
Macrofauna y propiedades fisicoquímicas del suelo de cultivos de *coffea arábica* L., Moyobamba (Perú)

Macrofauna and physicochemical properties of soil of crops of *Coffea arábica* L., Moyobamba (Peru)

Macrofauna e propiedades físico-químicas do solo de culturas de *Coffea arábica* L., Moyobamba (Peru)

Maritza Arcelis Zavaleta Díaz¹, Jeanette Baldramina González Castro²

Resumen

Uno de los recursos naturales más importantes es el suelo, en donde existe una gran variedad de comunidades que colectivamente contribuyen con un amplio rango de servicios ecosistémicos esenciales, allí se ponen a disposición de las plantas los nutrientes necesarios para su desarrollo. La macrofauna modifica las propiedades físicas del suelo y promueve la actividad de los microorganismos para la descomposición química. El objetivo de la presente investigación fue estudiar las propiedades físicas y químicas del suelo en cultivo de café, con el propósito de determinar si la abundancia y la presencia de diferentes órdenes taxonómicos de la macrofauna pueden indicar el grado de fertilidad del suelo, para lo cual se seleccionaron 33 fincas de cultivo de café orgánico y 2 de bosques secundarios, en los cuales se midieron de manera convencional, 18 variables fisicoquímicas y para la macrofauna se muestreó de acuerdo con el método internacional TSBF modificado (25X25X20 cm). Utilizándose el método de Análisis Factorial por Componentes Principales y con bibliografía de referencia, se determinó 5 tipologías de suelo, nombrándolas a partir de la variable más determinante (%MO, Dap, CaMagK, NP y Mg/K). La fauna se clasificó en 20 grupos, donde los formícidos fueron los más abundantes, seguido de los isopheras y oligochaetas.

Palabras clave: Macrofauna; diversidad; materia orgánica; café.

Abstract

One of the most important natural resources is the soil, where there is a great variety of communities that collectively contribute with a wide range of essential ecosystem services, where the nutrients necessary for their development are made available to the plants. The macrofauna modifies the physical properties of the soil and promotes the activity of microorganisms for chemical decomposition. The objective of the present investigation was to study the physical and chemical properties of the soil in coffee cultivation, with the purpose of determining if the abundance and the presence of different taxonomic orders of the macrofauna can indicate the degree of soil fertility, for which 33 farms were selected from organic coffee and 2 from secondary forests, in which 18 physicochemical variables were measured in a conventional manner and for the macrofauna was sampled according to the modified international TSBF method (25X25X20 cm). Using the method of Factorial Analysis by Main Components and with reference bibliography, 5 soil types were determined, naming them from the most determining variable (% MO, Dap, CaMagK, NP and Mg / K). The fauna was classified into 20 groups, where the formicids were the most abundant, followed by isopheras and oligochaetas.

Keywords: Macrofauna; diversity; organic material; coffee.

Resumo

Um dos recursos naturais mais importantes é o solo, onde existe uma grande variedade de comunidades que contribuem coletivamente com uma ampla gama de serviços ecossistêmicos essenciais, onde os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento são disponibilizados para as plantas. A macrofauna modifica as propriedades físicas do solo e promove a atividade de microrganismos para decomposição química. O objetivo desta pesquisa foi estudar as propriedades físicas e químicas do solo no cultivo de

¹ Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad César Vallejo. Moyobamba - Perú.
arcelis65@hotmail.com

² Universidad Nacional de Trujillo. Escuela de Posgrado

Recibido el 25 de abril del 2018
Aceptado el 16 de junio del 2018

café, a fim de determinar se a abundância ea presença de diferentes ordens taxonômicas de macrofauna pode indicar o grau de fertilidade do solo, para as quais 33 terras de café orgânico florestas secundárias e 2, em que foram medidas de um modo convencional, 18 variáveis físico-químicas e macrofauna amostrados de acordo com o método modificado TSBF internacional (25X25X20 cm) foram seleccionadas. Utilizando o método de Análise Fatorial por Componentes Principais e com bibliografía de referência, foram determinados 5 tipos de solo, nomeando-os a partir da variável mais determinante (% MO, Dap, CaMagK, NP e Mg / K). A fauna foi classificada em 20 grupos, sendo os formicidas os mais abundantes, seguidos pelos isoferâmicos e oligocetas.

