar y en reposo se esconden debajo de los élitros. En el suelo se encuentran tanto larvas como adultos. Los escarabajos pueden desarrollar todo su ciclo de vida en el suelo o solo vivir durante su fase larval, y una vez que alcanzan el estado adulto cambiar de ambiente. Las larvas de escarabajos, en comparación con las larvas de otros insectos presentan la cabeza con sus piezas bucales de tipo masticador y los tres

pares de patas bien diferenciados. Entre las familias de escarabajos más comunes en el suelo se pueden mencionar a: Elateridae, Scarabaeidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tenebrionidae, Carabidae y Staphylinidae. Generalmente Elateridae y Scarabaeidae se encuentran en forma larval, y el resto de las familias, en estado adulto (Cabrera, 2014).

○ **Tijeretas (Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Dermaptera)**

Estos insectos son conocidos vulgarmente como “pica culos” y pueden ser confundidos con los escarabajos. Son insectos elongados y con boca masticadora. La mayoría de las especies presentan el primer par de alas como élitros y el segundo en forma de abanico. Se diferencian de otros insectos por la presencia, al final del cuerpo, de un par de estructuras a modo de forceps, cercos o pinzas. Realizan todo su ciclo de vida en el suelo, cavando y vi viendo en túneles profundos en muchas ocasiones. Son principalmente de actividad nocturna y su función es detritívora y depredadora (Cabrera, 2014).

○ **Moscas y Mosquitos (Phylum Artropoda, Clase Insecta, Orden Díptera)**

Es común encontrar en el suelo tanto larvas como adultos. Los adultos tienen aparato bucal chupador, en forma de trompa bilobulada al final. Es peculiar en el grupo la presencia de solo un par de alas para el vuelo; el segundo par está reducido a manera de raqueta, que ayuda en el equilibrio. Las larvas de moscas tienden a confundirse con las larvas de escarabajos, aunque son más finas y no se les distingue claramente ni la cabeza ni las patas.

La mayoría de las larvas de dípteros que habitan en el suelo son detritívoras, aunque algunas son depredadoras. Las especies detritívoras están asociadas con acumulaciones de materia orgánica y de excrementos, y su abundancia disminuye en suelos con bajo contenido orgánico (Cabrera, 2014).

o **Chinches, salta hojas y pulgones (Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Hemiptera)**

Los caracteres que distinguen a este grupo son la forma de la boca y la posición de las alas cuando se encuentran en reposo. Se caracterizan por poseer un aparato bucal chupador, con forma de tubo succionador que se extiende por debajo del cuerpo. Las chinches presentan el primer par de alas divididas en una mitad anterior o basal, dura y una mitad posterior o distal, membranosa. El segundo par es totalmente membranoso y ambos pares de alas quedan planos con respecto al área del abdomen, cuando se cierran. En el caso de los salta hojas, sus alas son uniformemente membranosas y al cerrarse quedan inclinadas con respecto al abdomen, formando un tejado. Todos los integrantes de Hemiptera, que habitan en el suelo, tienen hábito herbívoro pues atacan raíces u hojas. Se pueden encontrar en la hojarasca, dentro del suelo, debajo de la corteza de árboles caídos y en todo tipo de ecosistemas naturales o antropizados. Sus poblaciones son susceptibles a la aplicación de plaguicidas (Cabrera, 2014).

o **Hormigas (Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Hymenoptera, Familia Formicidae)**

Son insectos de comportamiento gregario, parientes de las avispas y las abejas. En sus colonias existen diferentes miembros o castas que cumplen con funciones distintas, por ejemplo, los soldados que protegen el nido, y las obreras que cuidan la colonia y alimentan a sus integrantes. Las hormigas se identifican fácilmente por sus antenas en ángulo recto o de forma acodada y por la presencia de una constricción entre el tórax y el abdomen, llamada pedicelo o cinturita. Sus nidos pueden ser simples o altamente complejos, formados en la superficie o en el interior del suelo, para lo cual remueven los diferentes estratos de este medio, contribuyendo así a la dinámica de descomposición y mineralización de la materia orgánica. De esta manera, también crean sitios de refugio y alimentación para otros organismos descomponedores. Al igual que las lombrices de tierra, su acción fundamental es como ingenieros del suelo en la modificación de su estructura física. Las hormigas son organismos

omnívoros, poco selectivos, que consumen todo tipo de material vegetal o animal. También pueden ser efectivos depredadores de otros invertebrados, controlando sobre todo la población de herbívoros y la producción vegetal (Cabrera, 2014).

○ **Termitas o comejenes: Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Isoptera**

Las termitas, como las hormigas, son insectos sociales, formadores de colonias donde conviven las diferentes castas. El par real (reina y rey) se encarga de la reproducción durante toda la vida de la colonia; las obreras y los soldados cumplen con la formación, cuidado del nido y la protección contra los depredadores, respectivamente. Son de cuerpos blandos, blanquecinos o incoloros, con boca masticadora. A diferencia de las hormigas tienen antenas rectas, uniformes, no acodadas; además, no presentan la estructura de pedicelo entre el tórax y el abdomen. Los adultos o alados, quienes asumirán el rol del par real dentro de la colonia, presentan alas membranosas, ambas activas en el vuelo. Abdomen con alrededor de 10 segmentos (Cabrera, 2014).

○ **Mariposas, polillas y orugas: Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Lepidoptera**

En el suelo se pueden encontrar en estado adulto a las polillas, que al contrario de las mariposas no tienen colores vistosos y su actividad es fundamentalmente nocturna. También es muy común encontrar orugas, que constituyen la fase larval de los lepidópteros. Las mariposas y polillas son distintivas por la presencia de escamas en todo el cuerpo, y por tener boca en forma de trompa enrollada que permite chupar el néctar de las flores. Las orugas, por su parte, tienen forma de gusano, a veces envueltas en una seda, con la cabeza y los tres pares de patas diferenciados, y con unas estructuras proyectadas o abultadas hacia el final del cuerpo, consideradas falsas patas. Las orugas son fáciles de encontrar en profundas cámaras o galerías, en pastizales y otros sistemas; además, tienen hábitos herbívoros pues se alimentan de las hojas de las plantas (Cabrera, 2014).

o **Grillos y saltamontes: Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Orthoptera**

Los ortópteros, representados principalmente por los grillos, tienen un aparato bucal masticador y se distinguen porque la región anterior o fémur del tercer par de patas está engrosado, lo que facilita el salto de estos insectos. Poseen también antenas muy largas, que pueden llegar a tener una longitud que representa el doble de sus cuerpos.

Son herbívoros, comunes en áreas con vegetación rastrera, de gramíneas y leguminosas forrajeras. Tanto las ninfas como los adultos son eficientes cavadores, que abren galerías en el suelo donde permanecen durante el día. En la noche salen a la superficie en busca del alimento (Cabrera, 2014).

o **Arácnidos (Phylum Arthropoda, Clase Arachnida, Orden Araneae)**

Los arácnidos que incluyen los escorpiones las arañas y los ácaros, difieren de los insectos porque su cuerpo se divide en dos en lugar de tres segmentos. Sus ancestros eran animales marino similares a los escorpiones actuales que florecieron en el silúrico; algunos median más de 1 m. Las especies marinas desaparecieron hace unos 250 millones de años, pero siguen viviendo en tierra firme (George, 2000).

Las arañas tienen el cuerpo dividido en dos regiones: anteriormente, el cefalotórax y posteriormente, el abdomen. En la región anterior o cefalotórax se ubican de dos a cuatro pares de ojos, y unas estructuras en par llamadas quelíceros y otras pedipalpos, usadas para capturar y dar muerte a sus presas. El abdomen es liso, no segmentado y generalmente de forma globosa. Es característica en todos los arácnidos la presencia de cuatro pares de patas.

Otros representantes de arácnidos que se pueden encontrar con facilidad en el suelo son los opiliones o arañas patonas y los seudoescorpiones o falsos escorpiones. Los primeros, muy parecidos a las arañas y de cuerpo pequeño, se diferencian por tener las patas largas y delgadas y el cefalotórax y el abdomen fusionados. Los falsos escorpiones son muy pequeños y semejantes a los escorpiones, pero el abdomen es sin cola y sin glándula venenosa (Cabrera, 2014)

3.2.9. Importancia y función de la macrofauna edáfica

El suelo es el componente clave en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. En él se llevan a cabo dos procesos vitales: la descomposición y el flujo de nutrientes, que son controlados principalmente por la actividad biológica de la fauna edáfica que depende en última instancia de la temperatura y la humedad (Brown *et al.*, 2001). La macrofauna edáfica es considerada la más importante dentro de la clasificación de la fauna edáfica debido a que juegan un papel importante pues sus hábitos alimenticios (fragmentación), de excavación y como bioturbadores del suelo, son importante para la estructura del suelo y en consecuencia el soporte de las plantas (Fragoso, 2001).

