

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE MACROFAUNA EDÁFICA EN
TRES SISTEMAS DE USO DE SUELO ILLPA-PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Br. RAISA GABRIELA CASTILLO SANTOS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE MACROFAUNA EDÁFICA EN TRES
SISTEMAS DE USO DE SUELO ILLPA-PUNO

Presentada por:

Br. Raisa Gabriela Castillo Santos

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR

PRESIDENTE

Dr. Edmundo Moreno Terrazas

PRIMER MIEMBRO

Dr. Alvaro Sarmiento Mena

SEGUNDO MIEMBRO

Blgo. René Herminio Alfaro Tapia

DIRECTOR DE TESIS

M.Sc. Alfredo Ludwig Loza Del Carpio

AREA: ECOLOGÍA.

TEMA: DIVERSIDAD BIOLÓGICA.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y llegar hasta este punto, por darme la fortaleza necesaria para superar adversidades y poder lograr mis objetivos.

A mi hijo Joaquín Efrén, mi mayor fortaleza, por demostrarme el amor más puro y real y por haberle dado mayor significado a mi vida.

AGRADECIMIENTO

- Al MSc. Alfredo Loza del Carpio, mi director de tesis, por su apoyo en la elaboración de este trabajo.
- Al Dr. Pedro Delgado Mamani, por su apoyo en la ejecución de este Trabajo.
- A todos mis docentes de la facultad de Ciencias Biológicas, por sus enseñanzas durante mi formación profesional.
- A mi amigo Darwin, por su gran apoyo en la ejecución de este trabajo.

ÍNDICE

RESUMEN.....	6
I. INTRODUCCIÓN	7
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	9
2.1. Antecedentes.....	9
2.2. Marco teórico.....	12
2.3. Marco conceptual.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. Zona de estudio.....	19
3.2. Población y muestra.....	20
3.3. Metodología.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	25
4.1. Evaluación de la diversidad de macro fauna edáfica en tres sistemas de uso de suelo en la estación experimental agraria Illpa-Puno.....	25
4.2. Evaluación de la abundancia de macro fauna edáfica en tres sistemas de uso de suelo en la estación experimental agraria Illpa-Puno.....	28
V. CONCLUSIONES.....	31
VI. RECOMENDACIONES.....	32
VII. LITERATURA CITADA.....	33
ANEXOS	37

RESUMEN

La investigación se realizó entre Noviembre del 2013 a Abril del 2014, en la época lluviosa, en tres sistemas de uso del suelo dentro de la Estación Experimental Agraria Illpa del INIA Puno. Los objetivos planteados fueron: 1) Evaluar la diversidad de macro fauna edáfica en tres diferentes sistemas de uso del suelo. 2) Evaluar la abundancia de macro fauna edáfica en tres diferentes sistemas de uso del suelo. La metodología de muestreo se basó en la metodología del Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF). Se evaluaron aleatoriamente 18 monolitos (unidad de muestra) en sistema VN (vegetación natural), 18 monolitos en sistema C (cultivo) y 18 monolitos en sistema P (pastoreo), la información colectada se analizó con el software Past 2.7 con el que se obtuvieron los índices de SHANNON-WIENER (H), la prueba estadística no-paramétrica de KRUSKAL WALLIS se analizó con el software SPSS versión 23.0. Los resultados mostraron un registro taxonómico de dos Phyla, cuatro clases, 11 órdenes y 18 Familias. La diversidad de familias evaluadas fue por sistema: VN: 14 familias, C: 13 familias y P: 14 familias. No se encontró diferencias estadísticamente significativas en la diversidad de macro fauna entre los sistemas de uso de suelo ($P=0,755$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en abundancia de macro fauna entre los tres sistemas de uso del suelo ($F=0,762$). La familia Campodeidae presentó la abundancia relativa más alta en VN: $P_i=0,761=76\%$, en C: $P_i=0,689=68\%$ y en P: $P_i=0,504=50\%$.

PALABRAS CLAVES: Macrofauna edáfica, macroinvertebrados edáficos, sistemas de uso del suelo.

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es comúnmente conocido como aquella superficie donde las personas podemos realizar cualquier actividad; como indica Sagardoy “una observación rápida del suelo puede indicar que es un medio inerte donde nosotros podemos caminar, construir rutas y hacer crecer plantas. Sin embargo un estudio más cuidadoso, nos permite observar que el suelo no es un medio inerte y que encontramos en el mismo una gran actividad biológica” (Sagardoy, 2004)

Dentro de los organismos que realizan la actividad biológica del suelo, podremos encontrar microfauna, mesofauna, macrofauna, etc., que han de cumplir un rol importante para las propiedades del suelo. Rendón *et al.*, nos dicen que “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” (Rendón *et al.*, 2011); por otro lado los macroinvertebrados del suelo “intervienen en los procesos de infiltración, aireación e incorporación de materia orgánica en el suelo” (Huerta *et. al*, 2005).

Una de las principales actividades productivas de nuestro país es la agricultura, la cual casi va de la mano con la ganadería; actividades que han ido creciendo para cumplir con la demanda de una población que cada vez aumenta a un ritmo acelerado.

Según los resultados del IV Censo Nacional Agropecuario 2012, el Perú cuenta con un total de 38 millones 742 mil 465 hectáreas de superficie agropecuaria, lo cual representa el 30,1% del territorio nacional. Al compararlo con el Censo Agropecuario de 1994, este se ha incrementado en 3 millones 360 mil 700 hectáreas, es decir, que la superficie agropecuaria se amplió en 9,5% en los 18 últimos años. Asimismo, se determinó que la región de natural de la Sierra posee el 57,5% (22 millones 269 mil 271 hectáreas) de la superficie agropecuaria total, la región de la Selva posee el 31,0% (12 millones 32 mil 40 hectáreas) y en la región Costa se ubica el 11,5% (4 millones 441 mil 154 hectáreas) de la superficie agropecuaria (INEI, 2014).

Con este panorama, de una actividad agropecuaria en alza, existe la duda de que tan sustentable ecológicamente, es esta actividad, es decir ¿Cuántos de los productores agropecuarios realizan una producción sin agroquímicos, plaguicidas, herbicidas y todos

aquellos productos que son catalogados como eficaces para combatir plagas naturales de cultivos? Pues bien, en los resultados del IV Censo Nacional Agropecuario 2012, en el año 2012 el 43,9% de los productores (971 mil 200 productores) usan fertilizantes químicos en sus cultivos habiéndose incrementado en casi el 50,0% respecto a 1994; por otro lado, el 61,9% del total de productores agropecuarios (1 millón 370 mil productores) utilizan algún tipo de abono orgánico, mientras que el 38,1% no aplica este tipo de abono y; los productores de la Sierra (1 millón 75 mil) lo aplican en mayor medida mientras que, en la Costa y Selva en menor cantidad (INEI, 2014).

Teniendo en cuenta que la macrofauna edáfica, constituye un ente fundamental para los procesos formadores del suelo y que la principal actividad que se desarrolla en este último, en la actualidad está invadida por productos agroquímicos; surge la iniciativa de cuestionar si es probable o no que esta producción agropecuaria afecte la dinámica poblacional de los organismos del suelo, haciendo que las poblaciones de macrofauna edáfica fluctúen según el uso que se le da al suelo.

Es así, que la presente investigación tiene la finalidad de encontrar si existe alguna relación entre la diversidad y abundancia de macrofauna edáfica y el uso que se le da al suelo, fundamentalmente tres sistemas de uso de suelo: sistema de vegetación natural (suelo en el cual no se lleva a cabo ninguna actividad productiva), Sistema de Cultivo y sistema de pastoreo. Para lo cual, se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar la diversidad de Macrofauna edáfica en tres sistemas de uso de suelo en la Estación Experimental Agraria de Illpa – Puno.
- Evaluar de la abundancia de Macrofauna edáfica en tres sistemas de uso de suelo en la Estación Experimental Agraria de Illpa – Puno.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes.

Brown *et al.*, (2001) en su trabajo sobre Diversidad y Rol Funcional de la Macro fauna Edáfica en los Ecosistemas Tropicales Mexicanos, evaluaron 37 localidades, donde realizaron 127 muestreos de 9 tipos de ecosistemas, encontrando pocas diferencias estadísticamente significativas entre la densidad de cada grupo de los ecosistemas estudiados. Fue en la caña de azúcar donde encontraron la mayor densidad de macrofauna (casi 3000 individuos m^{-2}), predominando en ese sistema las hormigas en cuanto a abundancia (52% del total). Obtuvieron también 17 grupos taxonómicos en cañaverales y cafetales, 16 en bosques y 14 en vegetación secundaria, 08 en cítricos y cerca de 15 grupos en milpas.

Pashanasi (2001) en su estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la amazonia peruana (bosque primario, bosque secundario, cultivos anuales, pastizales y sistemas agroforestales, donde extrajo 10 muestras de cada sistema de uso del suelo, encontró que los oligochaetas concentraban el 89,1% de la población en bosque primario, formícidas el 48,6% en bosque secundario de 10 años; los isópteras representaron el 67,2% de la población en bosque secundario de 20 años; los isóptera el 44,6% en cultivos, el 47% por oligochaetas en pastizales naturales y, 36% por Isópteras en sistema agroforestal (pijuayo).

Villalobos *et al.*, (2000) en su trabajo de patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de Zea maíz durante la fase post-cosecha en “La Mancha”, Veracruz, México, donde realizaron muestreos en época seca, encontraron que los oligochaetas representaban el 29,9% de la abundancia total de individuos, seguido de coleóptera 16,9%, miriapoda con 10,7% ocuparon el tercer lugar, el 4,4% correspondió a Isóptera y el 41.2% lo representaron Hymenóptera, Hemíptera, Lepidóptera, díptera, entre otros.