Palavras-chave: Macrofauna; diversidade; matéria orgânica; café

Introducción

El Perú, muestra una agricultura heterogénea por la diversidad climática y geográfica, coexiste una agricultura moderna altamente tecnificada, orientada al mercado internacional con una agricultura familiar, dedicada a los mercados locales o al autoconsumo. En función de estas características, el cultivo de café y el cacao se ubican en el segundo grupo, por su amplio mercado nacional y por su penetración en el mercado internacional (MINAGRI, 2010), Peru Opportunyte Fundan, 2014).

Los suelos tropicales de la selva han sufrido impactos negativos por el manejo que involucra directamente el uso intensivo de insumos químicos en el cultivo de café y el uso inapropiado de ciertas tecnologías que afectan los recursos propios de los sistemas agrícolas; Gulhl (2004), manifiesta que la transformación de paisajes en las regiones tropicales y la intensificación de los monocultivos han sido una de las principales causas de pérdida de biodiversidad, heterogeneidad de ecosistemas y cambios en la estructura vegetal, entre otros. En ese sentido, la presente investigación pretendió responder a la interrogante ¿Cuál es la relación entre la macrofauna y las propiedades físicas y químicas del suelo en cultivos de café? y se planteó determinar los índices biológicos de los grupos de macrofauna y la tipología de la calidad del suelo en base a las características fisicoquímicas de referencia para cultivo de café de la localidad.

En relación al tema investigado, Rendón (2010), determinó las poblaciones de macroinvertebrados presentes en el suelo bajo cultivos de mora, pasto y aguacate, concluyendo que la población de macroinvertebrados del suelo cambió con las distintas historias de manejo, la profundidad del suelo, las condiciones climáticas en particular, como la precipitación; así mismo, Pardo (2005), determinó que en abundancia, la supremacía es hormigas, miriápodos y anélidos, la diferencia significativa la marcaron los miriápodos asociados con bosque y cafetal con sombrío. En relación a la macrofauna y la fertilidad del suelo, Huerta (2008), determinó la abundancia y la presencia de diferentes órdenes taxonómicos de macroinvertebrados pueden indicar el grado de fertilidad de un sistema y determinó que, el menor número de grupos taxonómicos se encuentra en los sitios con las menores condiciones de fertilidad. (Saenz, 2011), estudió las propiedades físicas y químicas del suelo para determinar una tipología de referencia y analizar sus correlaciones con la macrofauna, en los sistemas agroforestales con cacao y bosques secundarios y determinó que, los grupos funcionales se distribuyeron en dos comunidades, una relacionada a las concentraciones de bases y relación N:P y la otra asociada a un gradiente de densidad aparente, porosidad y humedad, concluyendo que estos indicadores pueden ser importantes en la regulación de la fauna. En la selva peruana, Pashanasi (2001) estudió 22 sistemas de uso del suelo en las zonas de Yurimaguas y Pucallpa y un bosque primario, determinó que en un bosque primario, no intervenido e intervenido, tiene una diversidad muy rica en macro invertebrados, su densidad (382 a 853 individuos/m²).

Material y Métodos

El objeto de la presente investigación lo constituyó la macrofauna y las propiedades fisicoquímicas de las parcelas de cultivo de café del distrito de Jepelacio de la provincia de Moyobamba, región San Martín; la variable independiente, la macrofauna del suelo y la variable dependiente, las propiedades fisicoquímicas del suelo de cultivo de café.

La población estuvo constituida por la diversidad de macrofauna y las propiedades físicas y químicas de todas las parcelas de cultivos de café del distrito de Jepelacio. La muestra estuvo conformada por la diversidad de macrofauna y las propiedades físicas y químicas del suelo de 33 fincas seleccionadas de las 134 fincas de café de los propietarios asociados en la Cooperativa Agraria Cafetalera Fe y Esperanza del Valle del Alto Mayo, y 2 bosque secundarios (áreas de conservación aledaño a las fincas seleccionadas). Para la recolección de datos de la macrofauna edáfica, se utilizó la metodología recomendada por el Programa Internacional Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). (Anderson e Ingran, 1993) modificado, que utiliza un cuadrado metálico de 25X25X20 cm (monolitos, tomándose las muestras de 0 a 20 cm, colocándose en bolsas plásticas y revisadas en bandejas), siguiéndose las orientaciones de la Guía para el Muestreo de Suelos-MINAM-2014. El análisis fisicoquímico de suelo se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelo- Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM) Estación Experimental de Nueva Cajamarca San Martín, utilizando los métodos convencionales.