3.2.10. Macroinvertebrados como indicadores biológicos

Para determinar la calidad de suelos es necesario usar tres tipos de indicadores: físicos, químicos y biológicos. Estos son importantes para analizar de forma conjunta las características y funciones de un suelo. Los indicadores físicos y químicos se consideran relativamente estables, ya que los cambios en un sistema tardan en modificar, apreciablemente, ese tipo de propiedades y por tal razón no justifica medirlos en intervalos cortos; en cambio, los biológicos son más sensibles e integradores y por eso se consideran los mejores para detectar cambios drásticos en un suelo (García y Hernández, 2003). Por su rapidez de respuesta frente a las perturbaciones variables introducidas en el ecosistema del suelo y sobre todo por su carácter integrador (Alkorta *et al.*, 2003), estos indicadores reflejan cambios simultáneos en las características físicas, químicas y biológicas, por tanto tienen un gran potencial para el diagnóstico de los procesos de degradación que ocurren en el suelo. La determinación de los indicadores biológicos de la calidad del suelo es difícil; sin embargo, los indicadores biológicos deben ser considerados en cualquier evaluación, debido a su carácter integrador (Francaviglia, 2008).

Velasquez *et al.* (2009) plantean que los organismos que conforman la macrofauna edáfica son agentes determinantes en otros procesos como el movimiento y la retención del agua, el intercambio gaseoso, las propiedades químicas y nutricionales del suelo, la regulación de recursos para otros

organismos y la activación de la microflora edáfica a través de interacciones mutualistas con esa biota.

La actividad de la macrofauna es considerada muy importante para las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo e influye en los diversos procesos que ocurren en este, a la vez que ejerce su acción en la productividad del ecosistema. Por ello, el estudio de la composición de la comunidad de la macrofauna es trascendental para el conocimiento holístico del suelo y su funcionamiento.

En este sentido, Lavelle *et al.*, (2006) plantea que un enfoque integral para evaluar la calidad del suelo implica la evaluación de las comunidades de organismos que están directamente involucrados en una serie de procesos, que determinan la capacidad del suelo para ofrecer los servicios del ecosistema.

3.3. Definición de términos básicos

3.3.1. Índices de diversidad

La riqueza se refiere al número de especies pertenecientes a un determinado grupo (plantas, animales, bacterias, hongos, mamíferos, árboles, etc.) existentes en una determinada área. En cambio, la diversidad de especies, en su definición, considera tanto al número de especies, como también al número de individuos (abundancia) de cada especie existente en un determinado lugar. Los índices de diversidad son aquellos que describen lo diverso que puede ser un determinado lugar, considerando el número de especies (riqueza) y el número de individuos de cada especie. Existen más de 20 índices de diversidad, cada uno con sus ventajas y desventajas (Mostacedo, 2000).

a) Índice de Shannon-Weaver

La gran mayoría de estos índices de diversidad-alfa utilizan los valores de riqueza y abundancia relativa, solamente que las operaciones matemáticas de estos valores se organizan de diferentes formas. Por ejemplo, el índice de Shannon-Wiener, popular en la literatura de ecología, se calculará de acuerdo a la fórmula.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

H = Índice de Shannon-Weaver

Log₂ = Logaritmo natural

p_i= Es la proporción de observaciones en cada categoría (n_i/N)

n_i= Es el número de individuos por especie

N= Es el número total de individuos en una muestra.

S= número de especies (riqueza de especies)

El valor mínimo puede aproximarse al cero y el valor máximo, en teoría, no está consolidado a un límite. El valor (H) del índice Shannon-Wiener aumenta con respecto a una de dos razones: (1) un aumento en la riqueza de especies, y/ o (2) un aumento en la equitatividad de la representación de la abundancia relativa especies. Es decir, cuando el índice de diversidad-alfa aumenta, el número del índice en si no es suficiente para determinar si el cambio es por un aumento en la riqueza o equitatividad de especies. Por esta razón, los índices de diversidad-alfa siempre se reportan en conjunto con análisis de riqueza y equitatividad de especies detectadas en un muestreo (Carmona, 2013).

La aplicación de logaritmos en su fórmula reduce el efecto de las especies más abundantes por lo que resulta un buen índices de diversidad cuando se presentan casos de especies muy dominantes (Ramirez, 1999).

3.3.2. *Pinus Patula*

Especie originaria de México. Este Árbol mide hasta 40 m. Tronco tipo monopódico, erecto, esbelto, robusto. Color: marrón grisáceo oscuro en la parte baja, más claro arriba. Las hojas se presentan en acículas de fascículos inclinados, típicamente en dos columnas de cada lado del brote girado hacia arriba, persisten de dos a tres años. Son delgadas, laxas, inclinadas a

pendientes. Son de color verde pálido a verde oscuro. Estróbilos sub-terminales o laterales, en verticilos de dos o más, raramente solitarios (Montoya, 2011).

3.3.3. Trampas Pitfall

Este método recoge la fauna de la superficie del suelo de manera estandarizada y ha permitido conocer la densidad de la actividad de los organismos en un período de tiempo de tres a cuatro días (Terradas, 2001).

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

a. ÁREA DE ESTUDIO

1. Localización

La investigación se realizó en el bosque Vásquez Pampa en el distrito de Luya Viejo provincia de Luya-Amazonas a finales del mes de enero del 2017 en época lluviosa.

2. Condiciones Meteorológicas

El bosque de Vásquez Pampa tiene un clima Húmedo y templado frío, con una temperatura entre 10°C y 16°C. La zona de vida que presenta es un Bosque seco – Montano bajo tropical (ZZE, 2008).

3. Ubicación Geográfica

Coórdenada este : 828350

Coórdenada norte : 9321439

Altitud : 3063 m.s.n.m

Figura 1: Áreas dentro del bosque

Descripción	Área (Ha)	Perímetro (m ²)
Bosque 18 años	2.02	885.59
Bosque 8 años	44.61	7295.23
Bosque 5 años	514.52	514.52

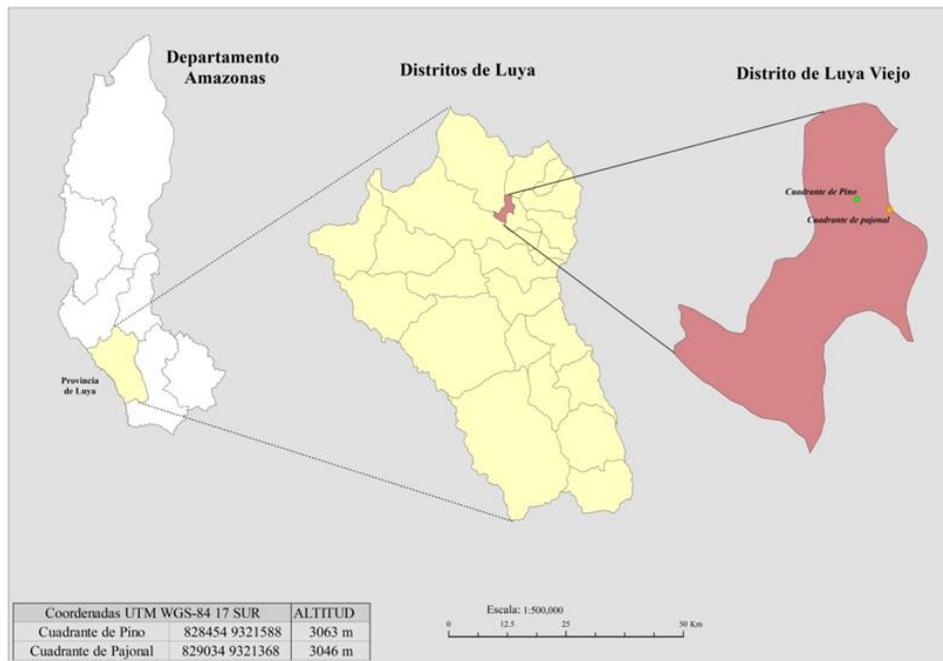


Figura 2: Ubicación geográfica del área de estudio.

b. MATERIALES

1. Materiales de campo

- ✓ Libreta de campo
- ✓ Lapicero
- ✓ 30 trampas Pitfall
- ✓ 50 bandejas de plástico
- ✓ Alcohol al 70 %
- ✓ Jabón líquido
- ✓ Botas
- ✓ Pinzas entomológicas
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Machete
- ✓ Pala de mano

2. Equipos

- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Estereoscopio
- ✓ Global Positioning System (GPS)
- ✓ Impresora Epson

3. Materiales de oficina

- ✓ Laptop
- ✓ Memoria USB
- ✓ Papel blanco bond

c. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en esta investigación se sustenta por Maroñas *et al.* (2010) donde afirma que el muestreo **aleatorio sistemático** es más fácil de llevar a la práctica y generalmente proporciona muy buenos resultados. Consiste en situar las unidades de muestreo a la misma distancia unas de otras. El muestreo de **transectas** son variantes del muestreo sistemático, y tienen gran utilidad cuando se pretende estudiar la influencia de gradientes ambientales (como por ejemplo, la altitud, la profundidad, pisos del litoral marino, entre otros). En una transectas, las unidades de muestreo se colocan a menudo muy próximas unas a otras, lo que ocasiona generalmente la falta de independencia en los datos obtenidos.