Gizzi *et al.*, (2008) realizaron una investigación de caracterización de la meso y macrofauna edáfica en sistemas de cultivo del sudeste bonaerense, donde encontraron lombrices (Annelida), Coleóptera (carábidos, Scarabaeidae, Curculionidae, Elateridae y Chrysomelidae), y estafilínidos; Isópoda y, miriápodos quilópodos (ciempiés) y

Diplópodos (milpiés). Los grupos dominantes fueron miriápodos; en maíz bajo siembra directa (MSD) (51%) y en maíz bajo labranza convencional (MLC) (55%); e insectos de suelo MSD (15%) y MLC (16%).

Zerbino *et al.*, (2008) en su evaluación de la macro fauna del suelo en 12 parcelas (45 muestras por parcela) en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo en Montevideo-Uruguay, lograron coleccionar 6325 individuos, donde los grupos más abundantes fueron Oligochaeta (46%) e Hymenóptera (20%). En Campo Natural Los principales integrantes de este grupo pertenecen al Orden Coleóptera, en particular las familias Curculionidae, Scarabaeidae, Chrysomelidae y Elateridae. Encontraron que hubo interacción entre los tratamientos con el mes de muestreo para el total general y el total de grupos funcionales.

Zerbino (2010) en su trabajo de evaluación de la macrofauna del suelo en rotaciones cultivos–pasturas con laboreo convencional, realizó dos muestreos en los cuales logró coleccionar 3678 individuos; de estos, los grupos taxonómicos más abundantes fueron Oligochaeta y Coleóptera. Las rotaciones de agricultura continua S1 (sin fertilización) y S2 (con fertilización) tuvieron la menor riqueza, con 34 y 42 morfo especies respectivamente. Por el contrario, en la rotación con período de pradera más prologado (S4) se computó la mayor riqueza total (85 morfo especies). Los otros tratamientos con leguminosas forrajeras en la rotación S5 (agricultura en rotación con cultivo y pradera con periodos equilibrados) y S7 (agricultura en rotación con periodos de cultivo más prolongado) tuvieron una posición intermedia entre S2 y S4, con respectivamente 65 y 69 morfo tipos.

Lang *et al.*, (2011) en el estudio que realizaron sobre macro fauna edáfica asociada a plantaciones de mango y caña de azúcar, de 360 muestras tomadas, observaron 1537 invertebrados pertenecientes a los grupos Annelida, Molusco y Artrópoda. Las hormigas (Formicidae) representaron 48% del total de invertebrados registrados y en menor proporción lombrices (18.2%), termitas (10.9%), cien pies (5.6%), arañas (5.4%), escarabajos (3.71%) y babosas (2.8%). Encontraron que la mayor frecuencia de invertebrados se presentó en mango (40%), en caña persistente (37%) y caña reciente (24%).

Cabrera *et al.*, (2011) evaluó, durante el mes de octubre (época lluviosa), la riqueza y abundancia de la macro fauna edáfica en cuatro usos de la tierra (bosques secundarios, pastizales, cultivos varios para producción de papa y cañaverales) en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. Encontrando tres phyla, siete clases, 22 órdenes y 39 familias. 19 grupos taxonómicos en los B2 (bosques secundarios), 14 en los P (pastizales) y Cñ (cañaverales) y solo 12 en CV (cultivos varios). A nivel de familias, encontró B2: 33, P: 18, CV: 16 y Cñ: 15.

García *et al.*, (2014) Durante su investigación realizada sobre Efecto de diferentes usos de la tierra en la composición y la abundancia de la macrofauna edáfica, en la provincia de Matanzas, donde colectaron 120 monolitos, obtuvieron 1 025 individuos: 73 en el uso de cultivos varios, 114 en las fincas agropecuarias, 653 en el sistema silvopastoril y 186 en el pastizal. Individuos pertenecientes a tres Phylum, siete clases y 15 órdenes: 9 en el uso de cultivos varios, 12 en las fincas agropecuarias, 14 en el sistema silvopastoril y 9 en el pastizal.

2.2. Marco teórico.

2.2.1. *Suelo*

Para entender el concepto de suelo, podemos tener en cuenta lo escrito por Herrera, “la palabra suelo se deriva del latín solum, que significa suelo, tierra o parcela”, este autor indica que la definición de suelo es muy compleja ya que esta depende del enfoque que se le dé (Herrera, 2010).

También se podría considerar al suelo como “un componente de todo ecosistema terrestre que se forma y desarrolla en la zona de contacto de la litosfera con la atmósfera por la acción del agua, el aire y los organismos vivos y muertos” (Malacalza, 2013). O como indica herrera “un cuerpo natural, dinámico, complejo y en evolución hecho por los procesos y factores de formación, ubicado sobre la superficie de la corteza terrestre y conformada de materiales minerales y orgánicos, agua y gases, de donde las plantas extraen sus alimentos para desarrollarse y dar productos en provecho del hombre” (Herrera, 2010).

Sea cual sea la definición que se le dé al suelo, “la mayoría tienen un común denominante de ser el medio para el crecimiento de las plantas” (Herrera, 2010).

Malacalza también escribe sobre la degradación de los suelos, explicando que “los suelos se encuentran amenazados principalmente por la pérdida de fertilidad y por la erosión, así mismo nos indica que la pérdida de la fertilidad es consecuencia de la explotación intensiva de cultivos” (Malacalza, 2013)

2.2.2. *Biología del suelo*

Podemos encontrar información, como la de Sagardoy, respecto a la biología del suelo, explícitamente este autor indica que “la biología del suelo estudia los microorganismos que viven en un suelo, sus funciones y actividades; entre los organismos vivientes que están presentes en el suelo,

se incluyen virus, bacterias, actinomicetes, hongos, algas y una gran variedad de organismos pertenecientes a la fauna donde se incluyen protozoos, nematodos, lombrices, ácaros y colémbolos, entre otros (Sagardoy, 2004).

Otro autor indica que “todas estas poblaciones son las responsables de la transformación de la materia orgánica y también de mantener el poder inmunológico del suelo o de constituir plagas y enfermedades como consecuencia de los desequilibrios que pueden originarse en algunos casos” (Fuentes, 2006).

Si se conoce poco de la Biología del suelo, menos aun de la ecología de la biología del suelo, de la cual “solo se conoce parcialmente, porque las interrelaciones entre especies son de gran complejidad según el medio en el que se realicen” (Fuentes, 2006).

2.2.3. *Macrofauna edáfica*

La macrofauna del suelo, también conocida como macroinvertebrados edáficos, la componen aquellos organismo que miden más de 2 mm de diámetro, “incluye a lombrices de tierra, termitas, hormigas, milpiés, cochinillas, arañas, ciempiés y otros” (Brown *et al.*, 2001).

Los organismos edáfico son importantes “por la función ecológica que desempeña y su relación con las propiedades del suelo, tanto físicas como químicas, que determinan su establecimiento, son valorados como indicadores de la calidad o fertilidad del suelo y del impacto de diferentes sistemas de manejo” (Cabrera, 2014).

Cada organismo, cumple un rol funcional dentro del ecosistema suelo, así “los macroinvertebrados, actúan como herbívoros (se alimentan de partes vivas de la planta, controlando la cantidad de materia vegetal que ingresa al suelo) o depredadores (generando un equilibrio entre las poblaciones de invertebrados y los recursos disponibles en el ecosistema) (Cabrera, 2014).

Dentro de la gran trama trófica del suelo podemos encontrar a algunos de los macroinvertebrados de mayor importancia para los procesos formadores del suelo:

- *Oligoquetos*

En este grupo se encuentran las tan conocidas lombrices de tierra, “habitan el suelo y su longitud suele ser superior a los 2 cm, llegando algunas especies a medir 3 m; el cuerpo suele contener entre 80 y 450 segmentos provisto de cierta capacidad regenerativa; cuando la humedad del suelo baja descienden a las capas profundas, vacían el tubo digestivo y se encierran en una capsula de estivación o se aletargan, esperando la vuelta de las condiciones favorables” (Padilla *et al.*, 2003). “Entre las funciones de este grupo para con el suelo, está la de oxigenarlo al enterrarse y alimentarse de él” (Starr *et al.*, 2008).

- *Coleópteros*

El orden Coleóptera, “incluye el mayor número de especies de la clase insecta; habitan en diversos ambientes, terrestres epigeos e hipogeos, y de agua dulce. Están asociados a la vegetación, bajo piedras, bajo corteza, en materia en descomposición, excremento de animales, y productos almacenados de diverso origen. Algunas especies se comportan como inquilinos o como verdaderos parásitos, encontrándose en pelaje y plumas de mamíferos y aves” (González, 1989)

El hecho de constituirse en diferentes ambientes, presumiblemente les da un marcado rol funcional, “desde el Punto de vista trófico podemos distinguir coleópteros: Fitófagos, Depredadores, Necrófagos, Micetófagos o Micófagos, Xilófagos” (Sáiz, 1989).

- *Los isópteros*

Es un grupo de organismos “conocidos comúnmente con el nombre de termita, son insectos sociales que viven en colonias y que presentan una acusada división del trabajo. Los reproductores son de color generalmente oscuro y presentan dos pares de alas similares entre sí, que pierden después del vuelo prenupcial; los soldados –que son blancuzcos, si exceptuamos la cabeza, de color castaño claro- no tienen alas, y su cabeza es muy grande con respecto al cuerpo; las obreras, que tampoco tienen alas, están dotadas de un cuerpo similar al de los soldados, excepto la cabeza, que es pequeña y con un aparato bucal adaptado para la erosión” (Liotta, 2000). Están también los reproductores suplementarios, que “son individuos braquípteros o ápteros, tamaño ligeramente menor y ojos compuestos más reducidos” (Barrientos, 2004).