La macrofauna visible a simple vista se separó y depositó en frascos con alcohol al 70% y para anélidos formol al 5%. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo-Sede Moyobamba, para la identificación de la macrofauna hasta grupos taxonómicos conocidos: clase, orden o familias de acuerdo a la clasificación de Lavelle (2003) (citado por Sáenz, 2011). El procesamiento de datos se hizo con el software gratuito DEMO- SPSS Statistics v23 x64, con disponibilidad del Modelo Análisis Factorial por Componentes Principales (AFCP), utilizado para las variables físico químicas, a fin de determinar las tipologías de suelo del cultivo de café y con los datos de la macrofauna se calcularon los índices de diversidad biológica.

Resultados

Tabla N° 1: Varianza total explicada de los autovalores de la matriz de correlaciones de las variables fisicoquímicas del suelo de cultivo de café.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	5.121	28.452	28.452	5.038	27.988	27.988
2	3.110	17.278	45.730	2.732	15.179	43.168
3	2.349	13.052	58.782	2.420	13.445	56.613
4	1.775	9.861	68.643	2.014	11.189	67.802
5	1.564	8.690	77.334	1.716	9.531	77.334

Fuente: Salida del Procesamiento de datos en el análisis factorial por componentes principal del SPSS V23.

El Análisis Factorial por Componentes Principales permitió ejecutar la prueba KMO (Kaiser, Meyer Olkin), obteniéndose un valor de 0.548, lo que indicó la muestra es

adecuada para el análisis factorial y la Prueba de esfericidad de Bartlett, con significación = 0.000, lo que indica que las correlaciones son altamente significativas y por tanto es procedente la aplicación del análisis factorial. Asimismo permitió retener 5 factores latentes, que explican el 77.334% de la variabilidad total de los 18 variables físicoquímicas, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla N° 2: Matriz de Componentes Rotada

	Componente				
	1	2	3	4	5
P	-0.492	-0.203	0.549	0.059	-0.121
NP	0.713	0.010	-0.357	0.126	0.251
CN	0.759	-0.004	-0.243	0.180	-0.106
MgK	-0.051	-0.097	-0.121	0.003	0.947
N	0.864	-0.009	0.211	-0.030	0.187
CIC	-0.015	-0.124	-0.253	-0.835	-0.075
Ca	-0.029	0.180	0.873	0.177	-0.047
Mg	-0.058	0.126	0.454	0.296	0.525
K	-0.195	0.063	-0.166	0.415	-0.604
CaMgK	-0.031	0.256	0.742	0.392	-0.007
MO	0.960	-0.021	0.044	-0.079	-0.034
pH	0.054	-0.078	0.102	0.846	-0.109
Humedad	0.912	-0.038	-0.111	-0.004	-0.121
Porosidad	0.933	-0.022	0.102	-0.096	-0.004
Densidad	0.288	0.697	0.121	0.092	-0.114
Arena	-0.194	0.945	-0.011	0.029	-0.031
Arcilla	-0.056	-0.868	-0.275	0.131	-0.061
Limo	0.412	-0.638	0.370	-0.247	0.030
Tipología de suelo Contiene:	Alto %MO	Alta DA	Alto CaMgK (bases)	Bajo %MO	±%MO
Grupo	I	II	III	IV	V
Fincas en cada Grupo	4,8,14,16, 21,23,26,28,29	2,6,7,17	1,15,22,24,25 y 27	3,10,19,20,30, 31,33 y 35B	9,11,12,13, 15,32 y 34B

Fuente: Elaborada por las autoras en base a las salidas del Procesamiento de datos en el análisis factorial por componentes principal del SPSS V23

La tabla 2 nos muestra un primer factor altamente correlacionado con NP, CN, N, MO, Humedad y Porosidad, es decir suelos con alto contenido de Materia orgánica, lo que permite identificarlo como suelos de Alto %de MO, perteneciente al Grupo I de suelos y cuyas características se presentan en las fincas 4,8,14,16, 21,23,26,28 y 29.

El segundo factor, altamente correlacionado con Densidad, Arena y Arcilla y Limo, es decir suelos con alta densidad aparente, lo que permite identificarlo como suelos de Alta DA, perteneciente al Grupo II y cuyas características se presentan en las fincas 2,6,7,17.

El tercer factor, altamente correlacionado con suma de bases CaMgK y Ca es decir suelos con alta concentración de sales lo que permite identificarlo como suelos de Alta CaMgK, perteneciente al Grupo III y cuyas características se presentan en las fincas 1,15,22,24,25 y 27

El cuarto factor, altamente correlacionado con pH, CIC y mínima correlación con MO, es decir suelos con bajo porcentaje de MO, lo que permite identificarlo como suelos de Bajo %MO perteneciente al Grupo IV y cuyas características se presentan en las fincas 3,10,19,20,30, 31,33 y 35B.

