



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

ARTÍCULO CIENTÍFICO

**“Evaluación de la macrofauna en el suelo de las chacras familiares en
la comunidad Fakcha Llakta”**

Autor: Romero Cruz Diego Dario

Director: Biol. Jorge Renato Oquendo Andino, MSc

Asesores: Ing. Gladys Yaguana, MSc

Dr. Jesús Aranguren, Phd

Dra. Julia Prado, Phd

Lugar de investigación: La investigación se desarrolló en la comunidad de Fakcha Llakta, ubicada al Norte del Ecuador, en la provincia de Imbabura, cantón Otavalo, parroquia Miguel Egas Cabezas.

Beneficiarios: Comunidad de Fakcha Llakta, UTN, Investigadores.

Ibarra – Ecuador

2017

DATOS INFORMATIVOS



APELLIDOS: Romero Cruz

NOMBRES: Diego Dario

C. CIUDADANÍA: 100305214-7

EDAD: 23 años.

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

ESTADO CIVIL: Soltero

TELÉFONO CONVENCIONAL: 062939390

TELÉFONO CELULAR: 0989438965

CORREO ELECTRÓNICO: diegodari1@hotmail.com

DIRECCIÓN: Provincia: Imbabura
Cantón: Urcuquí
Parroquia: Urcuquí

FECHA: 25 de julio de 2017

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

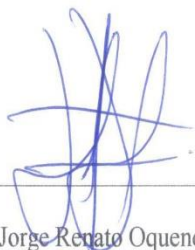
Fecha: 25 de julio de 2017

ROMERO CRUZ., DIEGO DARIO. EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA EN EL SUELO DE LAS CHACRAS FAMILIARES EN LA COMUNIDAD FAKCHA LLAKTA / TRABAJO DE GRADO. Universidad Técnica del Norte. Carrera de ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra. EC. 25 julio 2017. 120 páginas.

DIRECTOR: Oquendo Andino, Jorge Renato

El objetivo de esta investigación fue evaluar la macrofauna presente en el suelo de las chacras de la comunidad con el fin de proponer estrategias que incrementen la macrofauna asociada al suelo de las chacras. Entre los objetivos específicos se encuentran la identificación de macrofauna del suelo de las chacras familiares, la relación de los organismos edáficos con la diversidad de plantas y los parámetros del suelo y finalmente el diseño de estrategias para el aumento de la fauna edáfica en los patios productivos.

Fecha: 25 de julio de 2017



Biol. Jorge Renato Oquendo Andino, MSc

Director de Trabajo de Titulación



Romero Cruz Diego Dario

Autor

Evaluación de la macrofauna en el suelo de las chacras familiares en la comunidad Fakcha Llakta

Diego Romero*¹, Renato Oquendo¹

¹Universidad Técnica del Norte

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales

Av. 17 de julio 5-21 y José Córdova, Ibarra-Ecuador

Teléfono: 00593-6-2997800

*Autor correspondiente: e-mail: diegodari1@hotmail.com

RESUMEN

El desarrollo de la actividad turística en la comunidad de Fakcha Llakta ha causado un sinnúmero de cambios tanto ambientales, sociales y económicos. Una problemática relacionada con el ecosistema es el cambio de uso de suelo para la construcción de infraestructura que pueda sustentar esta actividad productiva. Por las causas antes citadas se ha disminuido la diversidad de organismos vivos como plantas y animales. En las chacras familiares de la comunidad el suelo ha sido afectado con la pérdida de nutrientes y la reducción de fauna edáfica. El objetivo de esta investigación fue evaluar la macrofauna presente en el suelo de las chacras de la comunidad con el fin de proponer estrategias que incrementen la macrofauna asociada al suelo de las chacras. Para identificar la fauna edáfica y su diversidad se utilizó el método propuesto por el Instituto de Fertilidad y Biología de Suelos Tropicales, que consistió en la aplicación de trampas pitfall, monolitos de suelo y trampas Winkler. Para conocer la relación que existe entre estos organismos, la diversidad vegetal y el suelo, se comparó con muestras de estos componentes tomados cerca del área de trampeo. En las seis chacras muestreadas se registró a la clase insecta como dominante, de la cual se identificaron siete órdenes y 18 familias. Con respecto a la temporalidad, la época de lluvia presentó mayor número de individuos (2.318) en comparación con la época seca (1.815). Los parámetros de suelo y la diversidad vegetal son importantes en la presencia y ausencia de fauna edáfica. Con la información generada, se diseñaron estrategias para manejar y conservar la macrofauna de las chacras con el fin de realizar un manejo sustentable de estos bioindicadores de la calidad de los suelos.