1. Población y muestra

La población de estudio fue el bosque de pinos Vásquez Pampa; el universo muestral fue las dos coberturas vegetales donde 2.2 Ha corresponden a *P.patula* de 18 años de edad (Sierra Norte 2015), y los pastos naturales alrededor del bosque.

2. Demarcación de la parcela por cada cobertura vegetal

2.1. Bosque de pino

El método de las transectas tuvo una área de 3 000 m² que corresponde a 100 metros de largo por 30 de ancho. Se estableció 15 puntos de muestreo.

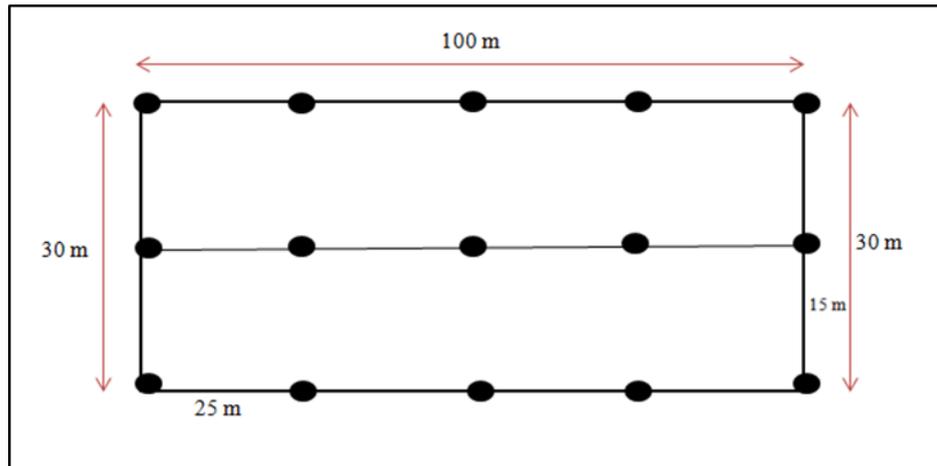


Figura 3: puntos de muestreo
Fuente: elaboración propia

2.2. Pastos Naturales

El método de las transectas tuvo una área de 3 000 m² que corresponde a 100 metros de largo por 30 de ancho. Se estableció 15 puntos de muestreo.

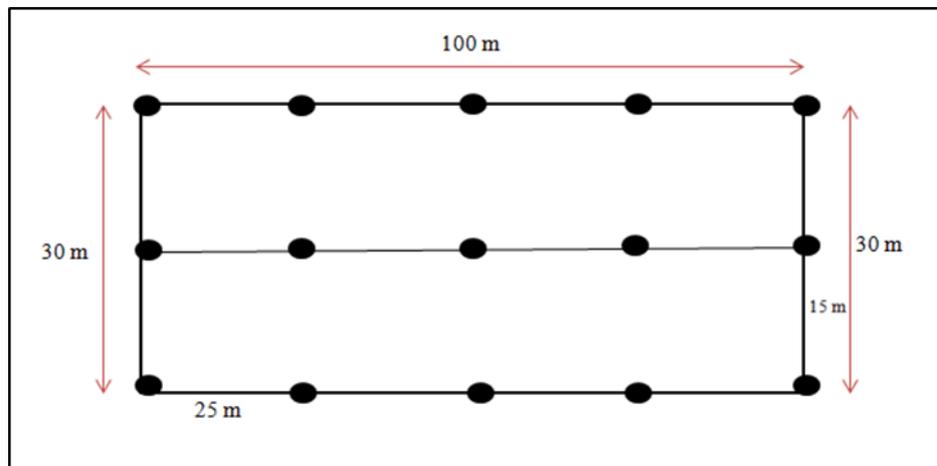


Figura 4: puntos de muestreo
Fuente: elaboración propia

3. Recolección de las muestras

Se evaluó las dos coberturas vegetales en una sola época del año que corresponde a la estación húmeda o época lluviosa (mes de enero 2017). Se utilizó para recolectar las muestras las trampas de caída o también conocidas como trampas Pitfall. León *et al.* (2010) afirma “El método Pitfall captura los individuos que tienen actividad sobre la superficie del suelo (habito epigeo)”. Estas trampas consistieron en un vaso de 250 ml con un contenido a $\frac{3}{4}$ partes de alcohol al 70 %, un poco de jabón líquido para romper la tensión superficial y fueron etiquetadas y marcadas con cinta adhesiva.

Para proteger las trampas de la lluvia, y evitar que se llenen con agua, en el sitio donde fue colocada se cubrió con una piedra y hojarasca debidamente colocadas para evitar tapar en su totalidad el envase. Se tomó los respectivos puntos por cada trampa en el GPS.

Se recogió los macroinvertebrados de la superficie del suelo de manera estandarizada para conocer la densidad de la actividad de los organismos en un período de tiempo de 48 horas.

4. Preservación de material biológico

Los macroinvertebrados colectados fueron preservados en frascos de plástico con alcohol etílico al 70%, debidamente etiquetados con el lugar de colecta, fecha y nombre del colector para después ser llevados al laboratorio de la Universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.

5. Clasificación taxonómica

Las muestras fueron limpiadas y colocadas en una bandeja de plástico transparente con bastante agua para luego ser vistas en un estereoscopio marca CARLL ZEISS modelo STEREO DISCOVERY B12. La identificación taxonómica se realizó en el Laboratorio de Fitopatología y Entomología de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Se empleó el nivel taxonómico de familia y de orden, para la evaluación se utilizó las claves de George (2000), Cabrera (2014) y Universidad Central de Venezuela – *Entomología* (2017).

5.1. Identificación de Colémbolos

- ✓ El estereoscopio brinda una imagen nítida donde puedes ver a detalle las características del macroinvertebrado, contar sus patas, antenas y ver en cuantas partes está dividido su cuerpo. A primera instancia se reconoce que es un colémbolo por la imagen similar en las claves taxonómicas. Esta imagen es guardada en la memoria del estereoscopio.



Figura 5: Colémbolo

Características: Antenas pequeñas, fúrcula pequeña, tres pares de patas, lomo oscuro y segmentos casi iguales

Contrastando información:

Las claves de George (2000) nos indica a que familia pertenecen según las características observadas.

HEXÁPODOS NO INSECTOS

COLÉMBOLOS

E L ORDEN DE LOS COLÉMBOLOS contiene 18 familias y 6.500 especies. Tienen en la cara inferior del abdomen un tubo ventral para el mantenimiento del equilibrio salino e hídrico y que, en algunas especies, sirve para adherirse a las superficies lisas. Poseen un órgano saltador (fúrcula), que puede plegarse bajo el abdomen, donde engrana con un cierre. La acción muscular al

liberar la fúrcula puede proyectarlos lejos de los depredadores. Los machos depositan su espermatozoos en el suelo o en la abertura genital de la hembra. Son adultos tras 5 a 13 mudas, pero continúan mudando hasta que mueren. Los colémbolos son vitales en las cadenas alimentarias del suelo, donde puede haber centenares de miles en un solo metro cuadrado.

Orden: COLLEMBOLA	Familia: ENTOMOBRIIDAE	N.º de especies: 1.400
<p>ENTOMOBRIIDOS</p> <p>Su coloración varía del amarillo pálido al pardo o el negro. Algunos tienen dibujos o están moteados. Son alargados, con un pronoto pequeño, y en muchos el cuarto segmento abdominal es mayor que el tercero. Las antenas pueden medir más del doble que el cuerpo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • CICLO VITAL Aovian en el suelo o en la hojarasca. Comen filamentos de hongos o materia vegetal descompuesta. • DISTRIBUCIÓN Cosmopolitas. En hojarasca, suelo y hongos, en machos híbridos. Algunos, en cuevas. <p>Longitud 1-8 mm; la mayoría menos de 5 mm</p> <p>Alimentación </p>		
 <p>antenas Antenas largas</p> <p>abertura abertura y fúrcula</p> <p>Las especies de <i>ENTOMOBRYEA</i> abundan sobre la corteza y en piedras y rocas. Algunas pasan todo el invierno sobre la corteza añosa.</p>		
Orden: COLLEMBOLA	Familia: ISOTOMIDAE	N.º de especies: 1.000
<p>ISOTÓMIDOS</p> <p>Estos colémbolos pueden ser blancos, amarillos, verdes o pardos, y la superficie superior suele ser más oscura que la inferior. Los segmentos del abdomen son casi iguales en tamaño.</p> <ul style="list-style-type: none"> • CICLO VITAL Los machos depositan espermatozoos redondeados en el suelo y las hembras los introducen en su abertura genital. Unos pocos isotómidos son partenogenéticos. • DISTRIBUCIÓN Cosmopolitas. En varios tipos de suelo y en torno a charcas y arroyos. Unas pocas especies abundan en desiertos, regiones polares y montañas. <p>Longitud 1-8 mm; la mayoría menos de 5 mm</p> <p>Alimentación </p>		
 <p>parte superior del cuerpo más oscura</p> <p>tubo ventral</p> <p>fúrcula</p> <p><i>ISOTOMA VIRIDIS</i> es abundante entre la hojarasca y las matas de musgo. El tubo ventral y el órgano saltador curvo son claramente visibles en este espécimen.</p>		