El quinto factor, altamente correlacionado con MgK, Mg y K y correlación negativa media de MO, lo que permite identificarlo como \pm %MO, perteneciente al Grupo V y cuyas características se presentan en las fincas 9,11,12,13,15,32 y 34B

Tabla N° 3. Abundancia de grupos taxonómicos de Macroinvertebrados Edáficos de Cultivo de Café, Distrito de Jepelacio-Mayobamba.

No	Grupos taxonómicos Clase**, Orden* o Familia	Fi	%	No.	Grupos taxonómicos Clase**, Orden* o Familia	fi	%
1	Araneae*	70	0.8	11	Isopoda*	48	0.5
2	Chilopoda**	50	0.5	12	Isóptera*	1371	14.8
3	Diplopoda**	39	0.4	13	Lepidoptera*	41	0.4
4	Elateridae	49	0.5	14	Neuroptera*	24	0.3
5	Coleptera L*	86	0.9	15	Oligochaeta**	524	5.7
6	Coleptera A*	53	0.6	16	Orthoptera*	37	0.4
7	Formicidae	6599	71.2	17	Thysanura*	9	0.1
8	Gastropoda**	34	0.3	18	Dermantera*	34	0.3
9	Heteroptera*	61	0.7	19	Symphyla**	49	0.5
10	Homoptera*	52	0.6	20	Inderminados	27	0.3
TOTAL						9257	100

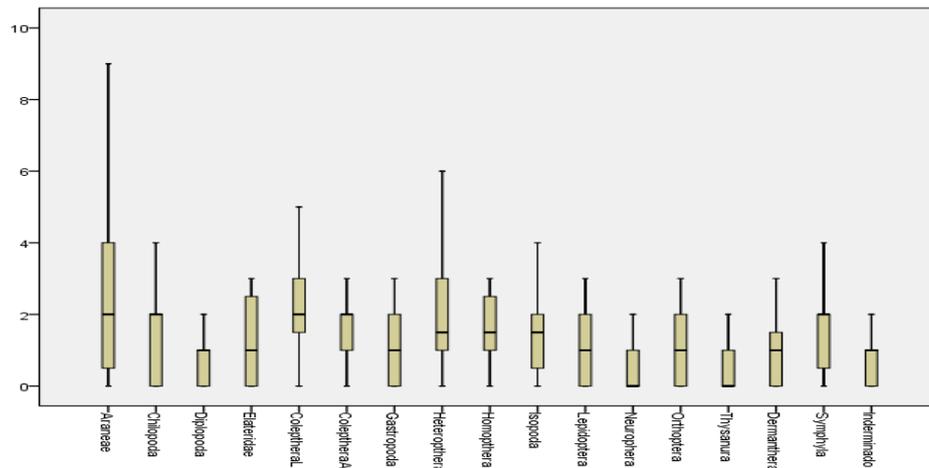


Figura N° 01: Macrofauna del suelo de cultivo de café, distrito de Jepelacio –Moyobamba

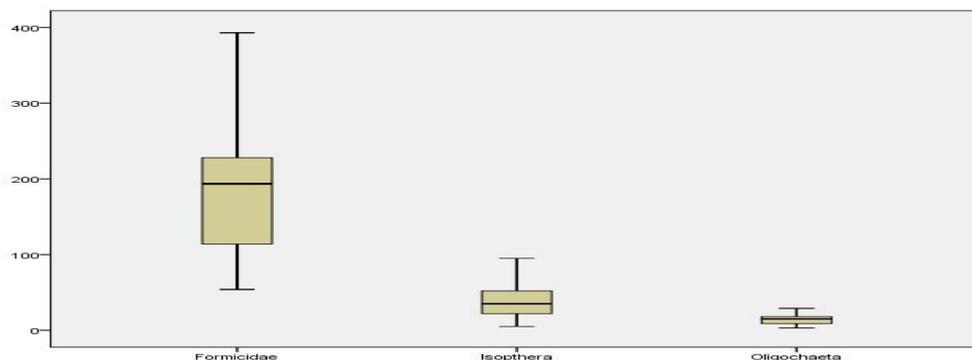


Figura N° 02. Macrofauna de Mayor abundancia en suelo de Cultivo de Café, distrito de Jepelacio- Moyobamba.