Palabras clave: macrofauna, chacras, órdenes, compostero, diversidad.

ABSTRACT

The development of tourism in the community of Fakcha Llakta has caused countless environmental, social and economic changes. One problem related to the ecosystem is the change of land use for the construction of infrastructure that can sustain this productive activity. For the causes mentioned above, the diversity of living organisms such as plants and animals has been diminished. In the family farms of the community, the soil has been affected by the loss of nutrients and the reduction of edaphic fauna. The objective of this research was to evaluate the macro fauna present in the soil of the community farms in order to propose strategies that increase the macro fauna associated to the soil of the farms. To identify the edaphic fauna and its diversity the method proposed by the Fertility and Biology Institute of tropical Soils was used, which consisted in the application of pitfall traps, soil

monoliths and Winkler traps. To know the relationship between these organisms, plant diversity and soil, were compared with samples of these components taken near the trapping area. In the six sampled farms the insect kind was register as dominant, of which seven orders and 18 families were identified. Regarding temporality the rainy season showed a great number of individuals (2.318) compared to the dry season (1.815). Soil parameters and the plant diversity are important in the presence and absence of edaphic fauna. With the information generated, strategies were designed to manage and conserve the macro fauna of the farms in order to carry out a sustainable management of these bio indicators of the quality of the soils.

Key Words: macro-fauna, community farms, orders, composter, diversity.

INTRUDUCCION

Los sistemas agrícolas tienen gran influencia sobre los organismos del suelo, incluyendo sus actividades y su biodiversidad. El aclareo de terrenos forestales o pastizales para el cultivo afecta al entorno del suelo y reduce drásticamente la cantidad y número de especies de organismos del mismo. Las malas prácticas agrícolas es uno de los principales problemas de la pérdida de biodiversidad edáfica, debido que los organismos de suelo ya sean estos macro o micro, van desapareciendo por la degradación continúa del suelo debido a factores mayormente antrópicos (FAO, 2015).

La macrofauna y microfauna en el suelo son un factor importante debido que generan beneficios para sostenibilidad de los agroecosistemas, entre ellos, el incremento de la dinámica de la materia orgánica y cambios de algunas de las propiedades físicas del suelo (Lavelle, 2006). La contaminación de suelos por el uso excesivo de fertilizantes afecta la macrofauna provocando la pérdida de su biodiversidad. Los agroquímicos son utilizados en los cultivos agrícolas en cantidades mayores a las que estos pueden absorber,

esto se realiza con el fin de obtener un mejor rendimiento de los mismos. En consecuencia, las actividades, riqueza y diversidad de estos organismos también pueden ser afectadas por variaciones en la cobertura vegetal, calidad del material vegetal y las variaciones estacionales (Velásquez, 2004).

Por lo tanto, la identificación de la macrofauna como bioindicadores de la calidad o estado del suelo en la actualidad es de gran importancia, ya que este recurso es primordial para la producción agrícola y para la alimentación de todos los seres vivos, incluido el ser humano (Cabrera, 2012).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la macrofauna presente en el suelo de las chacras familiares en la comunidad Fakcha Llakta con el fin de proponer estrategias para incrementar la fauna edáfica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la macrofauna edáfica de las chacras familiares de la comunidad de Fakcha Llakta.
- Relacionar la macrofauna edáfica asociada a las chacras familiares con las diferentes características del suelo y la diversidad de plantas.

- Diseñar estrategias para incrementar la fauna edáfica en las chacras familiares de la comunidad de Fakcha Llakta.

MATERIALES Y MÉTODOS

La comunidad de Fakcha Llakta se ubica al Norte del Ecuador, en la provincia de Imbabura, específicamente al noreste del cantón Otavalo, parroquia Miguel Egas Cabezas, a 2.554 msnm. Según Trujillo y Lomas (2014), la zona de vida que se puede encontrar en el sitio es el Bosque húmedo montano (bhm) el cual posee un clima privilegiado siendo parte de la región neotropical, a continuación, en la Tabla 1 se especifica los diferentes factores climáticos.