- *Los miriápodos*

En este grupo se encuentran los milpiés y ciempiés, “todos los miriápodos actuales son terrestres; su cabeza posee un par de antenas y tres pares de apéndices modificados en su boca, incluidas las mandíbulas. Los Diplopoda tienen gran número de patas, cada segmento del tronco se forma a partir de dos segmentos fusionados y posee dos pares de patas; se alimentan de hojas en descomposición y de otras sustancias vegetales” (Campbell, 2007).

En cambio los ciempiés, “son carnívoros, se mueven con rapidez, tienen el cuerpo deprimido con patas bastante espaciadas, que se salen de las pleuras; los escudos no son rígidos como en los milpiés, pero presentan consistencia córnea, pues están esclerosados como los de los insectos. Las antenas son largas filiformes. Poseen como armas ofensivas, un par de garfios prensiles situados detrás de la cabeza, capaces de capturar e inmovilizar a la presa” (Marshall y Williams, 1985).

- *Los isópodos*

Wild nos habla acerca de este grupo, del cual dice que “son predominantemente saprófagos o fitófagos, pueden tener alguna importancia en suelos que periódicamente están demasiado secos para la actividad de las lombrices. En efecto, los isópodos pueden ser muy activos barrenadores y constructores de galerías en suelo semidesérticos durante verano, cuando las lombrices están en reposo. Se les ha encontrado construyendo galerías hasta 60 – 90 cm de profundidad y pueden llegar a movilizar hasta 5 t ha⁻¹ de tierra durante esa estación” (Wild, 1989).

Otro autor indica que “se le ha concedido mucha atención a los crustáceos isópodos terrestres (cochinillas de la humedad), ya que proporcionan interesantes comparaciones. Todos vive en micro hábitats húmedos y cerrados, varias especies ocupan y recorren diversos medios. Así también, los isópodos remplazan las pérdidas de agua por ingestión de estas y por captación anal. Además se ha demostrado que muchas especies pueden recuperar agua del alimento, evacuando menor cantidad en las heces que la que tomaron” (Hill, 2007).

Además de los organismos citados, que pertenecen al grupo de macroinvertebrados, existen otros que también tienen un rol funcional muy importante en la formación del suelo, están por ejemplo los hongos y virus (organismos detritívoros) que forman parte de la microfauna, los colémbolos que forman parte de la mesofauna, entre otros que no mencionamos en esta investigación por pertenecer a un grupo diferente de invertebrados edáficos.

2.2.4. *Diversidad biológica y abundancia*

○ *Diversidad biológica*

“El término biodiversidad significa diversidad o variedad biológica. La diversidad biológica actual es el resultado de un complejo e irreplicable proceso evolutivo que trasciende el marco de estudio general de la Ecología” (Moreno, 2001). Mientras que “la diversidad del ecosistema puede definirse como la diversidad genética, la diversidad de las especies, la diversidad de los hábitats y la diversidad de los procesos funcionales que mantienen sistemas complejos” (Odum, 2005).

Odum, habla también de cómo se puede comparar estadísticamente la diversidad, mencionando dos maneras fundamentales: 1) calculando índices de diversidad basados en la proporción de partes respecto al todo o n/N , donde n , es el número o porcentaje de valores de importancia y N es el total de todos los valores de importancia; 2) graficando perfiles semi logarítmicos llamados curvas de dominación contra diversidad, donde el número o porcentaje de cada componente se grafica desde el más abundante hasta el menos abundante (Odum, 2005).

○ *Abundancia*

“Las abundancias de las especies refieren a la posibilidad de sobrevivir en un ambiente, el grado de adaptación a las condiciones abióticas prevalecientes y es resultante, además, de la oferta de nicho, biotopo y alimento. La abundancia de una especie en su comunidad es preponderante en los estudios de ecología. Así, la disminución o el incremento de una especie puede indicar cambios en su medio natural, contaminación, enfermedades, especies intrusas; cambios en la abundancia o distribución del alimento de los predadores, etc., factores que requerirán de la implementación de medidas de manejo del ecosistema” (Ramírez, 2006).

2.3. Marco conceptual.

- ✓ Abundancia relativa.- Es con Frecuencia un medida útil cuando se quiere conocer como una población está por alterarse, o cuando las condiciones son tales que la densidad absoluta no puede ser determinada. Abundancia= Porcentaje de individuos en una muestra dada (Odum, 2007).
- ✓ Diversidad alfa.- es la riqueza de especies de una comunidad determinada y que se considera homogénea, por lo tanto es a nivel local (Álvarez *et al.*, 2014)
- ✓ Degradación de los suelos.- Es una de las crisis más graves que enfrenta el planeta, relacionada con la acción directa o indirecta del hombre, quien rompe el equilibrio natural de los agroecosistemas, al intervenir en ellos (Ramírez *et al.*, 2014).
- ✓ Microfauna.- Constituida por animales acuáticos que se encuentran entre las partículas del suelo, miden menos de 0.2 mm y se incluyen, fundamentalmente, protozoarios, rotíferos y nematodos (Cabrera, 2001)
- ✓ Mesofauna.- Organismos cuyo tamaño oscila entre los 0.2 y 2 mm y forman parte de él los microartrópodos (ácaros, colémbolos, proturos, dipluros y sínfilos) y los enquitreídos (Cabrera, 2001).
- ✓ Macrofauna.- Compuesta por organismos de más de 2 mm de longitud, que se mueven activamente a través del suelo y pueden elaborar galerías en las cuales viven. Forman parte de este grupo los isópodos (cochinillas), quilópodos (cienpiés), diplópodos (milpiés), arácnidos, moluscos, formícidos (hormigas), isópteros (termitas), coleópteros y oligoquetos (lombrices de tierra) (Cabrera, 2001).
- ✓ Macroinvertebrados: Invertebrados que forman la macrofauna del suelo, con un diámetro corporal mayor de 2 mm, como son las lombrices de tierra, los insectos y los caracoles (Cabrera, 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Zona de estudio

El estudio se realizó dentro de la Estación Experimental Agraria (EEA) Illpa – Puno, entre los meses de Noviembre 2013 a Abril del 2014, durante la época de lluvias.



Figura 01: Zona de estudio. Estación experimental agraria Illpa-puno (Noviembre 2013 - Abril 2014).

❖ Ubicación y clima:

- Departamento: Puno
- Provincia: Puno
- Distrito: Paucarcolla
- Sede física: Km 22 Carretera Puno-Juliaca
- Latitud Sur: 15°10'45"
- Longitud Oeste 70°04'25"
- Altitud: 3815 msnm.
- Temperatura ambiental: 1,60 – 16,30°C (para la época de muestreo)
- Precipitación: 616 mm/año
- Zona agroecológica: Suni
- Franja latitudinal: Subtropical
- Grupo Ecológico: Serranía Esteparia
- Zona de Vida: Bosque Húmedo Montano Subtropical (bh-MS)
- Cuenca hidrográfica: Illpa

3.2. Población y muestra



Figura 02: Población evaluada en Illpa-puno (Noviembre 2013 - Abril 2014).

La población está compuesta por tres parcelas de muestreo: 1 usada en cultivo, 1 empleada para pastoreo y 1 de vegetación natural que miden aproximadamente 100 m^2 cada una (Figura 02).



Figura 03: Monolito (Unidad básica de muestreo) de la evaluación de macro fauna edáfica realizada en Illpa-puno (Noviembre 2013 - Abril 2014).

La muestra está constituida por 54 monolitos (unidades experimentales o unidades básicas de muestreo) que se extrajeron equitativamente de las tres parcelas (Figura 03).

3.3. Metodología.

3.3.1. Toma de muestra.

"El método de muestreo de la macrofauna del suelo utilizado fue similar al recomendado por el Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF) empleado en muchas investigaciones anteriores similares al tema, como las la de (Zerbino, 2005). "Este método fue descrito por Berlesse (1905) y luego fue modificado por Tullgren (1918) el cual le agrego el uso de una fuente de luz" (Sandler, 2010).



Figura 04: Materiales Para Toma de muestra: 1) Pala, 2) Cubo de metal, 3) Bolsas de polietileno, 4) Embudo de Berlesse Tullgren

La toma de muestras, en cada parcela, tuvo una frecuencia de 30 días; en horario de recolección de muestra de 14:00 a 18:00 horas; para esta etapa se utilizaron materiales de campo: una pala, tres cubos de metal de 15 cm³, 54 bolsas de polietileno oscuras; y 9 embudos de Berlesse Tullgren el cual es un material de Laboratorio (Figura 04).



Figura 05: Procedimiento de Toma de muestra: 1) Enterrado de cubo, 2) Cubos en bolsa de polietileno, 3) Muestra en embudo Berlesse Tullgren.

El procedimiento es el siguiente: 1) Enterrar los cubos de metal directamente en el suelo, 2) Cavar con la pala los laterales externos al cubo, 3) enterrar el cubo hasta que la tierra en su interior llegue al ras de este, 4) Esperar entre 2 a 5 min para extraer el cubo de metal (conteniendo en tierra), 5) Con ayuda de la pala extraer el cubo, 6) Colocar el cubo dentro de una bolsa de polietileno oscura y transportarla al laboratorio; 7) Colocar la muestra del suelo, extraída con el cubo de metal, directamente al embudo de Berlesse Tullgren, 8) Encender el foco del embudo de Berlesse Tullgren , 9) Dejar en el embudo de Berlesse Tullgren por un periodo de 30 días. 10) Repetir este mismo procedimiento en cada parcela (Figura 05).