Discusión

El suelo es un medio vivo y dinámico que acoge a todo ser vivo y donde ocurren los procesos fundamentales de los ecosistemas; cuando analizamos su calidad, nos encontramos con definiciones imprecisas y a veces complejas; sin embargo, es claro que la calidad del suelo es la capacidad continua de este recurso para mantener el crecimiento sano de las plantas y la productividad del ecosistema; depende de las propiedades químicas, físicas y biológicas y de la optimización del uso del suelo para alcanzar una agricultura sostenible (Doran y Parkin, 1994). Incluye atributos como fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental. Simultáneamente, calidad del suelo es un instrumento que sirve para comprender la utilidad y salud de este recurso; debido a que los índices de calidad del suelo dependen del ecosistema considerado, es de suma importancia determinar las principales características de los suelos que sirvan como indicadores para lograr la sustentabilidad de los ecosistemas (Doran, 1994). Más aún, en los cultivos de café del distrito de Jepelacio -Moyobamaba, donde no existe investigaciones o es muy poca la información relacionada a las propiedades fisicoquímicas de los suelos y la macrofauna edáfica en la selva peruana.

En esta investigación, la calidad del suelo fue evaluada a través del análisis de sus propiedades fisicoquímicas, los indicadores seleccionados y recomendados para establecer la tipología de referencia fue el % de MO, Densidad Aparente (DA), Porosidad (Poro), Humedad (Hv), Suma de Bases (CaMgK) relación N:P, propiedades consideradas indicadores confiables porque presentan las correlaciones más fuertes entre los datos analizados. Así mismo, la DA, porosidad, %MO y Suma de Bases son indicadores más usados para evaluar la calidad del suelo (George, 2006).

La materia orgánica (MO) es un indicador clave de la calidad del suelo y de las funciones ambientales, entre ellas la fijación de carbono atmosférico, juega un papel fundamental en la caficultura (Suárez, 2002); la suma de bases se considera sinónimo de la fertilidad del suelo, porque proporciona una idea del porcentaje de cationes disponibles para las plantas (Saenz, 2011). La relación N:P permite detectar deficiencias de fósforo (P), importante macronutriente utilizado en la transmisión de energía y como constituyente de proteínas e interviene en el metabolismo de las plantas.

Para establecer la tipología de suelo se seleccionó un grupo de indicadores físicos y químicos, recomendados para establecer la calidad del suelo, los mismos que pueden variar de una localidad a otra dependiendo del tipo, uso, función y de los factores de formación del suelo (Arshad y Coes, 1992) como el % MO, la Porosidad, el porcentaje de humedad gravimétrica (Hv), la suma de bases (CaMgK), la relación N:P y Densidad Aparente (DA), en este grupo reducido de variables el %MO (relacionado con la razón N:P y C:N) suma de base (CaMgK) y DA son los indicadores más frecuentemente utilizados para medir la calidad del suelo (Sadeghian, S., 2008). Asimismo, las variables %MO, porosidad, humedad, razón Mg:K y % de arena, en conjunto tuvieron las más altas correlaciones en el AFCP (Tabla 2). Con los indicadores seleccionados (%MO, CaMgK, DA porosidad, Hv, N:P y Mg:K) se estableció la tipología de referencia (Tabla 03): El Grupo I se relacionan con el Bajo % MO, Grupo V con \pm %MO y Grupo IV

con Alto %MO, el Grupo III con Alta concentración CaMgK (bases) y Grupo II con Alta DA.

Se recolectó un total de 9257 individuos, los que fueron clasificados en 20 grupos taxonómicos según la Lavelle et al. (2003). El grupo más abundante fue formicidae, seguido de isóptera y ologochaeta, estos conforman el 93% del total de grupos (Tabla 04 y Gráfico 05), lo cual coincide con lo indicado por Rendón et al. (2010) en Colombia y Pashanasi (2001) en la Amazonia Peruana, estos grupos son denominados los ingenieros del ecosistema, con efectos directos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, siendo las lombrices más activas en los trópicos húmedos, que afecta la fertilidad de los suelos (Lavelle, 1984 y Lal, 1998). Del total de grupos taxonómicos menos abundantes, en orden de abundancia, las larvas de Coleptera, Araneae, seguido de Heteroptera, son las más abundantes, seguidos de Homoptera, adultos de coleoptera, Chilopoda, Symphyla, Isopoda, Elateridae, Diplopoda, Lepidoptera y Orthoptera (Tabla N°3 y Figura N° 1 y N° 2).