Tabla 1. Factores y elementos climáticos de la comunidad de Fakcha Llakta.

Factores y elementos climáticos	Unidad de medida
Temperatura media a la sombra	14° C.
Temperatura máxima absoluta	18° C
Temperatura mínima absoluta	6° C
Humedad relativa del aire	74,5
Precipitación	1000 mm
Días de lluvia anual	143 d.
Presión atmosférica	496,4mm
Temperatura mínima más baja del césped	5° C.
Oscilación de la media	0,3° C.
Oscilación de las máximas absolutas	12° C.
Oscilación de las mínimas absolutas	8° C.
Horas de sol máximo	2637 horas
Topografía	Irregular

Fuente: Trujillo y Lomas (2014)

Fase I: Identificación de la macrofauna edáfica en las chacras familiares de la comunidad de Fakcha Llakta.

La colecta de la macrofauna se realizó en época seca y lluviosa, en donde se tomarán puntos GPS de las seis chacras que se van a trabajar. Posteriormente se elaborará un mapa en ArcGIS con una imagen aérea, donde se ubicará cada uno de los sitios de muestreo como se observa en la Figura 1, se procederá a escoger los sitios donde irán colocadas las trampas. Se colocarán nueve trampas en cada una de las chacras. Esto permitirá conocer la abundancia de fauna edáfica en los sitios de

muestreo, mientras que para calcular la diversidad se utilizará el índice de Shannon – Wiener (Shannon & Weaver, 1949) el cual consiste en la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum P_i * \ln P_i$$

Donde:

H' = Índice de Shannon – Wiener.

P_i = Abundancia relativa.

Ln = Logaritmo natural

Está simbolizado por H' y el resultado necesariamente será positivo, ya que en algunos ecosistemas su valor oscila entre 0,5 y 5, no obstante cuando está entre 2 y 3 indica que el área posee una biodiversidad normal; mientras que los valores menores a 2 son suponen una baja diversidad y mayores a 3 son estimados como altos (Somarriba, 1999).

Para realizar la identificación de macrofauna en las chacras, se hizo una revisión bibliográfica de los distintos métodos que se puede aplicar y cuál sería el óptimo para el sitio de estudio. Posteriormente se empleará un método de muestreo estándar planteado por el Instituto de Fertilidad y Biología de Suelos Tropicales (TSBF) que consiste en la aplicación de trampas pitfall y monolitos de suelo de 25x25x30 (Anderson e Ingram, 1993) y trampas winkler (Bestelmeyer et al., 2000).



Figura 1. Mapa de ubicación de las chacras.

Elaboración: Autor

Fase II: Relación de la macrofauna asociada a las chacras familiares con las diferentes

características del suelo y la diversidad de plantas.

Para desarrollar esta fase se debe conocer las características del suelo y la diversidad vegetal de las chacras, por lo tanto las muestras de suelo se tomaron cerca de los sitios de trampeo para conseguir datos más fiables y se realizó un levantamiento e identificación de las plantas adyacentes a las trampas pitfall. Para esto se necesitó enviar las muestras a un laboratorio certificado del INIAP, una vez conocidos los resultados, se procedió a relacionar la fauna edáfica que se encontró en cada chacra.

Fase III: Diseño de estrategias para incrementar la fauna edáfica en las chacras familiares de la comunidad de Fakcha Llakta.

Con base en el análisis de los datos obtenidos y la revisión de literatura sobre manejo adecuado del suelo, para que sea sostenible en el tiempo y que estas propuestas ayuden a la conservación de este recurso y al incremento de la macrofauna, la cual también es importante debido que indica que tan saludable es el suelo. Se proporcionó las indicaciones necesarias a los propietarios de las chacras, sobre las técnicas que ayuden a mejorar el rendimiento del suelo con un manejo adecuado, buscando siempre la conservación de este recurso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de la macrofauna edáfica

En las seis chacras familiares de la comunidad de Fakcha Llakta se registraron cinco clases de invertebrados: Oligochaeta, Crustacea, Myriapoda, Arachnida e Insecta (Figura 2). De esta última se identificaron ocho órdenes, se

registró aproximadamente 4.000 individuos en la época seca y lluviosa.