3.3.2. Evaluación de la diversidad de Macrofauna edáfica

Una vez colectada la muestra de Macrofauna, por medio de los Embudos de Berlesse Tullgren, la siguiente etapa es identificación de Familias de Macrofauna, la cual tuvo una frecuencia semanal, los horarios y tiempos fueron fijados por el evaluador.

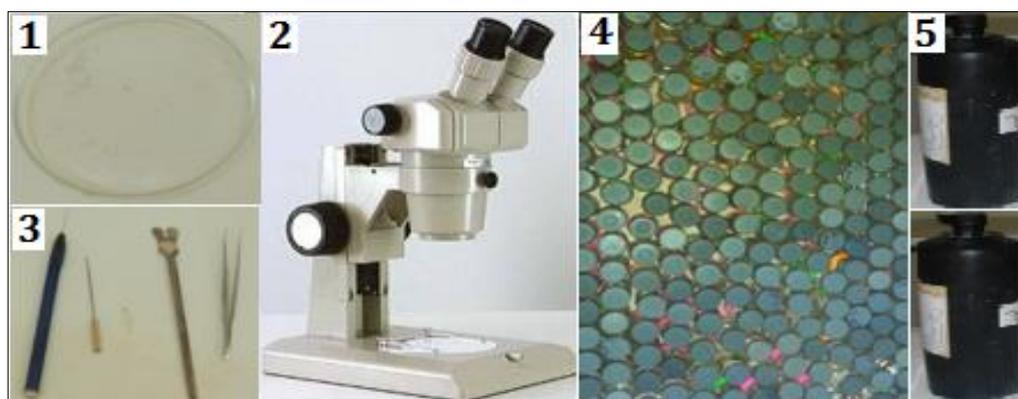


Figura 06: Materiales de Laboratorio y gabinete: 1) Placas Petri, 2) estereoscopio, 3) Pinzas entomológicas, 4) Frascitos de vidrio, 5) Botellas de Alcohol.

Para esta etapa se utilizaron materiales de Laboratorio y Gabinete: Claves dicotómicas, 54 Placas Petri de vidrio, un Estereoscopio, cuatro pinzas entomológicas, 1000 Tubos de ensayo, 3 botellas de alcohol de 1L. (Figura 06).



Figura 07: Procedimiento: 1) Identificación de Familias, 2) Extracción de macroinvertebrados, 3) colocar macroinvertebrados en Frascuitos, 4) Etiquetado.

El procedimiento es el siguiente: 1) Con ayuda de las claves dicotómicas, el estereoscopio y pinzas entomológicas; identificar la familia de los individuos que se encuentran en las placas Petri. 2) Extraer los individuos de macroinvertebrados directamente de la placa Petri y colocarlas en los respectivos frascuitos, asegurándolos bien. 3) Colocar el etiquetado en cada frascuito. (Figura 07).

Las variables a analizar fueron: Parcelas o Sistemas de uso del suelo (Variable independiente) y Familias de Macrofauna Edáfica (Variable dependiente).

Para el análisis estadístico, primero se analizó la información con el software Past 2.7, obteniendo el índice SHANNON-WIENER, cuyo fundamento, según indica es: $H' = -\sum p_i \ln p_i$ y $\sum p_i = 1$

Donde

p_i = abundancia proporcional de la especie i , lo cual implica obtener el número de individuos de especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Para analizar las diferencias o similitudes de diversidad de la Macrofauna edáfica entre los sistemas de uso del suelo respecto a los meses de evaluación, se utilizó la prueba estadística no-paramétrica de KRUSKAL WALLIS, utilizando para ello el software SPSS versión 23.0.

3.3.3. Evaluación de la abundancia de Macrofauna edáfica

Para el análisis de la abundancia de individuos por Familia de Macrofauna, por sistema uso de suelo; primero se hizo un recuento de individuos por familia. Este procedimiento tuvo una frecuencia semanal, lo horarios y tiempos fueron fijados por el evaluador.

Los materiales de laboratorio y gabinete empleados, fueron los mismos que se usaron para el análisis de diversidad (Fig. N° 06).



Figura 08: Procedimiento: 1) Contenido de frasco en placa, 2) contabilización de macroinvertebrados edáficos, 3) colocar macroinvertebrados en Frascitos, 4) Completar Etiquetado.

El procedimiento es el siguiente: 1) Colocar el contenido del frascito en una placa Petri. 2) Con ayuda del estereoscopio y pinzas entomológicas; contabilizar los individuos de cada familia. 3) Colocar nuevamente los individuos contabilizados en los frascitos. 4) Completar el etiquetado con el número de individuos por familia. (Figura 08).

Las variables a analizar fueron: Parcelas o Sistemas de uso del suelo (Variable independiente) y número de individuos por Familias de Macrofauna Edáfica (Variable dependiente).

Para analizar las diferencias o similitudes de abundancia entre los sistemas de uso del suelo con respecto a meses de evaluación, se utilizó un Análisis de Varianza en DCA, con arreglo Factorial de 3x6 (3 tratamientos por 6 meses de evaluación).

Previamente para el ANVA, se transformaron los datos a raíz cuadrada más uno, para normalizar y homogenizar la varianza, por tratarse de variables discretas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. Evaluación de la diversidad de macro fauna edáfica en tres sistemas de uso de suelo en la estación experimental agraria Illpa-Puno.

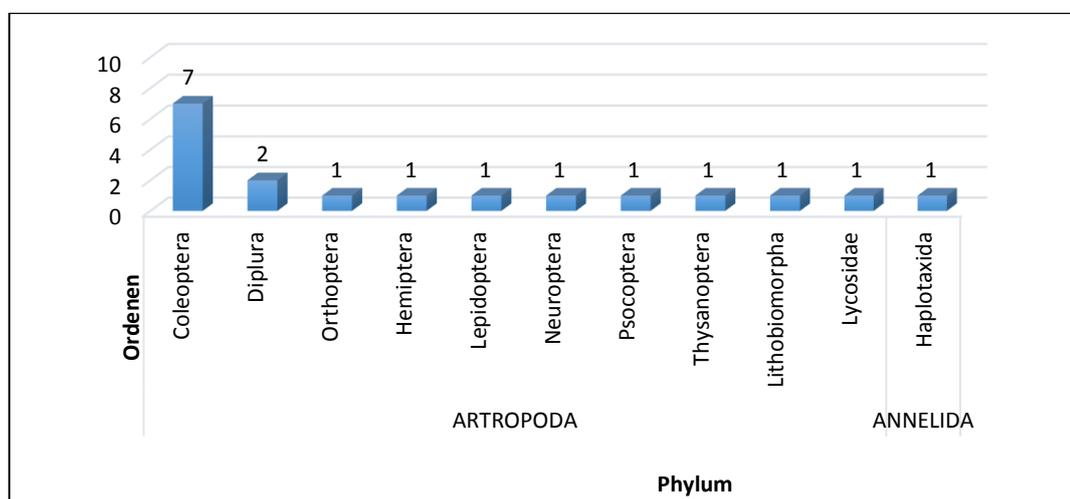


Figura 09: Diversidad de familias por grupo taxonómico (orden) de la evaluación de macrofauna edáfica en tres sistemas de uso de suelo. Illpa-Puno (noviembre 2013 - abril 2014).

La evaluación de la macro fauna edáfica en los tres sistemas de uso de suelo, en la Estación Experimental Agraria de Illpa INIA-Puno, donde se colectaron 54 monolitos, permitió identificar 18 familias distribuidas en 11 órdenes, 4 clases y 2 Phylum. La clase con el mayor número de familias fue Insecta con 15 familias, las clases Chilopoda, Clitellata y Arachnida solo cuenta con una familia presente cada una (Figura 09). Si comparamos estos datos, con los Obtenidos por García *et al.*, (2014), podemos observar que los grupos taxonómicos registrados son menores, lo cual probablemente se deba a que García *et al.* Recolectaron más del doble de monolitos y uno de los usos de tierra fue bosque secundario.

Igualmente, los datos registrados por Brown *et al.*, (2001) en cuanto a órdenes, superan a los de la investigación; muy probablemente se debe a que Brown *et al.* Realizaron su investigación en ecosistemas tropicales, donde se sabe que la diversidad biológica es mucho mayor comparada con la existente en climas fríos secos como en que se realizó la presente investigación, además que en esta investigación solo se evaluó una localidad

y se realizaron 6 muestreos, en cambio las localidades y muestreos realizados por *Brown et al.* Fueron muchísimos más (37 localidades y 127 muestreos).

Lo mismo ocurre al contrastar resultados con *Cabrera et al.* (2011), y coinciden con los anteriores autores citados, que también realizaron su investigación en climas tropicales y en que realizaron una mayor cantidad de muestreos.