Figura 6: George (2000), manual de identificación

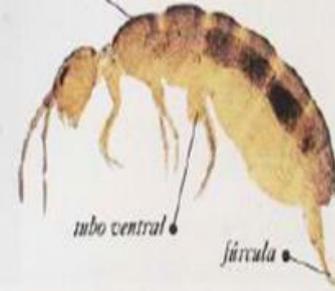
Orden: COLLEMBOLA	Familia: ISOTOMIDAE	N.º de especies: 1.000
<p>ISOTÓMIDOS</p> <p>Estos colémbolos pueden ser blancos, amarillos, verdes o pardos, y la superficie superior suele ser más oscura que la inferior. Los segmentos del abdomen son casi iguales en tamaño.</p> <ul style="list-style-type: none"> • CICLO VITAL Los machos depositan espermatozoos redondeados en el suelo y las hembras los introducen en su abertura genital. Unos pocos isotómidos son partenogenéticos. • DISTRIBUCIÓN Cosmopolitas. En varios tipos de suelo y en torno a charcas y arroyos. Unas pocas especies abundan en desiertos, regiones polares y montañas. <p>Longitud 1-8 mm; la mayoría menos de 5 mm</p> <p>Alimentación </p>		
 <p>parte superior del cuerpo más oscura</p> <p>tubo ventral</p> <p>fúrcula</p> <p><i>ISOTOMA VIRIDIS</i> es abundante entre la hojarasca y las matas de musgo. El tubo ventral y el órgano saltador curvo son claramente visibles en este espécimen.</p>		

Figura 7: George (2000), descripción de la familia.

Finalmente el macroinvertebrado encontrado pertenece a los colémbolos de la orden Collembola, familia Isotomidae.

V. RESULTADOS

5.1. Riqueza total de familias de macroinvertebrados en los pastos naturales

Se recolectó un total de 117 individuos correspondientes a 2 clases y 9 órdenes y 30 familias de macroinvertebrados edáficos. Los órdenes más diversos fueron Coleoptera con 9 familias y Hemíptera con 5 familias. Los órdenes Orthoptera y Opiliones fueron exclusivos de los pastos naturales con una familia por cada uno.

Tabla 3: *Riqueza y Abundancia de macroinvertebrados edáficos en pastos naturales.*

Orden	Riqueza de familias	Abundancia de insectos
Orthoptera *	1	1
Phasmatodea	1	1
Hymenoptera	2	10
Hemiptera	5	18
Collembola	3	30
Coleoptera	9	16
Diptera	4	28
Araneae	4	10
Opiliones*	1	3
Total	30	117

5.2. Riqueza total de familias de macroinvertebrados en el bosque de pino

Se recolectó un total de 190 individuos correspondientes a 2 clases y 8 órdenes y 14 familias de macroinvertebrados edáficos en las dos coberturas vegetales. Los órdenes más diversos fueron Coleoptera con 4 familias y Araneae con 3 familias. El orden Blatoodea fue exclusivo del *P.patula* con una familia respectivamente.

Tabla 4: *Riqueza y Abundancia de macroinvertebrados edáficos en el bosque de pino.*

Órden	Riqueza de familias	Abundancia de insectos
Phasmatodea	1	1
Blattodea*	1	6
Collembola	1	148
Hymenoptera	1	1
Coleoptera	4	14
Diptera	2	6
Hemiptera	1	6
Araneae	3	8
Total	14	192

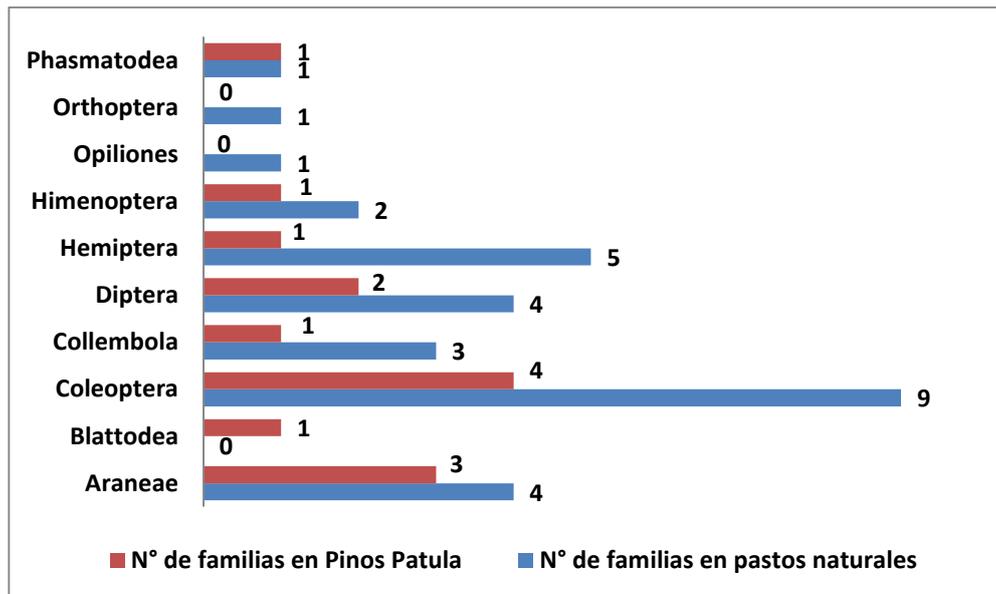


Figura 8: Diversidad de familias colectadas en las dos coberturas vegetales en función de los órdenes.

5.3. Abundancia de individuos de macroinvertebrados en los pastos naturales

Con respecto a la abundancia, el orden con mayor número de individuos fue Collembola, con un 26 % seguido de Díptera y Hemíptera con un 24% y un 15 % respectivamente.

5.4. Abundancia de individuos de macroinvertebrados en bosque de pino

El orden con mayor número de individuos en este bosque está representado por el orden Collembola, con un 78 % y Coleoptera con 7%.

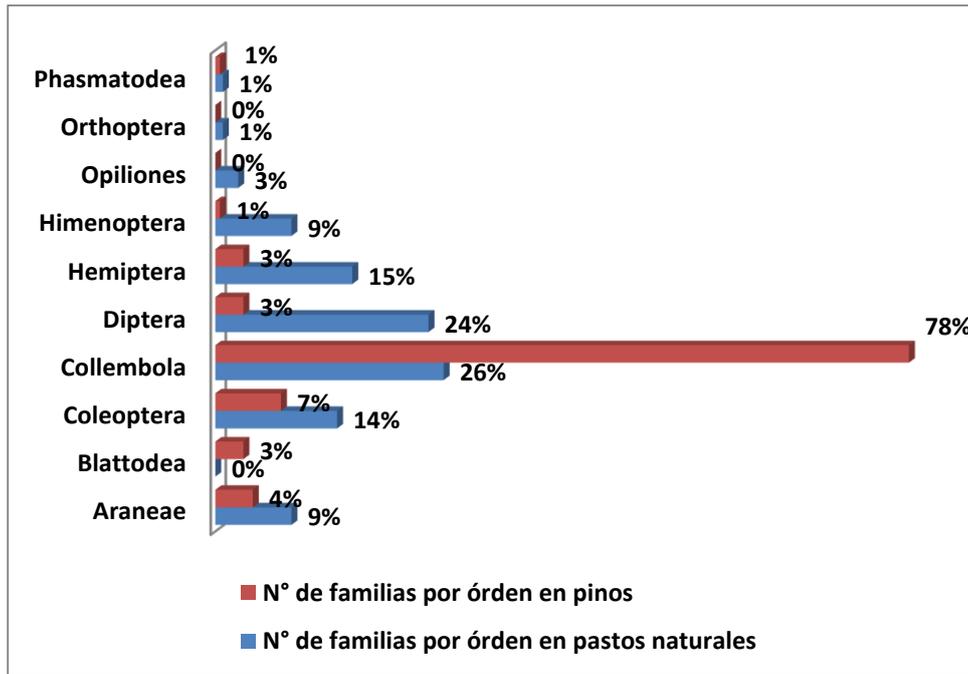


Figura 9: Abundancia de individuos en función de los órdenes colectados en las dos coberturas vegetales.

5.5. Familia con mayor número de individuos en pastos naturales

En tal sentido, la familia con mayor número de individuos fue Isotomidae (Collembola) con un 19% seguida de Syrphidae (Diptera) con un 12% ,los órdenes Aphididae (Hemiptera) con un 9% ,Formicidae (Hymenoptera) con un 8%, Loncheidae (Diptera) con un 7% ,Entomobryidae (Collembola) con un 6% . Finalmente las familias restantes estuvieron con un 17%. Las familias encontradas estaban en su estado adulto, no se registraron la presencia de larvas.