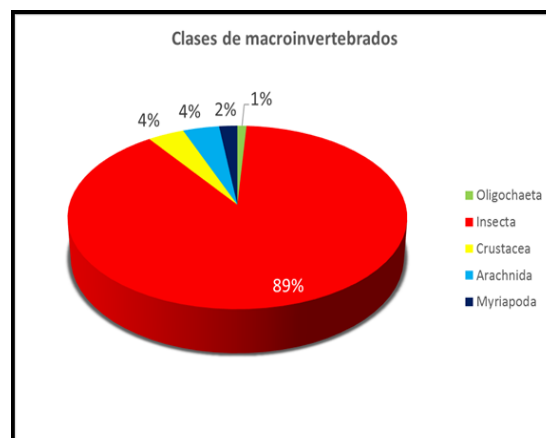


Figura 2. Clases de macroinvertebrados encontrados en la comunidad de Fakcha Llakta.

Elaborado: Autor.

Los órdenes Coleoptera, y Collembola tienen una abundancia significativa en las dos estaciones climáticas muestreadas.

La mayor diversidad se encontró en el orden Coleoptera con 57%, seguido de Collembola con 8% y finalmente Isopoda, Diptera y Araneae con un 4%. Los Coleópteros presentaron 9 familias como: Carabidae, Curculionidae, Histeridae y Tenebrionidae que son las más abundantes. Los órdenes Hemiptera, Himenoptera, Isopoda, Diptera y Araneae tienen un número reducido de individuos, haciéndolo poco representativo. Donde Hemiptera con la familia Pyrrhocoridae la más abundante con 101 individuos en las chacras familiares (Figura 3). La abundancia de organismos edáficos en época seca fue 1.815 individuos en comparación con los colectados en época lluviosa que fueron 2.318, estos valores discrepan debido que en época de mayor precipitación el suelo tiene mayor humedad mejorando así el hábitat de la macrofauna que habita en él (Quiroz, 2015).

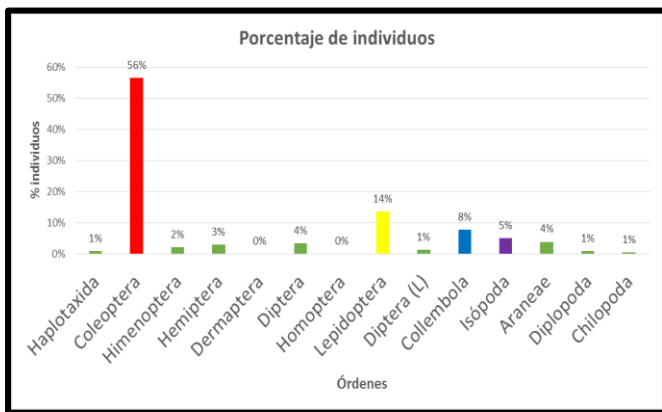


Figura 3. Órdenes y número de individuos en las chacras familiares de Fakcha Llakta.

Elaboración: Autor.

En el conteo de lombrices de tierra en las dos épocas climáticas registró una mayor abundancia en época seca en las chacras familiares de Perugachi con 18 individuos, seguido de Terán con 4 individuos, mientras que Yamberla presentó cuatro individuos en época de lluvia, lo cual se debe al desarrollo agrícola, ratificando estos organismos como indicadores biológicos debido a alteraciones antrópicas (Figura 4).

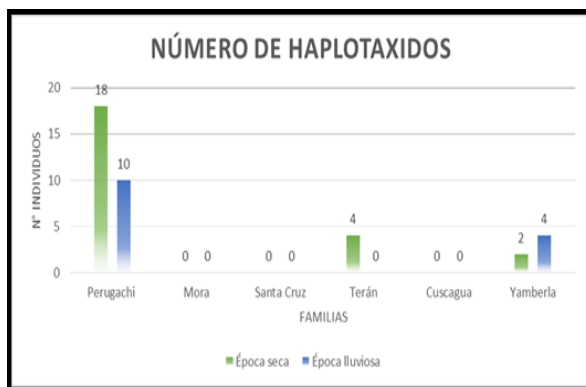


Figura 4. Número de Anelidos en las chacras de Fakcha Llakta.