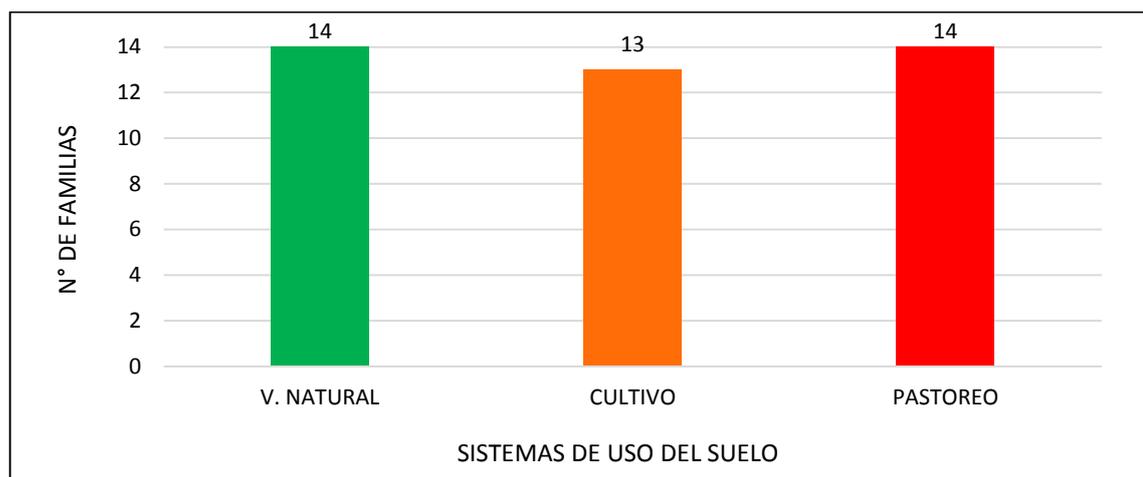


Figura 10: Diversidad de familias por grupo taxonómico (orden) de la evaluación de macrofauna edáfica en tres sistemas de uso de suelo. Illpa-Puno (noviembre 2013 - abril 2014).

Del total de Familias encontradas durante la evaluación, están presentes, 34% en sistema de Pastoreo (P=14 familias), 34% en Sistema de Vegetación Natural (VN=14 familias), 32% en Sistema de Cultivo (C=13 familias). (Figura 10).

El análisis entre la diversidad (ind/bits) y sistemas de uso del suelo (Vegetación natural, cultivo, pastoreo), no presentó diferencias; $H_{cal}(0,05) = 0,561$; $gl = 2$; $P = 0,755$.

La riqueza taxonómica registrada, a nivel de familias, fue menor en contraste con los resultados obtenidos por Pashanasi (2001), pero contrariamente a la investigación, Pashanasi encontró un mayor número de unidades taxonómicas en sistema de cultivo; este autor también realizó su estudio en Perú, pero lo hizo en la parte de la amazonia.

En la investigación, en el sistema de cultivo se encontraron individuos de: Coleóptera (Campodeidae, Carabidae, Coccinellidae, Curculionidae, Elateridae, Scarabeidae),

estados adultos e inmaduros de Staphylinidae, Thripidae, Trogiidae, Lumbicidae (Annelida), Henicopidae (quilópodos), estados inmaduros de Noctuidae (Lepidóptera); muy similar a los grupos taxonómico encontrados por Gizzi *et al.*, (2008) en sistemas de cultivo del sudeste bonaerense, estos autores realizaron su investigación durante ciclos agrícolas entre los años 2000/2001 (última semana de diciembre y primera de enero) y 2001/2002 (segunda y tercera semana de enero), pero Gizzi *et al.* Además mencionan que se redefinió la estructura del experimento (por rotación de cultivos y adición de fertilizantes nitrogenados) desde el año 1994

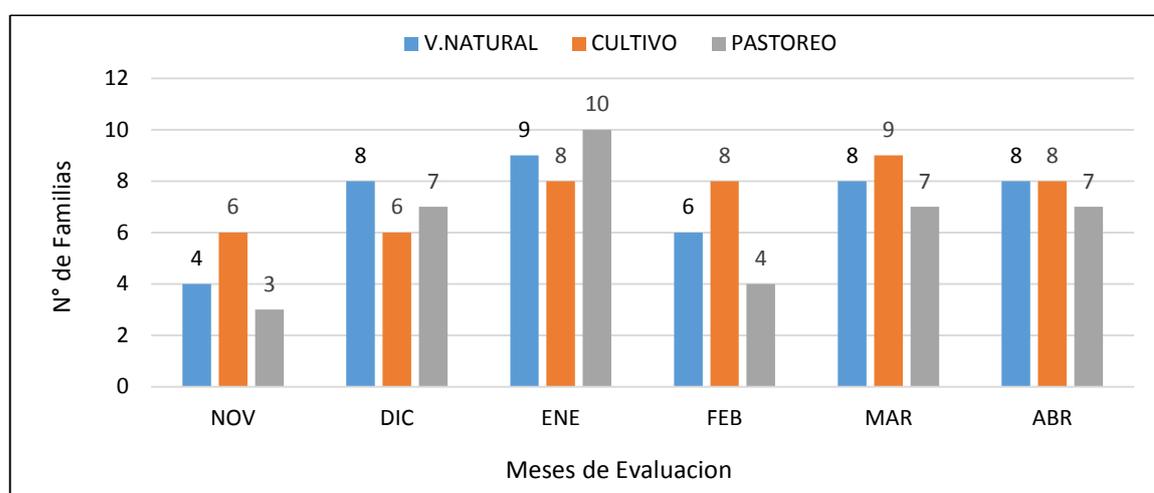


Figura 11: Diversidad de familias de macrofauna edáfica por mes de evaluación en tres sistemas de uso de suelo. Illpa-Puno (noviembre 2013 - abril 2014).

Del total de Familias encontradas durante la evaluación, se registraron, en Noviembre 08 familias (VN=04, C=06, P=03); en Diciembre 11 familias (VN=08, C=06, P=07); en Enero 13 familias (VN=09, C=08, P=10); en Febrero 10 familias (VN=06, C=08, P=04); en marzo 12 familias (VN=08, C=09, P=07); en Abril 12 familias (VN=08, C=08, P= 07). (Figura 11).

El análisis entre la diversidad (ind/bits) y meses de evaluación (Noviembre 2013 – Abril 2014), no presentó diferencias; $H_{cal}(0,05) = 3,467$; $gl = 2$; $P = 0,177$.

De los resultados obtenidos, podemos darnos cuenta que el mes de enero presentó mayor diversidad de familias, este mes es la temporada intermedia de la época lluviosa en nuestro país, y los anteriores autores citados, Gizzi *et al.*, (2008) Cabrera *et al.* (2011), Brown *et al.*, (2001) y Garcia *et al.*, (2014) también realizaron sus investigaciones en

época lluviosa, Gizzi *et al.*, mencionan además, que realizaron su investigación en el mes de enero, lo cual hace presumible que este mes del año pueda ser la época en la que la macrofauna alcanza una mayor dinámica poblacional.

4.2. Evaluación de la abundancia de macro fauna edáfica en tres sistemas de uso de suelo en la estación experimental agraria Illpa-Puno

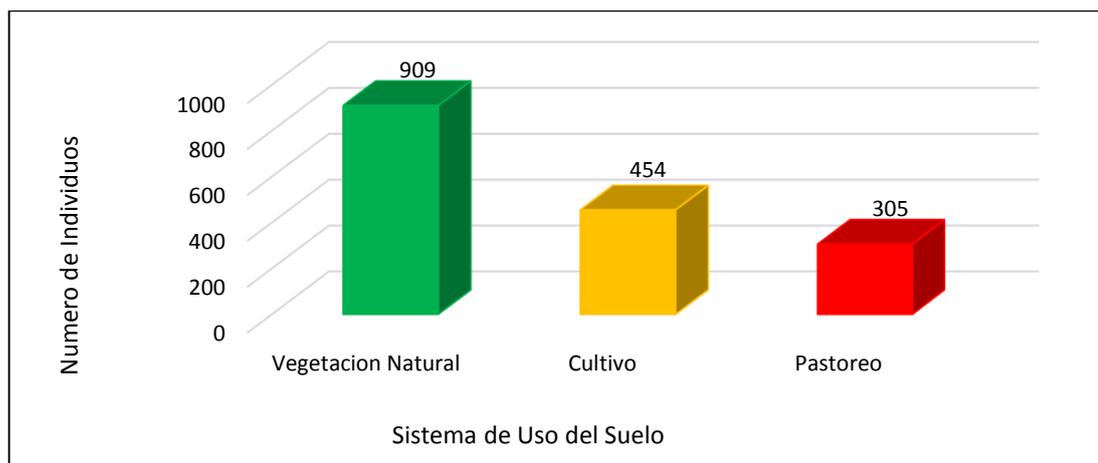


Figura 12: Abundancia de familias de macrofauna edáfica por sistemas de uso de suelo. Illpa-Puno (noviembre 2013 - abril 2014).

Del total de individuos encontradas durante la evaluación, están presentes, 55% en sistema de Vegetación natural (VN=909 individuos), 27% en Sistema de Cultivo (C=454 individuos), 18% en Pastoreo (P=305 individuos). (Figura 12).

El análisis entre abundancia (ind/bits) y sistemas de uso del suelo (Vegetación Natural, Cultivo, Pastoreo), presentó diferencias; $F_{cal}(0,05) = 5,647$; $gl = 2$; $P = 0,007$.

A diferencia de la investigación, Lang *et al.*, (2011) registraron una cantidad algo menor de individuos, a pesar de que recolectaron un mayor número de muestras (360); estos investigadores tenían como objetivo describir la calidad del suelo en términos de macrofauna edáfica en agroecosistemas de mango y caña de azúcar en México, pero concluyeron que estos no tienen efecto significativo en la incidencia y abundancia de macrofauna, además, el clima donde evaluaron es, según los autores, “clima subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual de 25.3°C” Lang *et al.*, (2011).

Zerbino (2010) solo con dos muestreos en su investigación en suelo con rotación de uso cultivo-pastura con laboreo convencional, logró colectar 3678 individuos; más del doble de cantidad de individuos colectados en la presente investigación, pero, Zerbino analizó además la varianza de las propiedades del suelo, encontrando diferencias significativas en el contenido de C.Org. ($P < 0.0001$) y N ($P < 0.0001$), donde los menores valores registrados fueron en los sistemas agrícolas respecto a los que consideran leguminosas forrajeras (pastura) y según el investigador esto es consecuencia básicamente de la erosión y del bajo ingreso de residuos orgánicos vegetales.