Conclusiones

Se determinaron cinco factores latentes de las características físicoquímicas del suelo del cultivo de café:

El primer Factor de Suelos con Alto % de MO, perteneciente al Grupo I de Suelos, que comprende a las fincas 4,8,14,16,21,23,26,28 y 29; el segundo Factor de Suelos de Alta DA, pertenecientes al Grupo II y cuyas características se presentan en las fincas 2,6,7,17; el tercer Factor de Suelos con alta concentración de sales, de Alta CaMgK, perteneciente al Grupo III y cuyas características se presentan en las fincas 1,15,22,24,25 y 27; el cuarto Factor de suelos de Bajo % MO, perteneciente al grupo IV y cuyas características se presentan en las fincas 3,10,19,20,30,31,33 y 35B; el quinto Factor de Suelos con \pm %MO, perteneciente al Grupo V y cuyas características se presentan en las fincas 9,11,12,13,15,32,y,34B

La macrofauna más frecuente lo constituyen los Formicidos, Isopthera, y oligochetas; con distribuciones aproximadamente normales; en menor frecuencia se presentaron Araneae, heteroptera, larvas de coleptera e isopthera, que también presentan una distribución casi normal en los suelos estudiados que la distribución de larvas de Araneas, larvas de Colepteras, Heteroptera, isopthera, oligochaeta y Dermanthera muestras una media casi simétrica y los demás grupos siguen una distribución asimétrica.

Referencias Bibliográficas

- Arshad, M.A & Ingram, J.S (1993). Characterization of soil quality: physical and chemical criteria. American Journal of Alternative Agriculture, 7(1-2).
- Barnes, R.D. 1986. Zoología de los Invertebrados. Tomo I y II. 6ta. Edición. Editorial Interamericana. 1125 pp.
- Departamento de Estudios Económicos de la Sucursal Iquitos Sucursal Iquitos del BCRP. Caracterización del Departamento de San Martín. 2015. Disponible en: <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Iquitos/san-martin-caracterizacion.pdf>.
- Doran J.W. y T.B, Parkin, 1994. Defining and assessing soil quality. En: Doran, J.W., D.C. Coleman, D.F. Bezdick, B.A. Stewart (Eds.) Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Special Pub. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, SA, p. 3-21.

- George, A. 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- Huerta, E y Col. 2008. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados tierra Latinoamericana, Vol. 26, Núm. 2, abril-junio, México.
- Lavelle, P. 1995. Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystem function ISSS Congress, 15th, Acapulco, México.
- Lavelle, P., Senapati, B. & Barros, E. 2003. Soil Macrofauna. En G. Schroth & F. L. Sinclair (Eds). Trees, crops and soil fertility (pp. 303-304). Wallingford: CABI Publishing.
- Lavelle, P. et al. (1992) Impacto of soil fauna on the properties of soil in the humid tropics. Estados Unidos. 157-185.
- Lal, R. Soil quality and agricultural sustainability. 1998 In: Soil quality and agricultural sustainability. (Ed. R. Lal). Ann Arbor Press, Chelsea, MI.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) al 2016. 2013. Oficina de Planeamiento y Presupuesto Unidad de Inversión Sectorial. Disponible en: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/novedades/2013/presentaciones/Ministerio-de-Agricultura-y-Riego.pdf
- Pardo, L 2005. Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de la tierra, en los Andes colombianos. Grupo Empresarial Sostenible. Valle del Cauca.
- Pashanasi, B. 2001. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la amazonia peruana. Folia Amazónica vol. 12 (1-2) - 2001 IIAP 75.
- Peru Opportunyte Fundan. 2014. Diagnóstico de la Agricultura en el Perú. Informe Final. Libélula, Comunicación, Ambiente y Desarrollo. Lima. Disponible en: http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/04/Diagno_stico_de_la_Agricultura_en_el_Peru_-_web.pdf.20/02/2016
- Rendón, J et al. 2010. Los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Suelo en Cultivos de Mora, Pasto y Aguacate. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 64(1):5793-5802.
- Saenz, L. 2011. Macrofauna y propiedad fisico-químicas del suelo en sistemas cacao (Theobroma cacao L.) y bosques secundario en el sur occidente de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ciencias químicas y farmacia. Guatemala. 63pp.
- Sadeghian, S. 2008. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Boletín técnico N° 32 Cenicafé.
- Suárez, A.D. (2002). Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café en la comarca Yassica Sur, Matagalpa, Nicaragua. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).