Elaboración: Autor.

Según Birkas (2010) al contrastar las diferentes maneras de labrar el suelo de forma tradicional, la abundancia de Haplotalaxida se redujo drásticamente y cuando se aplicó la siembra directa estos individuos aumentaron, indicando que la intensidad de las actividades

agrícolas tradicionales causa un impacto en la biomasa de los organismos edáficos. La labranza profunda es una práctica agrícola que afecta el hábitat del orden Haplotalaxida dañando sus excavaciones las cuales brindan oxigenación del suelo, también disminuye el porcentaje de humedad al quitar la cobertura vegetal la evaporación aumenta generando así una reducción de individuos debido a estas prácticas antrópicas (Edwards, 2000). Las chacras familiares que presentan mayor porcentaje de humedad son Yamberla con 23,60%, Perugachi con 20,05% y finalmente Cushcahua con 13,25% (Tabla 3), esto se debe a la cobertura vegetal que existe en estos patios productivos, la cual mantiene la humedad y evita su evaporación.

Relación de la macrofauna con los índices de diversidad y los parámetros de suelo

El índice de Shannon & Wiener es frecuentemente utilizado para realizar cálculos de diversidad en ecología; de esta manera se lo empleó para conocer cómo se distribuye la macrofauna y la diversidad de plantas dentro de un área determinada (Martella et al 2012). Este índice está relacionado con el número de individuos que se colectaron en las estaciones climáticas muestreadas y la diversidad vegetal tomando en cuenta los valores de humedad y materia orgánica de cada patio productivo como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros para establecer relaciones con los resultados obtenidos.

Familia	Nº de individuos	Índice de diversidad macrofauna	Índice de diversidad plantas	% Humedad	% M. O.
Terán	690	2,17	2,57	6,55	3,80
Santa Cruz	880	2,15	2,73	9,35	2,60
Mora	609	2,02	2,06	6,25	3,60
Perugachi	426	2,56	3,95	20,05	5,70
Cushcahua	762	1,88	1,17	13,25	5,50
Yamberla	766	2,32	0,77	23,60	8,10

Elaboración: Autor: Calderón y Vélez, 2017

Se determinó parámetros importantes como el porcentaje materia orgánica y la humedad de cada chacra estudiada mostrando una relación con la macrofauna recolectada en las chacras familiares (Tabla 3).

Tabla 4. Resultados del análisis de suelo.

Familia	Terán	Santa	Mora	Perugachi	Cushcahua	Yamberla
Parámetros						
Ca (meq/100ml)	11,10 A	6,40 M	11,00 A	13,20 A	10,60 A	13,10 A
K (meq/100ml)	1,20 A	0,34 M	0,68 A	0,67 A	0,33 M	0,97 A
Mg (meq/100ml)	2,70 A	2,30 A	2,80 A	5,40 A	4,00 A	5,40 A
MO (%)	3,80 M	2,60 B	3,60 M	5,70 A	5,50 A	8,10 A
P (ppm)	130,00 A	13,00 M	37,00 A	42,00 A	13,00 M	282,00 A

Elaboración: INIAP, 2017

Interpretación	
A=	Alto
M=	Medio
B=	Bajo

Según Cerón (2008) y Rendón (2011) las principales familias de coleópteros encontrados en suelos con alta carga orgánica son: Elateridae, Curculionidae, Staphylinidae y Tenebrionidae, resultados similares se registraron en las chacras de las familias Perugachi, Cushcahua y Yamberla donde el orden Coleoptera es el dominante.

Sin embargo, la chacra de Perugachi es la que registra el menor número de individuos. Mientras que la chacra de Santa Cruz es la que posee mayor abundancia, pero la cantidad de potasio es media.

Los suelos ricos en materia orgánica y altos valores de fósforo (Zerbino, 2005) están

relacionados o es más probable encontrar individuos de los órdenes Coleoptera,

Haplotaxida y Araneae, esto coincide con los resultados de los análisis de suelo donde las chacras de Yamberla y Perugachi tienen valores elevados de estos parámetros y los órdenes mencionados son representativos principalmente Coleoptera. Por otro lado en suelos con valores altos de magnesio y potasio se encontró familias como Scarabaeidae, Curculionidae y Staphylinidae las mismas que se pudo identificar en las chacras familiares de Terán, Mora, Perugachi y Yamberla.