En la investigación, de las 13 familias encontradas en el sistema de cultivo, los grupos más representativo en abundancia, fueron Diplura y Coleóptera. En contraste Villalobos *et al.*, (2000) encontraron que Oligochaeta (lombrices de tierra) y Coleóptera fueron los grupos más representativos, en un sistema de cultivo de maíz, pero su evaluación se realizó en época seca, en un lugar con “clima cálido subhúmedo con lluvias en verano” según el autor, probablemente los coleópteros presenten similar dinámica poblacional durante todo el año en climas cálidos subhúmedos.

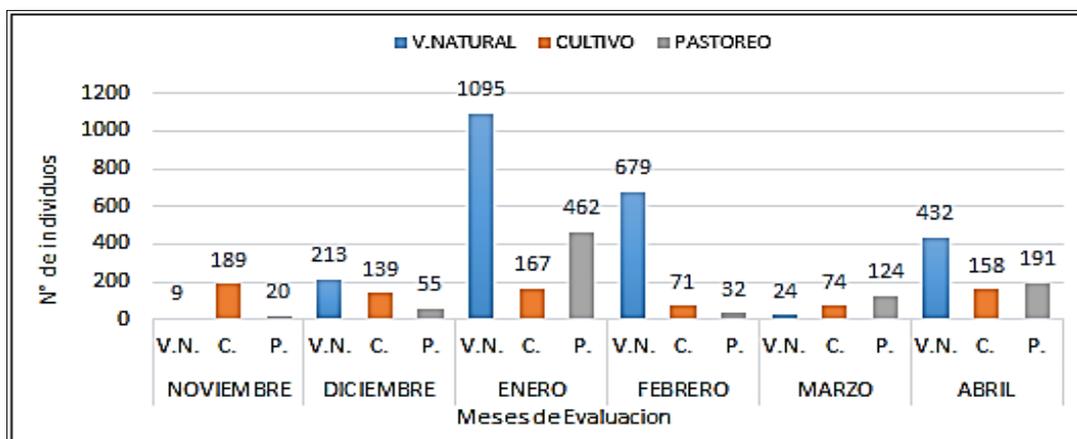


Figura 13: Abundancia de familias de macrofuna edáfica por mes de evaluación. Illpa-Puno (noviembre 2013 - abril 2014).

Del total de individuos encontradas durante la evaluación, se registraron, en Noviembre 218 individuos (VN=9, C=189, P=20); en Diciembre 407 individuos (VN=213, C=139, P=55); en Enero 1724 individuos (VN=1095, C=167, P=462); en Febrero 782 individuos (VN=679, C=71, P=32); en marzo 222 individuos (VN=24, C=74, P=124); en Abril 782 individuos (VN=432, C=158, P=191). (Figura 13).

El análisis entre la abundancia (ind/bits) y meses de evaluación (Noviembre 2013 – Abril 2014), presentó diferencias; $F_{cal}(0,05) = 6,925$; $gl = 5$; $P = 0,000$.

Zerbino *et al.*, (2008) colectaron una mayor cantidad de individuos, pero a su vez recolectaron mayor cantidad de muestras en más del triple de parcelas, en contraste con la investigación; además el sistema que concentro la mayor abundancia en su estudio fue Campo Natural (52 %), al igual que en esta investigación, donde la mayor abundancia fue en vegetación natural (53 %); pero el sistema de campo natural que evaluaron Zerbino *et al.*, fue utilizado para siembra directa, sin ninguna modificación o alteración de las propiedades químicas del suelo.

V. CONCLUSIONES.

- ❖ Se registró una diversidad de 18 familias en los tres sistemas de uso de suelo, distribuidas en 11 órdenes, 4 clases y 2 Phylums. El grupo taxonómico mejor representado fue Insecta, un 83% del total de familias de Macrofauna edáfica encontrados durante la evaluación pertenecen a este grupo.
- ❖ El sistema de vegetación natural presento 14 familias al igual que el sistema de Pastoreo, mientras que el sistema de cultivo presento 13 familias. Y el análisis entre la diversidad de familias por uso de suelo, no presentó diferencias estadísticamente significativas; $H_{cal}(0,05) = 0,561$; $gl = 2$; $P = 0,755$.
- ❖ Se registraron 08 familias en el mes de noviembre, 11 familias en diciembre, 13 familias en enero, 10 familias en febrero, 12 familias en marzo y 12 familias en abril. Y el análisis entre diversidad de familias por mes de evaluación, no presentó diferencias estadísticamente significativas, $H_{cal}(0,05) = 3,467$; $gl = 2$; $P = 0,177$.
- ❖ El sistema de vegetación natural registró 909 individuos, el de Cultivo 454 individuos y el de pastoreo 305 individuos; el análisis entre la abundancia y sistemas de uso de suelo presentó diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas Vegetación natural y Pastoreo, $F_{cal}(0,05) = 5,647$; $gl = 2$; $P = 0,007$.
- ❖ Se registraron 218 individuos en el mes noviembre, 407 individuos en diciembre, 1724 individuos en enero, 782 individuos en febrero, 22 individuos en marzo y 782 individuos en abril; el análisis entre la abundancia y meses de evaluación presentó diferencias estadísticamente significativas entre el mes de enero con el resto de meses, $F_{cal}(0,05) = 6,925$; $gl = 5$; $P = 0,000$.

VI. RECOMENDACIONES.

- ❖ Realizar un estudio con dos a tres evaluaciones por mes y duplicar o triplicar las repeticiones en cada evaluación para entender mejor la dinámica poblacional de la macro fauna edáfica.
- ❖ Caracterizar la vegetación circundante y los parámetros edáficos de los sistemas estudiados para encontrar relaciones de la diversidad y abundancia con dichos parámetros y en relación con la vegetación circundante.
- ❖ Sería interesante realizar una investigación de Macrofauna edáfica entre suelos con cierto grado de contaminación comprobada (Ejemplo. Minería, Cultivos con uso de insecticidas y pesticidas, suelos circundantes a botaderos, etc.) y suelos relativamente vírgenes (Ejemplo: los que se encuentran dentro de áreas naturales protegidas por el estado).

VII. LITERATURA CITADA

- Álvarez M., S. Córdoba, Escobar F., G. Fagua, Gast F., H. Mendoza, Ospina M., A. Umaña, Villareal H. 2014. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Panamericana Formas e Impresos S.A. Colombia. 236 p.
- Barrientos J. 2004. Curso Práctico de Entomología. Servicio de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Barcelona. España. 953 p.
- Brown G., C. Fragoso, Barois I., P. Rojas, Patrón J. Bueno, Moreno A., P. Lavelle, Ordaz V., C. Rodríguez. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos.
- Cabrera G. 2001. Influencia de la biota edáfica en la fertilidad de los suelos en ecosistemas de pastizales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola vol. 35. Cuba.
- Cabrera G., N. Robaina, Ponce de León D. 2011. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba.
- Cabrera G. 2014. Manual práctico sobre la Macrofauna Edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba. The ruffor fundation. 34 p.
- Campbell N., j. Recce, Molles M., L. Urry y Robin H. 2007. Biología. Editorial Médica Panamericana. Séptima Edición. España. 1351 p.
- Cotto D. 1998. Estados inmaduros de insectos de los órdenes Coleóptera, Díptera y Lepidóptera: Manual de reconocimiento. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. CATIE. Costa rica. 153 p.
- De la Mora A., A. Aquino, Gatica A., G. Bojórquez, Pelayo H. 2009. Manual de prácticas Artrópodos. Editorial de la Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez. Mexico.100 p.
- Delvare G., h. Aberlenc, Michel b., A. Figueroa. 2002. Los insectos de África y de América tropical. Claves para la identificación de las principales familias. Talleres Labellery. Francia.
- Fuentes R. Agrosistemas sostenibles y ecológicos: La reconversión Agropecuaria. Santiago de Compostela. Unidad de servicio de publicaciones e intercambio científico de la USC. 2006.
- García, Y.; Ramírez, Wendy; Sánchez, Saray. Efecto de diferentes usos de la tierra en la composición y la abundancia de la macrofauna edáfica, en la provincia de

- Matanzas. Pastos y Forrajes, vol. 37, núm. 3, pp. 313-321 Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Matanzas, Cuba. 2014.
- Gizzi A., A. Álvarez., Manetti P., A. López, Clemente N. & Studdert G. Caracterización de la meso y macrofauna edáfica en sistemas de cultivo del sudeste bonaerense. Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce, Argentina. 2008.
- Gonzales R. 1989. Insectos y Ácaros de importancia Agrícola y Cuarentenaria en Chile. Editora Ograma S.A. Primera Edición. Chile. 320p.
- Herrera A. 2010. Suelos: Con énfasis del Altiplano. Unidad de Publicaciones de la UNA-Puno. Primera Edición. Perú. 468p.
- Hill R. 2007. Fisiología Animal Comparada. Editorial Reverté. España. 905 p.
- Huerta E. 2005. La macrofauna del suelo y su potencial de manejo para el mejoramiento de la calidad del suelo. En F. Bautista, Palacios G. (Eds.). Caracterización y manejo de suelos en la península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. P 259-268.
- INEI. 2014. Resultados definitivos del IV censo Nacional Agropecuario 2012. Obtenido de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos7ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>.
- Lang F., A. Pérez, Martínez J., D. Platas, Ojeda L., I. González. 2011. Macrofauna edáfica asociada a plantaciones de mango y caña de azúcar. Terra Latinoamericana 29 (2): 169-177. México.
- Liotta G. 2000. Los insectos y sus daños en la madera. Editorial Nerea. España. 151 p.
- Malacalza L. 2013. Ecología y ambiente. Editorial LISEA. Argentina. 303 p.
- Martínez C. 2005. Introducción a los escarabajos carabidae (Coleóptera) de Colombia. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Ramos López editorial. Colombia. 546 p.
- Marshall A. y W. Williams. 1985. Zoología. Invertebrados. Editorial Reverté. España. Séptima Edición. 985 p.
- Moreno C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y tesis SEA, vol. 1. Zarazoga. CYTED, ORCYT/UNESCO&SEA. España. 84 p.
- Morrone J. 1996. Clave ilustrada para la identificación de las familias sudamericanas de gorgojos (Coleóptera: Curculionidae). Revista Chilena de Entomología. Pp 59-63.
- Odum E., g. Barret. 2007. Fundamentos de Ecología. Pioneira Thompson. Brasil. 632 p.