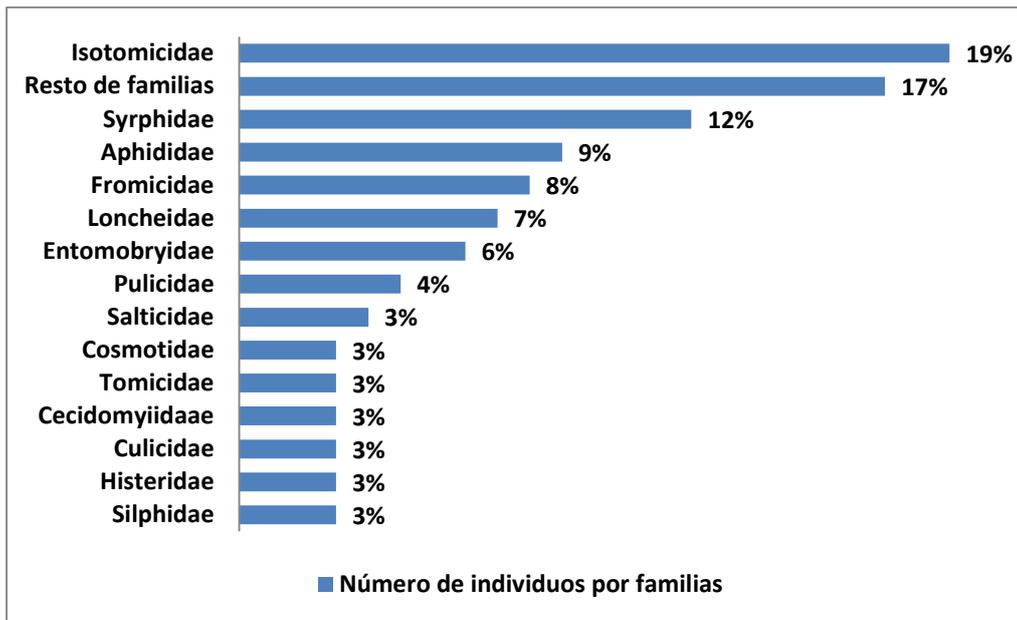


Figura 10: Abundancia de individuos en función de las familias recolectadas en los pastos naturales.

5.6. Familia con mayor número de individuos en bosque de pino

En esta cobertura vegetal, la familia con mayor número de individuos fue Isotomidae (Collembola) con un 78% seguida de Coccinellidae (Coleoptera) con un 4 %, los demás órdenes estuvieron por debajo del 3 % . Las familias encontradas estaban en su estado adulto, no se registró la presencia de inmaduros (larvas).

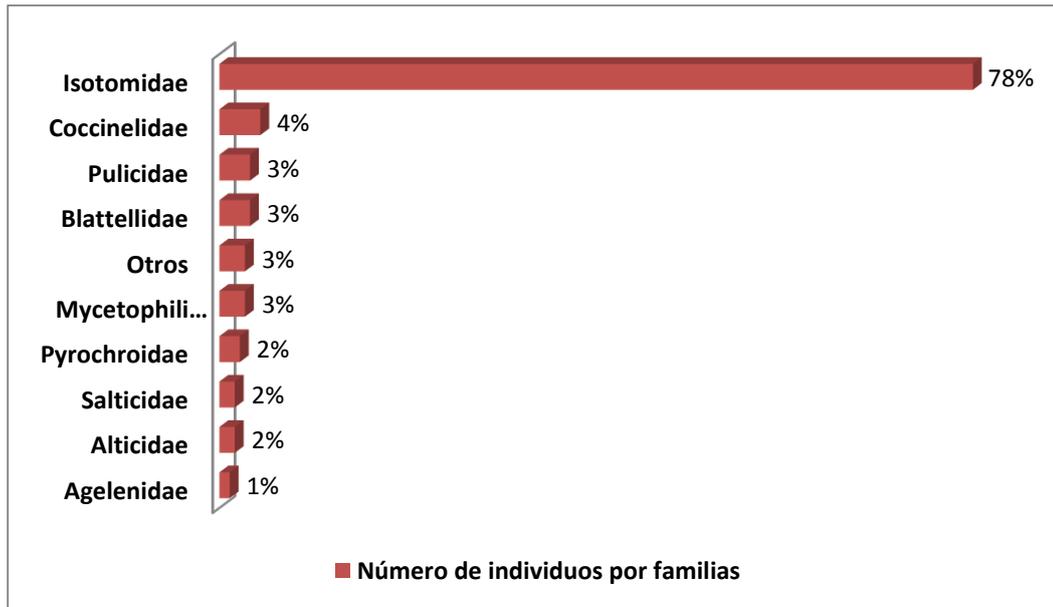


Figura 11: Abundancia de individuos en función de las familias recolectadas en el bosque de pino.

5.7. Aplicación del índice de Shannon-Weaver

El índice de diversidad Shannon, mostró que el máximo valor de la población fluctuó en la cobertura vegetal de pastos naturales con un valor de (2.95) lo que indica que presenta un mayor número de familias encontradas (30) y por lo tanto mayor diversidad de macroinvertebrados, mientras que la cobertura vegetal de pino presento un valor de (1.04) lo que indica menor número de familias encontradas (14) y menor diversidad de familias de macroinvertebrados edáficos.

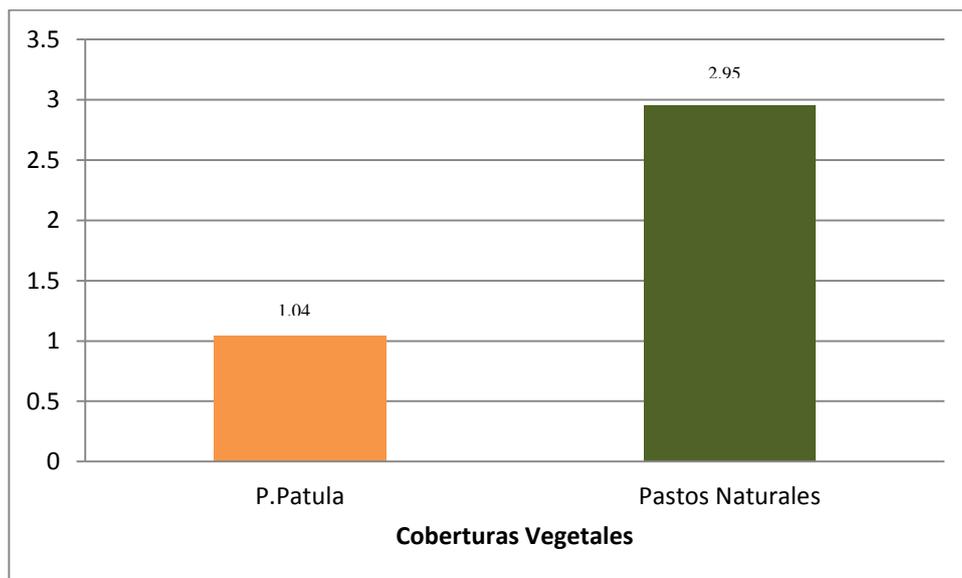


Figura 12. Resultados del índice de diversidad de Shannon-Weaver a nivel de familias que se encontró en las dos coberturas vegetales.

VI. DISCUSIONES

6.1. Determinación de la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados en las dos coberturas

En esta investigación se logró comparar la riqueza de la fauna edáfica en ambas coberturas vegetales, se registra mayor número de macroinvertebrados en el bosque de pino con una riqueza de 190 individuos, debido a que en esta área la hojarasca es mayor a la presente en los pastos naturales. Según Quaiser citado por Reategui (2013) manifiesta que la actividad de los distintos organismos vivos del suelo y su composición y cantidad es variable, principalmente está en función del tipo de cubierta vegetal.

La clase con mayor riqueza en el bosque de pino perteneció a la Collembola con 148 individuos, por otro lado Momo y Falco (2003) afirma que cualquier muestra de suelo, sobre todo dónde hay abundante hojarasca, contiene cientos de colémbolos. Avila y Jaramillo (2009) afirman que los Colémbolos son más abundantes en lugares húmedos, como la hojarasca ayudando así en la descomposición de la materia orgánica, a través de la destrucción mecánica de los restos vegetales, aumentando la superficie expuesta al ataque de las bacterias. Palacios (2000) afirma que la mayoría de los colémbolos se alimenta de hifas de hongos o de material vegetal en descomposición. En la cobertura vegetal de pino se produce una alta acumulación de acículas (León *et al.*, 2010).

A esto se suma que a pesar de su longevidad presenta una escasa invasión por malezas y no ha prosperado la regeneración de especies nativas (León *et al.*, 2010) lo que hace que efectivamente el número de colémbolos sea elevado.