Los análisis químicos de suelo presentan parámetros con valores altos de Magnesio (Mg), Potasio (K), Materia Orgánica (MO), registrando familias de coleópteros como Scarabaeidae, Carabidae, Curculionidae y Staphylinidae, siendo estos detritívoros, herbívoros y depredadores (Zerbino, 2008). Esto coincide con los resultados obtenidos de la relación macrofauna-hábitat en las unidades de producción agrícola de la comunidad de Fakcha Llakta ya que en los resultados del INIAP se observa que las chacras de Perugachi y Yamberla tienen valores altos de

estos nutrientes y se pudo identificar la macrofauna mencionada.

Según Huerta (2008), la concentración de materia orgánica determina o está relacionada con la abundancia de organismos de suelo, como indica en su estudio donde el tratamiento con mayor contenido de materia orgánica presenta una mayor abundancia y diversidad de fauna edáfica. Esto no coincide con el patio productivo de Santa Cruz que contiene el menor porcentaje de materia orgánica según los análisis de suelo realizados, pero posee mayor número de individuos con respecto a las otras chacras. Mientras que la chacra de Perugachi tiene un alto contenido MO, sin embargo tiene menor abundancia pero mayor diversidad en comparación a las demás unidades de producción agrícola.

Un estudio realizado por Zerbino (2010), señala que los órdenes Haplotaxida, Coleoptera y Dyctioptera están relacionados a cultivos rotativos, donde el contenido de material orgánico, el estado de nutrición del suelo y otras propiedades físicas y químicas del sustrato determinan la abundancia y disposición de las poblaciones de macrofauna edáfica (Curry, 1988; Lavelle, 1988 y Lavelle, 1995). En las chacras familiares se pudo observar la variación de la abundancia de poblaciones en época seca y lluviosa, dependiendo de las actividades agrícolas que se realizan en ellas, donde el orden Coleoptera es el más abundante.

Diseño de estrategias para aumentar la macrofauna en las chacras familiares

Las estrategias de capacitación para la comunidad Fakcha Llakta, que se diseñaron tienen como propósito aumentar la diversidad y la abundancia de macrofauna en las chacras

familiares. A continuación se presenta un cuadernillo didáctico donde se muestran las estrategias una sobre el tema de conservación de la fauna edáfica en los suelos de las unidades productivas, otra referente al compostaje como técnica agroecológica para aumentar la fertilidad del suelo y finalmente la incorporación de coberturas vegetales en el suelo, cada una con diferentes actividades las cuales involucran a participación activa de la comunidad.

CONCLUSIONES

-La clase dominante de la macrofauna del suelo de las chacras familiares de la comunidad de Fakcha Llakta fue la clase insecta, donde el orden más abundante fue Coleoptera, seguido de Lepidoptera y finalmente Collembola. Estos órdenes varían en cada patio productivo debido a los valores de los parámetros de suelo y diversidad de plantas.

-La temporalidad influye en la diversidad de organismos de suelo, siendo la época lluviosa la que presentó una mayor abundancia y diversidad de macrofauna. Este aumento de fauna edáfica se presenta en las chacras familiares de Terán, Perugachi, Cushcahua y Yamberla. Mientras que en las chacras de Mora y Santa Cruz se registra mayor número de individuos en época seca y en época lluviosa sus poblaciones disminuyeron.

•La calidad del suelo fue un factor determinante para la presencia de fauna edáfica, siendo el orden Coleoptera el más abundante en la chacra de Santa Cruz la cual tiene valores medios de potasio, fósforo y calcio, mientras que el porcentaje de materia orgánica es bajo. Este orden es el más diverso en las chacras familiares siendo las familias

Carabidae, Tenebrionidae, Curculionidae e Histeridae las más abundantes, esto se debe a que los Coleópteros poseen distintos hábitos alimentarios.

•Las chacras familiares de Yamberla y Perugachi muestran mayor número de Anelidos (lombrices de tierra) en las dos épocas muestreadas, esto está relacionado con los altos valores de humedad que poseen estas chacras debido al riego que se realiza en ellas.