- Padilla F. y A. Cuesta. 2003. Zoología Aplicada. Ediciones Díaz de Santos. España. 468 p.
- 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 (1): 1-2.
- Ramírez A. 2006. Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Editorial de la Pontificia Universidad Javeriana. Argentina. 271 p.
- Ramírez A. 2014. Caracterización de la macrofauna edáfica en sistemas de producción intensiva de césped. Revista Pastos y Forrajes vol 37. Cuba
- Rendón S., F. Artunduaga, Ramírez R., J. Alveiro, Leiva E. 2011. Los macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Suelo en Cultivos de Mora, asto y Aguacate. Revista de la Facultad Nacional Agropecuaria de Medellín. Colombia.
- Sagardoy M. y M. Mandolesi. 2004. Biología del Suelo Guía de Estudio. Argentina. Editorial de la Universidad Nacional del Sur.
- Sáiz F., J. Solervicens, Ojeda P. 1989. Coleópteros del parque nacional la Campana y de Chile central. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. 22p.
- Sandler R., L. Falco, Di Ciocco C., R. De Luca, Coviella C. 2010. Eficiencia del Embudo Berlese-Tullgren para extracción de artrópodos edáficos en suelos argiudoles típicos de la provincia de Buenos Aires. Cienc. Suelo 28(1)
- Schutster j. 1989. Claves para identificar insectos inmaduros Holometábolos. Manejo integrado de plagas. Costa Rica. 11(1): 61-74 p.
- Starr C., R Taggart, Portales G. y N. Contreras. 2008. Biología. La unidad y la diversidad de la vida. Editorial Progreso. Undécima Edición. México. 869 p.
- Villalobos F., R. Ortiz, Moreno C., N. Pavon, Hernández T., J. Bello, Montiel S. 2000. Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de *Zea maíz* durante la fase de postcosecha en la mancha, Veracruz, México. Acta Zool. Mex. 80: 167-183.
- Wild A. 1989. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Rusell. Ediciones Mundi-Prensa. España. 1047 p.
- Zerbino S. 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción. Tesis para optar el grado de Magister en Ciencias Ambientales. Uruguay: Universidad de la República; 2005.
- Zerbino, S., N. Altier, Morón A., C. Rodríguez. 2008. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. Agrociencia 12 (1): 44-55.

Zerbino S. 2010. Evaluación de la macrofauna del suelo en rotaciones cultivos–pasturas con laboreo convencional. INIA La Estanzuela. Uruguay.

ANEXOS

Cuadro 01: Datos de abundancia de Macrofauna edáfica por sistemas de uso de suelo en Illpa- Puno (noviembre 2013-abril 2014).

SISTEMA DE USO DEL SUELO	REPETICIONES																TOT PROMEDIO	DE	EE			
	2	5	1	26	46	75	122	109	164	54	171	7	10	7	2	14				72	22	909
Vegetación Natural	44	4	15	10	12	52	21	14	22	20	22	20	15	19	17	81	18	48	454	25,22	19,01	4,48
Cultivo	4	0	3	3	12	11	13	93	88	6	1	13	26	14	32	5	17	9	350	19,44	27,17	6,40
Pastoreo																						

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 02: Datos de abundancia de Macrofauna edáfica por meses de evaluación en los sistemas de uso de suelo en Illpa- Puno (noviembre 2013-abril 2014).

MES	REPETICIONES																TOT PROMEDIO	DE	EE
	2	5	1	44	4	15	4	0	3	78	TOT	PROMEDIO	DE	EE					
NOVIEMBRE	26	46	75	10	12	52	3	12	11	247	8,67	13,95	4,65						
DICIEMBRE	122	109	164	21	14	22	13	93	88	646	27,44	24,65	8,22						
ENERO	54	171	7	20	22	20	6	1	13	314	71,78	55,87	18,62						
FEBRERO	10	7	2	15	19	17	26	14	32	142	34,89	53,32	17,77						
MARZO	14	72	22	81	18	48	5	17	9	286	15,78	9,24	3,08						
ABRIL											31,78	28,19	9,40						

Fuente. Elaboración propia.

Clave rápida para identificación de Orthopteroidea (De la Mora *et al.*, 2009)

- 1a. Tarso de 4 o menos segmentos, posfémora ensanchada (saltadores).....2
- 1b. Tarso de 5 segmentos, fémora posterior no ensanchada (corredores).....6
- 2a. Propatas cavadoras, tarsos de 4 segmentos.....GRYLLOTALPIDAE
- 2b. Propatas no cavadoras.....3
- 3a. Tarsos de 3 o 4 segmentos, ovopositor elongado y las antenas tan largas como el cuerpo o mayores4
- 3b. Tarso de 3 segmentos y antenas cortas.....ACRIDIDAE (Figura 14).



Figura 14: Individuos encontrados de la familia Acrididae en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).

Clave para las familias y tribus suramericanas del suborden Adephaga (Martínez, 2005).

- 1 Coxa posterior extendida lateralmente hasta la epipleura elitralTRACHYPACHIDAE
- 1' Coxa posterior normal, sin extender lateralmente hasta la epipleura elitralCARABIDAE (Figura 15).



Figura 15: Individuos de la familia Carabidae encontrados en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).

Clave de identificación para Heterópteros – Hemípteros (Delvare *et al.*, 2002).

- 1' Antenas desarrolladas y bien visibles en vista dorsal; insectos terrestres o que viven en la superficie del agua..... 8
- 8(1')** No hay ojos compuestos; ectoparásitos de Quirópteros (murciélagos, vampiros); tamaño 3,5-5 mm..... *Polyctenidae*
- 8' Ojos compuestos presentes..... 9
- 9' Superficie ventral del cuerpo no pubescente..... 14
- 14(9')** Antenas de 4 artejos; escutelo poco desarrollado..... 15
- 15' Cuerpo y alas no reticulados ni areolados; ocelos ausentes o presentes.....16
- 16' Caracteres diferentes..... 18
- 18(16')** Ocelos presentes..... 19
- 19' Tarsos medios y posteriores con 3 artejos..... 21
- 21(19')** Hemiélitros con cúneo; pico trisegmentado; ocelos ubicados detrás de los ojos tamaño 2-5 mm. Chinchas predatoras.....*Anthocoridae* (Figura 16).



Figura 16 : Individuos de la familia Anthocoridae encontrados en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).

Claves para identificar las principales familias de Coleópteros (Delvare *et al.*, 2002).

- 1 Coxas posteriores en forma de lámina foliácea que oculta gran parte del abdomen; insectos acuáticos..... *Haliplidae*
- 1' Coxas posteriores de otra forma; si están dilatadas, recubren todo o una parte del primer esternito abdominal..... 2
- 2' El primer esternito abdominal no está dividido por las coxas posteriores, su margen posterior no interrumpido a la mitad; trocánteres posteriores menos desarrollados y más

- alejados de la línea media; sutura notopleural ausente (invisible) del tórax; tarsos y antenas variables.....*POLYPHAGA*.....8
- 8' Caracteres diferentes; si el cuerpo es cilíndrico o la antena compacta, entonces los tarsos son mucho más cortos..... 9
- 9' Tarsos conformados de forma diferente (el 4o artejo es a veces reducido pero siempre visible)..... 18
- 18' Antenas más largas que los palpos maxilares; coleópteros generalmente terrestres, muy rara vez acuáticos..... 20
- 20' Antenas moniliformes, filiformes o con una clava generalmente simétrica; tarsos algunas veces heterómeros y cabeza también algunas veces no visible dorsalmente por estar encapuchada por el pronoto..... 25
- 25' Cinco o seis esternitos visibles no deformados después de la muerte del insecto; si son visibles a veces 7 a 8 esternitos, entonces el abdomen se halla descubierto parcialmente y los tarsos son muy cortos, nunca tan largos como las tibias..... 29
- 29' Tarsos homeómeros, de la fórmula 3-3-3, 4-4-4 o 5-5-5..... 45
- 45(29') Tarsos cripto-tetrámeros; tres artejos visibles pero de hecho cuatro están presentes, el segundo lobulado y el tercero minúsculo alojado entre los lóbulos del segundo y generalmente invisible..... 46
- 46(45) Antenas muy cortas, no alcanzan el pronoto; último artejo de los palpos maxilares securiforme (en forma de hacha); garras o uñas dentadas en su base; larvas y adultos en general predadores de Hemípteros *Sternorhyncha*; algunas especies dañinas.....*Coccinellidae* (Figura 17).



figura 17: Individuo de la familia Coccinellidae encontrado en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).

Clave para las familias sudamericanas de Curculionoidea (Morrone, 1996).