Sin embargo se encontró a la familia de los Isotomidae (78 %). Por su parte los pastos naturales registraron 117 individuos donde la clase con mayor número fue Collembola (26%) registrando tres familias: Sminthuridae, Entomobryidae exclusivas de los pastos naturales y Isotomicidae que comparten ambas coberturas vegetales.

Los Macroinvertebrados encontrados en ambas coberturas corresponden a la clase Insecta y Arachnida donde la clase Insecta es la más representativa lo que coincide con otros estudios encontrados en un bosque alto andino con

características similares donde se evaluó dos tipos más comunes de vegetación: el primero corresponde al relicto de un bosque alto andino, donde predomina comunidades de *Weinmannia-Cluisia* y *Drimys-Valea*. El segundo es una plantación de pino que no se exporta de 70 años de antigüedad (León *et al.*, 2010).

1.1. Diversidad de familias recolectadas en las dos coberturas vegetales

Las familias encontradas en la cobertura de pastos naturales (30) es mayor a la del bosque de pino (14) coincidiendo con otras investigaciones realizadas en Colombia con características similares, donde las plantaciones de Pino se encontró 83 familias y en el bosque Altoandino (103) (Leon *et al.*,2010).

La cobertura con mayor diversidad de familias fue la de pastos naturales con 30 familias donde el orden con mayor número de familias (9) correspondió a los coleópteros. Los efectos de disturbios antrópicos como es el reemplazo de bosque nativo por la plantación extensiva de especies exóticas como Pino y Eucalipto alteran la diversidad de la fauna del suelo (Leon *et al.*, 2010) ,es así como los pastos naturales registro un numero de 8 familias donde el orden con mayor número de familias (4) correspondió a los Coleópteros.

Aspajo (2015) afirma que los coleópteros se alimentan de todo lo que la naturaleza les ofrece, ya que en los suelos de un bosque ya sea natural o plantado, están cubiertos por vegetación especialmente arbórea, y que son las que proveen los alimentos a los diferentes tipos de coleópteros. Es por eso que en el bosque pino existe una menor diversidad de familias respecto a la clase Coleoptera (4) ya que predominan las acículas del pino. Cabe resaltar que la familia exclusiva del bosque de pino fue Blattellidae (Blattodea).

Pascual (2015) afirma que las cucarachas buscan en general los sitios húmedos o abrigados, aunque pueden aguantar un cierto grado de sequedad cuando ingieren alimentos suficientemente ricos en agua, por lo que no es raro encontrar algunas cucarachas en las regiones desérticas; otras especies viven en los matorrales, bajo la hojarasca de los bosques o en las grutas, siendo típicamente cavernícolas. Por su parte las familias exclusivas de los pastos naturales fueron: Grillidae (Orthoptera) y Cosmotidae (Opiliones).

El valor obtenido del índice de Shannon (H') es mayor en la cobertura vegetal de pastos naturales que en la cobertura vegetal de pino, Según Moreno citado por Alvarado (2015) sostiene que este índice está relacionado con la distribución de individuos por familia. Esto quiere decir que los pastos naturales presentan una mejor distribución uniforme de macroinvertebrados para cada una de sus familias presentes.

En conclusión, las plantaciones exóticas forestales causan reducción de la diversidad, alteran la dinámica y la estructura trófica de las comunidades del suelo, efectos que persisten a largo plazo (Kattan citado por León *et al.*, 2010)

VII. CONCLUSIONES

7.1. La población de macroinvertebrados edáficos en los pastos naturales resultaron ser más diversificado con respecto al número de familias (30) con 117 individuos correspondientes a 9 órdenes: Orthoptera, Phasmatodea, Hymenoptera, Hemiptera, Collembola, Coleoptera, Diptera, Araneae y Opiliones. El bosque de pinos resultó tener menor diversidad de familias de macroinvertebrados con: 14 familias y 192 individuos correspondientes a 8 órdenes: Phasmatodea, Blattodea, Collembola, Hymenoptera, Coleoptera, Diptera, Hemiptera y Araneae.

7.2. La diversidad de familias entre ambas coberturas se sustenta en la aplicación del índice de Shannon-Weaver, con un alto valor de biodiversidad en los pastos naturales (3). Por su parte el bosque de pinos tomó un valor cercano al cero (1) indicando ser menos diverso. Se podría afirmar entonces que la especie exótica de pino podría albergar menor población de macrofauna edáfica con respecto a otras coberturas.

VIII. RECOMENDACIONES

- 8.1.** Realizar un estudio más profundo, y detallado con relación a las especies forestales exóticas y los macroinvertebrados edáficos con la finalidad de clasificarlos hasta nivel de especie. A fin de tener una información más precisa para ser evaluada a través del tiempo.

- 8.2.** Realizar un monitoreo continuo en la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados con el fin de elaborar planes y manejos adecuados para Reforestar.

- 8.3.** Difundir la información obtenida en esta investigación a las comunidades e instituciones involucradas en la conservación y manejo de bosques, para que sean conocedores del efecto que tiene las especies exóticas sobre la fauna edáfica y sean actores directos en la generación de planes sostenibles de reforestación con especies nativas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarado, LL.,Iannacone1, J y Gamarra, O.(2015). Diversidad entomológica entre un ecosistema en proceso de regeneración natural y un bosque primario, Amazonas, Perú. *The Biologist*, (13),279-276
- Alkorta, I., Aizpurua, A. Riga, P., Albizu, I., Amezaga, I & Garbisu,C.(2003). Soil enzyme activities as biological indicators of soil health. *Rev. Environ. Health*. 18:65
- Arias, F., Mata, R., Alvarado, A., Serrano, E y Laguna, J. (2010). Caracterización química y clasificación taxonómica de algunos suelos cultivados con banano en las Llanuras aluviales del caribe de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, (2) ,177-195.
- Aspajo, P. (2015). “Identificación y cuantificación de coleopteros presentes en el Suelo De Una Plantación De *Cedrelinga Cateniformis* Ducke De 26 Años En El Ciefor - Puerto Almendra. Loreto/ Peru. 2014”. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Loreto. Recuperado el 10 de setiembre de <http://dspace.unapiquitos.edu.pe/bitstream/unapiquitos/573/1/Tesis.pdf>
- Avila,D., y Jaramillo,Y.(2009). Composición de la clase Collembola en un bosque alto andino de la vereda Noruega Alta, Silvania, Cundinamarca,Colombia.(Tesis de Pregrado). Universidad Distrital Francisco José De Caldas,Bogota.
- Brown, S., Rufus, L., Chaney, J., Hallfrisch, G & Xue, Q. (2003). Effect of Biosolids Processing on Lead Bioavailability in an Urban Soil. *Journal of Environmental Quality*, (32), 100-108.
- Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón,J., Bueno,J., Moreno, A., Lavelle, P., Ordaz, V y Rodríguez, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana*, (1), 79-110.
- Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, (35), 349-363.

- Cabrera, G. (2014). Manual Práctico Sobre La Macrofauna Edáfica Como Indicador Biológico De La Calidad Del Suelo, Según Resultados En Cuba. La Habana. Recuperado el 10 de setiembre de [https://www.google.com.pe/#q=cabrera++2014+ macrofauna...](https://www.google.com.pe/#q=cabrera++2014+macrofauna...)
- Cabrera, G, Robaina, N y Ponce de León, D (2011). Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque. Pastos y Forrajes, (34), 313-330.
- Carmona,V.(2013).La diversidad de los análisis de diversidad. Bioma Nº 14 .Recuperado de <https://www.researchgate.net/...diversidad...diversidad/.../La-diversidad-de-los-analisis...>
- Fragoso, C., Reyes, P y Rojas, P. (2001). La importancia de la biota edáfica en México. Acta Zoológica Mexicana, (1), 1-10.
- Francaviglia, R. (2008). Agricultural Soil Erosion and Soil Biodiversity: Developing Indicators for Policy Analyses. OECD. Paris, Francia
- García, C. y Hernández, T. (2003). Introducción. En: Técnicas de Análisis de Parámetros Bioquímicos de Suelos: Medidas de actividades Enzimáticas y Biomasa Microbiana. (Eds. C. García, F. Gil, T. Hernández, C. y C. Trasar). Mundi-Prensa. Madrid, ES, 7
- George C.MC Gavin (2 000).*Manual de Identificación de Insectos*. Ediciones OMEGA,S.A. Barcelona
- Hernán, D., Feijoo, A y Rodríguez, C. (2010). Comunidades de marcoinvertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso del terreno en la cuenca del Río Otún, Colombia, Acta Zoológica Mexicana, (2), 165-178.
- Jones, C., Lawton, J & Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. Oikos, (69), 373-386.
- Lavelle, P., Bignell, D & Lepage, M (1997). Soil function in a changing world.
- Lavelle, P., Decaënsb, T., Aubertb, M ., Barota, S., Blouina, M., Bureaub, F., Margerieb, P., Moraa, P & Rossi. J (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. European Journal of Soil Biology, 3. Recuperado el 09 de setiembre

de

https://www.researchgate.net/profile/Thibaud_Decaens/publication/222429601_Soil_invertebrates_and_ecosystem_services/links/0fcfd4f9bcb381cf76000000.pdf