RECOMENDACIONES

•Investigar a fondo las características de la macrofauna de las chacras familiares, de esta manera conocer organismos que sean sensibles a actividades antrópicas que produzcan alteraciones en el suelo y considerarlos como indicadores biológicos o posibles plagas.

•Es necesario realizar un estudio más profundo sobre la macrofauna de las chacras familiares de la comunidad de Fakcha Llakta intentando alcanzar niveles taxonómicos más finos como familia, género y especie, con el fin de establecer correlaciones más precisas con diferentes parámetros del suelo y con la diversidad vegetal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J. e Ingram, J. (1993). *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods* (2nd edition). Wallingford: CAB International.
- Bestelmeyer, B., Agosti, D., Leeanne, E., Alonso, T., Brandão, F., Brown, W., Delabie, C., Bhattacharya, T., Halder, G. y Saha, R. (2000). Soil microarthropods of a rubber plantation and a natural forest. *Environmental & Ecology*, 3, 143–147.
- Birkas, M., Bottlik, L., Stingli, A., Gyuricza, C. & Jolánkai, M. (2010). Effect of Soil Physical State on the Earthworms in Hungary. *Applied and Environmental Soil Science*, 1-7.
- Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 35(4), 349-364.
- Cerón, P., Montenegro, S. & Noguera, E. (2008). Macrofauna en suelos de Bosque y Pajonal de la reserva natural Pueblo Viejo, Nariño, Colombia. *Revista de la Academia Colombia de Ciencias*, 32(125), 447-453.
- Curry, J. P. 1988. Factors affecting earthworm abundance in soils. Pp. 37-64. In: C. A. Edwards (Ed.). *Earthworm ecology*. St Lucie Press, Boca Raton.
- Edwards, A. (2000). Earthworms. Chapter 8. In: Soil Biology Primer. *Soil and Water Conservation Society*. Rev. Edition. Ankeny: Iowa.
- Huerta, E., Rodríguez-Olán, J., Evia-Castillo, I., Montejo-Meneses, E., Cruz-Mondragón, M. & García-Hernández, R. (2008). Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. *Terra Latinoamericana*, 26(2), 171-181.
- Lavelle, P. (1988). Earthworm activities and the soil system. *Biology and Fertility Soil*, 6, 237-251.
- Lavelle, P., Chauvel, A. & Fragoso, C. (1995). Faunal activity in acid soils. Pp. 201-211. In: R. A. Date (Ed.). *Plant-soil*

- interactions at low pH*. Kluwer, Netherlands.
- Lavelle, P., Decaëns, T. & Aubert, M. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42, S3-S15.
- Martella, M., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, P., Bazzano, G. & Gleiser, R. (2012). Manual de Ecología.: Evaluación de la biodiversidad. *REDUCA (Biología)*, 5(1), 71-115.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). Suelos y biodiversidad: Año internacional de los suelos. Roma: Autor.
- Quiroz, R. (2015). *Evaluación de la macrofauna como indicador biológico del suelo en tres sistemas de manejo y asocio en el cultivo de café Coffea arabica en la comunidad de Yasica Sur, municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, en las dos épocas del año verano e invierno*. (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Nicaragua.
- Rendón, S., Artunduaga, F., Ramírez, R., Alveiro, J. y Leiva, I. (2011). Los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Suelo en Cultivos de Mora, Pasto y Aguacate. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64 (1), 5791-5802.
- Shannon, C. & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois: Urbana.
- Somarriba, E. (1999). Diversidad Shannon. *Agroforestería en las Américas*, 6(23), 72-74.
- Trujillo, C. Y Lomas, R. (2014). Gestión sostenible en turismo comunitario: programas de manejo, interpretación ambiental y senderismo. Caso práctico Cascada de Peguche (1era. Ed.). Tulcán-Ecuador: DIMEV.
- Velásquez, E. (2004). *Bioindicadores de calidad de suelo basado en las poblaciones de macrofauna y su relación con características funcionales del suelo*. (Tesis inédita de PhD). Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Colombia.
- Zerbino, M. (2005). *Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción* (Tesis inédita de maestría). Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- Zerbino, M. (2010). Evaluación de la macrofauna del suelo en rotaciones cultivos-pasturas con laboreo convencional. *Acta zoológica Mexicana*, 2, 189-202.
- 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*, 12(1), 44-55.