- 1. Antenas geniculadas..... 2
- 1" Antenas rectas..... 5
- 2. Funiculo antenal con 6 segmentos o menos (el 7 se halla fusionado con la clava); clava antenal lisa y brillante con apice esponjoso (Fig. 3); uñas tarsales separadas por 16 bulos extendidos entre las caras dorsal y ventral de los tarsitos.....
.....RHYNCHOPHORIDAE
- 2' Funiculo antenal con 7 segmentos (si existieran menos, es por fusión entre algunos segmentos, pero no con la clava); clava antenal con suturas y pubescente, con ápice no esponjoso; uñas tarsales no separadas por lobulos)..... 3
- 3. Edeago con *tectum* y *pedon* separados, tegmen tanto o más largo que el edeago.....4
- 3' Edeago con *tectum* y *pedon* fusionados, tegmen más corto que el edeago
.....CURCULIONIDAE (Figura 18).



Figura 18: Individuos de la familia Curculionidae encontrados en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).

Claves para estados inmaduros más comunes del orden Lepidóptera (Coto, 1998).

1' larva desnuda sin capullo o túnel de detritus y seda.....4
 4(1') pseudopatas presentes, corchetes presentes o ausentes.....5'
 5' Con menos de 6 pares de pseudopatas en sus segmentos 2-7.....6
 6 Con más de dos pares de pseudopatas en el abdomen.....10
 10' corchetes en otra forma.....11
 11' corchetes más o menos lineales, uniserial.....12
 12' sin verrugas y glándulas eversibles abdominales.....13
 13' Seudopatas con corchetes de otra forma, espinas ausentes.....14
 14' Seudopatas anales similares a las demás, sin protuberancias dorsales (excepto las con solo 3 pares de pseudopatas, a veces); labro con forma en surco de “U” o “V” invertida.....NOCTUIDAE (Figura 19).



Figura 19: Individuos de la familia Noctuidae encontrados en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).

Claves para identificar las principales familias de Coleópteros (Delvare *et al.*, 2002).

1 Coxas posteriores en forma de lámina foliácea que oculta gran parte del abdomen; insectos acuáticos..... ***Haliplidae***
 1' Coxas posteriores de otra forma; si están dilatadas, recubren todo o una parte del primer esternito abdominal..... 2
 2' El primer esternito abdominal no está dividido por las coxas posteriores, su margen posterior no interrumpido a la mitad; trocánteres posteriores menos desarrollados y más alejados de la línea media; sutura notopleural ausente (invisible) del tórax; tarsos y antenas variables..... ***POLYPHAGA***.....8

8' Caracteres diferentes; si el cuerpo es cilíndrico o la antena compacta, entonces los tarsos son mucho más cortos..... 9

9' Tarsos conformados de forma diferente (el 4o artejo es a veces reducido pero siempre visible)..... 18

18' Antenas más largas que los palpos maxilares; coleópteros generalmente terrestres, muy rara vez acuáticos..... 20

20' Antenas moniliformes, filiformes o con una clava generalmente simétrica; tarsos algunas veces heterómeros y cabeza también algunas veces no visible dorsalmente por estar encapuchada por el pronoto..... 25

25' Cinco o seis esternitos visibles no deformados después de la muerte del insecto; si son visibles a veces 7 a 8 esternitos, entonces el abdomen se halla descubierto parcialmente y los tarsos son muy cortos, nunca tan largos como las tibias.....29

29' Tarsos homeómeros, de la fórmula 3-3-3, 4-4-4 o 5-5-5..... 45

45' Tarsos con otra conformación; si aparecen trímeros, el segundo artejo no es nunca lobulado como en el caso anterior..... 47

47(45') El tórax presenta una saliente prosternal..... 48

48' Nunca estos caracteres reunidos; los dos primeros esternitos abdominales no soldados; cuerpo de forma diferente..... 49

49' Espolones apicales de las tibias mucho más cortos..... 50

50' Segundo artejo antenal inserto en el ápice del primero, en su eje..... 51

51(50') Protuberancia prosternal alojada en un tope en el surco de la protuberancia mesosternal; cuerpo oblongo terminado en ojiva; larvas radicívoras; muchas especies dañinas..... *Elateridae* (Figura 20).



Figura 20: Individuos de la familia Elateridae encontrados en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).

Clave dicotómica para identificar larvas de las familias más comunes del orden Coleóptera (Schuster, 1989)

1' patas presentes, largas.....9
 9' (1') patas con 4 o menos segmentos más la uña.....13
 13' cuerpo más recto.....20
 20' cabeza prognata, cuerpo sin cera blanca.....23'
 23' forma del cuerpo subcilíndrica.....26
 26 (23') urogomfos presentes y móviles en el noveno segmento abdominal, espiráculos anulares, uniformes o biforos.....27
 27 espiráculos uniformes.....Staphylinidae (Figura 21).



Figura 21: Individuos de la familia Staphylinidae encontrados en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).

Claves para identificar las principales familias de Coleópteros (Delvare *et al.*, 2002).

1 Coxas posteriores en forma de lámina foliácea que oculta gran parte del abdomen; insectos acuáticos..... ***Haliplidae***
 1' Coxas posteriores de otra forma; si están dilatadas, recubren todo o una parte del primer esternito abdominal..... 2
 2' El primer esternito abdominal no está dividido por las coxas posteriores, su margen posterior no interrumpido a la mitad; trocánteres posteriores menos desarrollados y más alejados de la línea media; sutura notopleural ausente (invisible) del tórax; tarsos y antenas variables..... ***POLYPHAGA***.....8

8' Caracteres diferentes; si el cuerpo es cilíndrico o la antena compacta, entonces los tarsos son mucho más cortos..... 9

9' Tarsos conformados de forma diferente (el 4o artejo es a veces reducido pero siempre visible)..... 18

18' Antenas más largas que los palpos maxilares; coleópteros generalmente terrestres, muy rara vez acuáticos..... 20

20(18') Antenas con una clava disimétrica formada por laminillas fijas o móviles; tarsos pentámeros; cabeza no encapuchada por el pronoto, visible dorsalmente.....21

21' Clava antenal formada por laminillas móviles..... 23

23' Antenas, cuando mucho, compuestas de 10 artejos..... 24

24' Segundo artejo antenal insertado en el ápice del primero y siempre en su eje; abdomen con 6 esternitos visibles; élitros no verrugosos, lisos o estriados longitudinalmente; régimen alimenticio variable (fitófagos, coprófagos o detritófagos).....*Scarabaeidae* (Figura. 22).



Figura 22: Individuos de la familia Scarabaeidae encontrados en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).

Claves para identificar familias de Diplura (Delvare *et al.*, 2002).

- 1. Piezas bucales no visibles exteriormente por hallarse en una cavidad oral formada por repliegues laterales de la cabeza; especies ápteras y generalmente despigmentadas. Viven en el suelo o en la hojarasca del mismo..... 2
- 1' Piezas bucales bien visibles. Especies generalmente aladas y pigmentadas..... 4
- 2(1) No hay antenas ni cercos; insectos endógeos que viven en lugares húmedo. ***Protura***
- 2' Antenas presentes..... 3
- 3(2') Antenas filiformes compuestas de numerosos artejos; cercos presentes; abdomen desprovisto de órgano bifurcado. Viven bajo piedras o en el musgo ***Campodeidae (Diplura)*** (Figura. 23).



Figura 23: Individuo de la familia Campodeidae encontrados en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).

Claves para identificar principales familias de insectos (Delvare *et al.*, 2002).

- 1. Piezas bucales no visibles exteriormente por hallarse en una cavidad oral formada por repliegues laterales de la cabeza; especies ápteras y generalmente despigmentadas. Viven en el suelo o en la hojarasca del mismo..... 2
- 1' Piezas bucales bien visibles. Especies generalmente aladas y pigmentadas..... 4
- 2(1) No hay antenas ni cercos; insectos endógeos que viven en lugares húmedos. ***Protura***
- 2' Antenas presentes..... 3
- 3(2') Antenas filiformes compuestas de numerosos artejos; cercos presentes; abdomen desprovisto de órgano bifurcado. Viven bajo piedras o en el musgo ***Japygidae (Diplura)*** (Figura 24).



Figura 24: Individuos de la familia Japygidae encontrados en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).

Claves para identificar los géneros de Thysanoptera (Soto, 2003).

- 1. Segmento X del abdomen cónico, alas anteriores con venas longitudinales, a veces portando setas; hembra con el ovipositor aserrado.....TEREBRANTIA.....2
- 1' Segmento X del abdomen tubular, alas anteriores sin venas; hembra sin ovipositor externo.....TUBULIFERA..... 11
- 2. Segmentos antenales III y IV cada uno con 1 sensoria simple o bifurcadaTHRIPIDAE (Figura 25).



Figura 25: Individuos de la familia Thripidae encontrados en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).

Claves para identificar las principales familias y ordenes de insectos (Delvare *et al.*, 2002)

- 28. Alas conformadas de forma diferente, recorridas por venas transversales menos numerosas; éstas nunca bifurcadas a nivel del campo costal.....29

29(28') Tamaño mayor de 20 mm; alas posteriores de mayor tamaño en su base que las anteriores; insectos alados; tarsos de cinco artejos; insectos holometábolos; larvas acuáticas..... *Megaloptera*

29'. Tamaño menor de 6 mm; insectos ápteros o alados; en este último caso la base del ala posterior no más grande que la de la anterior; tarsos de 2 ó 3 artejos; cípeo abombado.....*Psocoptera* (Figura 26).



Figura 26: Individuos de la familia Trogidae encontrados en Illpa-Puno (noviembre 2013-abril 2014).