- Lema, N (2016). *Determinación de la macrofauna edáfica en distintos usos de suelo en tres agroecosistemas de la comunidad de Naubug* (Tesis pregrado). Escuela superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- León, A., Ramos, C y García, M., (2010). Efecto de plantaciones de pino en la artropofauna del suelo de un bosque Altoandino. *Rev. Biol. Trop*, (3), 1031-1048.
- Linden, D., Hendrix, P., Coleman, D & Vilet, P.(1994). Faunal indicators of soil quality. In Doran, J.W.; Jones, A.J. (Eds.). *Defining soil quality for a sustainable Environment*. SSSA. Special Publication, 91-106.
- Maroñas, M., Marzorratti, G., Legarralde, T y Garrigran, G (2010). *Guía para el estudio de macroinvertebrados*. La plata, Buenos Aires.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). *Servicios Forestales*. Recuperado el 11 de setiembre de <http://www.serfor.gob.pe/bosques-productivos/servicios-forestales/plantaciones-forestales>
- Momo, F., y Falco, L.(2003). *La mesofauna del suelo. Biología y ecología. Biology and ecology of the soil Mesofauna*.
- Montoya, W (2011). “Establecimiento, manejo y mantención del cultivo de Pino”. Huaraz, 3-30.
- Morales, J y Sarmiento, J. (2002). Dinámica de los macroinvertebrados edáficos y su relación con la vegetación en una sucesión secundaria en el páramo Venezolano. *ECOTROPICOS*, (1), 99-110.
- Mostacedo, B. (2000). *Manual de métodos básicos en muestreo y análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz: El país.
- Palacios, J.(2000). *Los colémbolos en los ecosistemas mexicanos*. Biodiversitas.

- Pascual,F.(2015). Orden Blattodea. Revista IDE@ - SEA.
- Pashanasi, B (2001). Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes Sistemas de uso de la tierra en la Amazonía Peruana. FOLIA AMAZÓNICA, (12), 75-97.
- Pareja, S., Artunduaga, F., Ramírez, R., Quiroz, J y Leiva, E. (2011). Los Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivos de mora, pasto y aguacate. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín, 1-10.
- Ramirez, A. (1999). Ecología Aplicada: Diseño Análisis Estadístico. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santafe de Bogota. 325 p.
- Reategui,G.(2013).Efecto de la tala y quema en los macroinvertebrados del suelo en el sector Supte San Jorge-Tingo Maria, Peru.(Tesis Pregrado).Universidad Nacional Agraria de la selva,Huánuco
- Ruiz,C.(2015). “*Macroinvertebrados de suelo asociados al cultivo de Bactris Gasipaes, Kunth. “Pijuayo” (Arecaceae). San Martin – Perú*” (Tesis de pre grado). Universidad Nacional De La Amazonía Peruana, Iquitos.
- Sierra Norte (2015). Sumando esfuerzos para la conservación del ambiente. Recuperado el 05 de Mayo de <http://www.sierranorte.gob.pe/web/publi.php>
- Swift, M. (1976). Species diversity and structure of microbial communities. Blackwell Scientific Publications, 185-222.
- Universidad Central de Venezuela (2016) .Facultad de Agronoma-*Entomologia*.(pag 1-25)
- Velásquez, E., Lavelleb, P & Andraderc, M. (2009). GISQ, a multifunctional indicator of quality soil. Soil Biology & Biochemistry, 3066–3080. Recuperado el 09 de setiembre de https://www.researchgate.net/profile/Patrick_Lavelle/publication/222076625_GISQ_a_multifunctional_indicator_of_soil_quality/links/02bfe51011f9fd317e000000.pdf
- Terradas, J. (2001). Ecología de la vegetación; de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes. Barcelona: Ediciones Omega.

Zerbino, S., Altier, N., Morón, A y Rodríguez, C (2008). Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia*, (1), 44- 55.

Zonificación Ecológica Económica (2008). Zonificación ecológica y económica del departamento de Amazonas.

ANEXOS



Figura 13: pastos naturales.



Figura 14: bosque de pinos.



Figura 15: colecta de trampas en los pastos.



Figura 16: instalación de las trampas en el bosque de pino.



Figura 17: tapado de las trampas para protegerlas de la lluvia.



Figura 18: estereoscopio del laboratorio de PROFITEN.

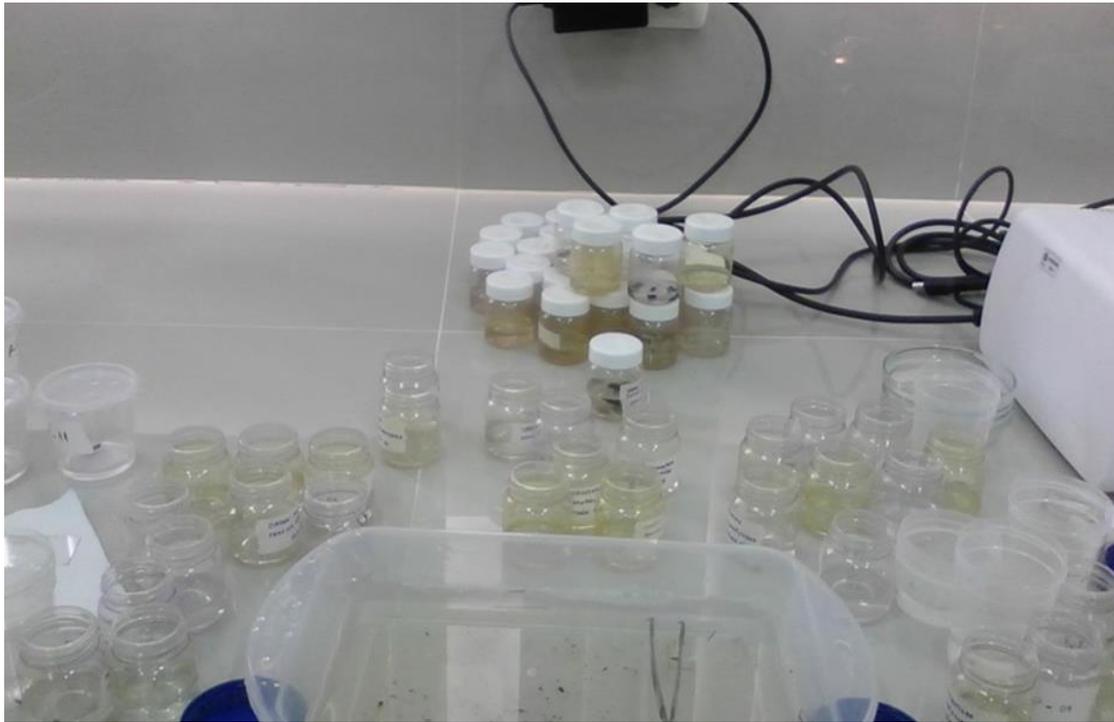


Figura 19: separación de los macroinvertebrados en el laboratorio de la UNTRM.



Figura 20: limpieza de las muestras en el laboratorio de PROFITEN.



Figura 21: observación de los macroinvertebrados en la pantalla de una computadora.



Figura 22: observación de los macroinvertebrados en el estereoscopio.



Figura 23: familia Pyrochroidae (Coleoptera) en pastos naturales.



Figura 24: familia Silphidae (Coleoptera) en pastos naturales.



Figura 25: familia formicidae (Hymenoptera) en pastos naturales.

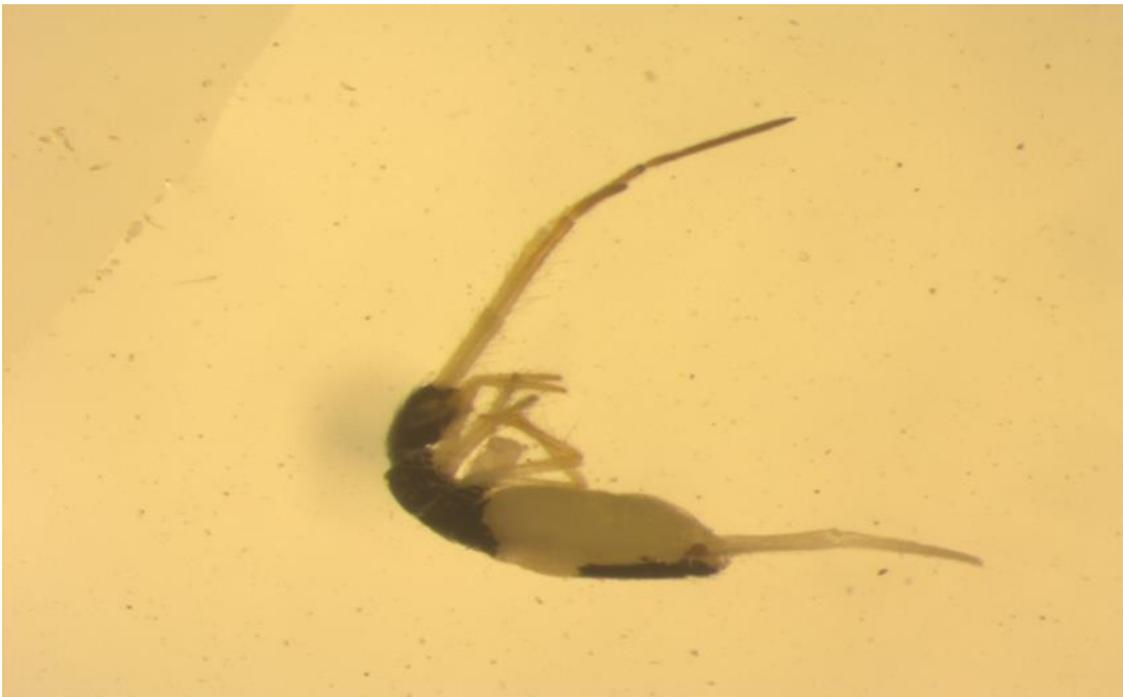


Figura 26: familia Entomobryidae (Collembola) en pastos naturales.



Figura 27: familia Aphroridae (Hemiptera) en pastos naturales.



Figura 28: familia Grillydae (Orthoptera) en pastos naturales.



Figura 29: familia Formicidae (Hymenoptera) en pastos naturales.



Figura 30: familia Curculionidae (Coleoptera) en pastos naturales.



Figura 31: familia Syrphidae (Diptera) en pastos naturales.

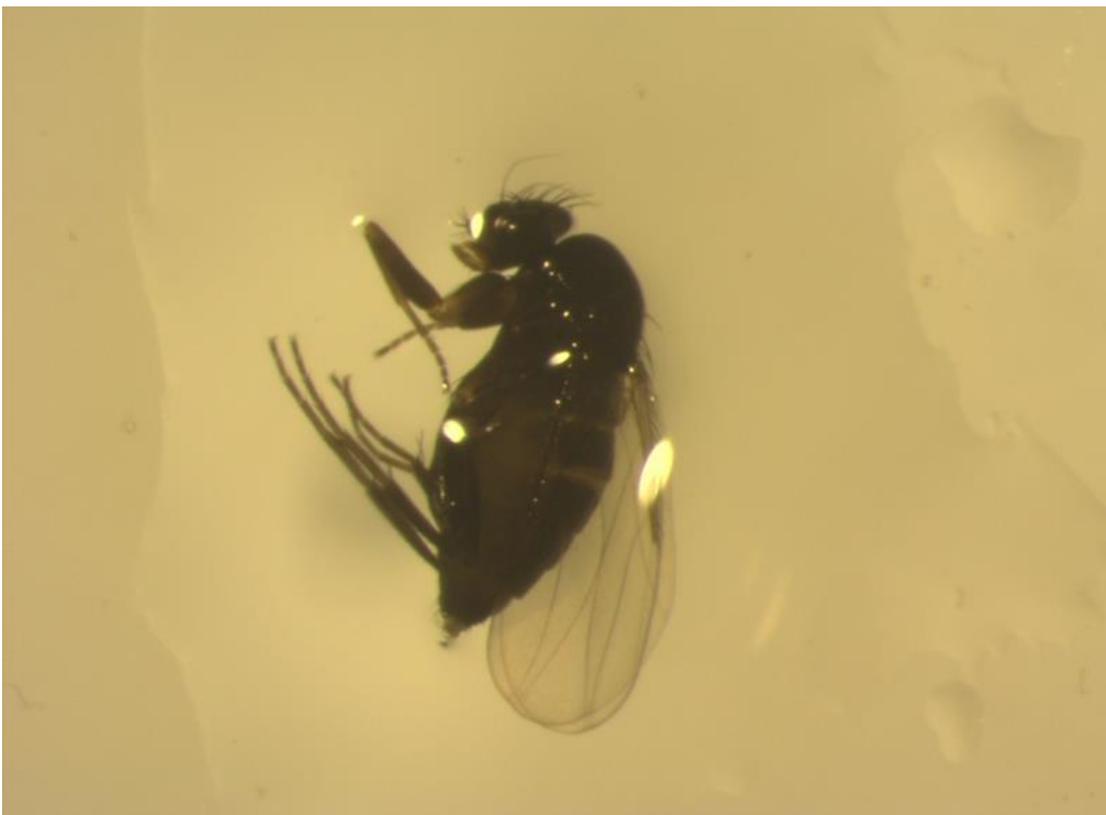


Figura 32: orden (Diptera) en bosque de pino.



Figura 33: familia Formicidae (Hymenoptera) en bosque de pino.



Figura 34: familia Salticidae (Araneae) en bosque de pino.



Figura 35: familia Blattellidae (Blattodea) en bosque de pino.



Figura 36: familia Brentidae (Cleoptera) en bosque de pino.



Figura 37: familia Pulicidae (Hemiptera) en bosque de pino.

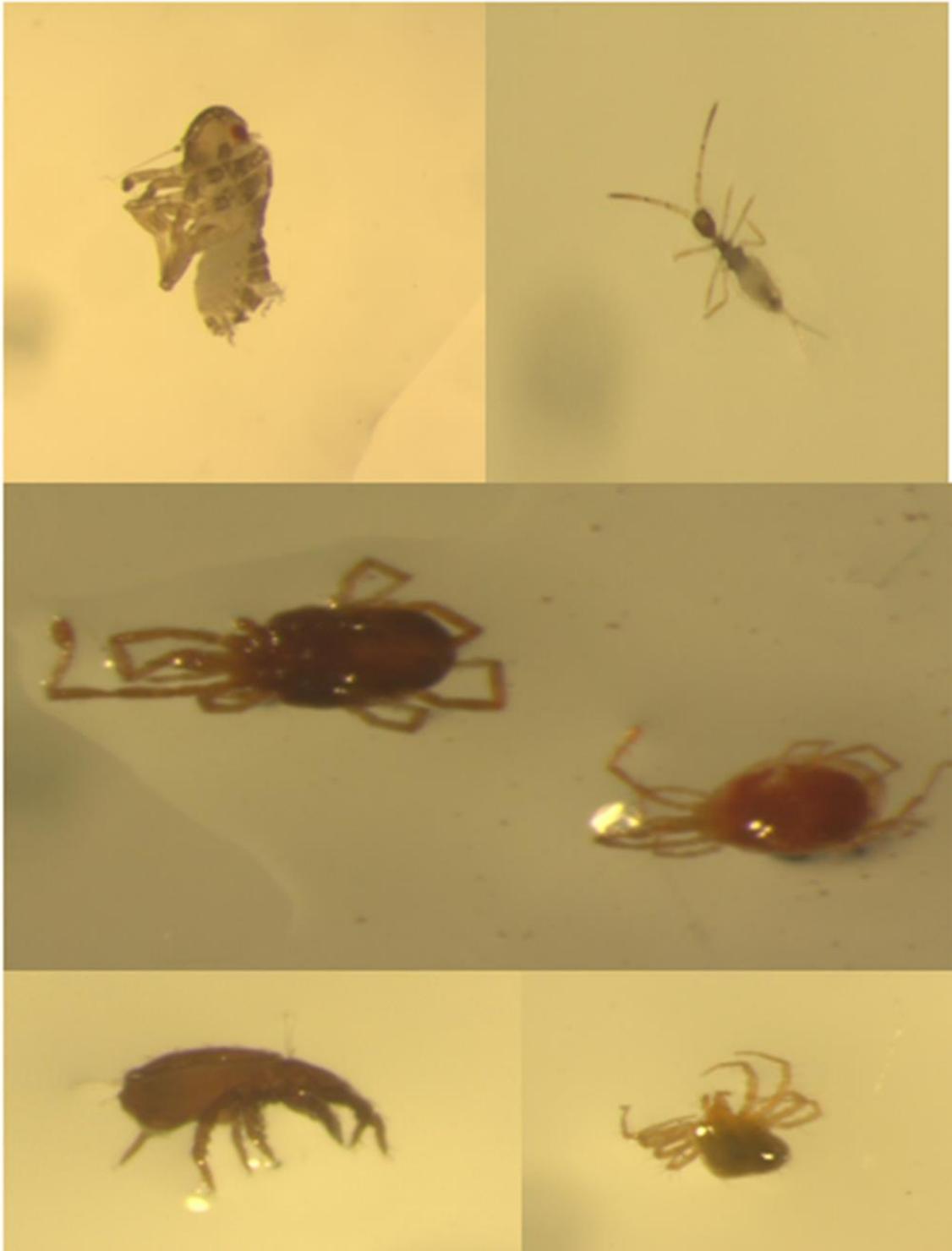


Figura 38: invertebrados menores a 2mm (mesofauna) en el bosque Vásquez Pampa.