

EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN *SOLANUM TUBEROSUM* (SOLANALES: SOLANACEAE) CON SISTEMAS DE LABRANZA TRADICIONAL Y MÍNIMA

Bibiana Botina G.,¹ Ángel Velásquez I.,¹ Tito Bacca,² Jesús Castillo F.,² Lucimar G. Dias,³

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar la diversidad, abundancia y biomasa de la macrofauna en cuatro diferentes usos del suelo; cultivo de papa con labranza mínima, cultivo de papa con labranza tradicional, suelo desnudo y una pradera de kikuyo. Para evaluar la fauna fue utilizada la metodología del programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). La macrofauna del suelo fue identificada hasta nivel de orden y familia. La mayor abundancia y diversidad de macroinvertebrados fue encontrada en el suelo desnudo y con pradera en comparación los demás tratamientos. En los suelos sometidos a labranza sobresalió la presencia de chisas (Scarabaeidae) y ácaros (Oribatida), organismos característicos en estos sistemas. Las lombrices de tierra (Haplotaxida) representaron la mayor biomasa y abundancia en los suelos menos perturbados, reafirmando su potencial como bioindicadores de la calidad del suelo para agroecosistemas estudiados. El tipo y uso de labranza son factores determinantes en biodiversidad de la macrofauna del suelo, debido a que pueden favorecer o afectar su establecimiento y desarrollo.

Palabras claves: cultivo de papa, biota edáfica, laboreo del suelo, biodiversidad.

EVALUATION OF SOIL MACROFAUNA IN *SOLANUM TUBEROSUM* (SOLANALES: SOLANACEAE) WITH TRADITIONAL AND MINIMUM TILLAGE SYSTEMS

Abstract

The objective of this investigation was to evaluate the diversity, abundance, and biomass of soil macrofauna in four soil uses: potato crops with minimum tillage, potato crops with traditional tillage, bare soil, and a kikuyu turfgrass. The methodology from the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) program was used to evaluate the fauna. Soil macrofauna was identified to order and family level. The greatest abundance and diversity of macroinvertebrates was found with bare soil and turfgrass, compared with the other treatments. There was a noteworthy presence of scarab grubs (Scarabaeidae) and mites (Oribatida) in tillage soils, which are characteristic organisms of these systems. Earthworms (Haplotaxida) represented the highest biomass and abundance in less intervened soils, reaffirming the potential of these organisms as soil quality bioindicators of the studied agro ecosystems. Tillage type and use are determining factors in macrofauna biodiversity in soil, because it can benefit or affect their establishment and development.

Keywords: potato crop, edaphic biota, soil laboring, biodiversity

* FR: 11-VII-2011. FA: 25-VIII-2012.

¹ Ingenieros Agrónomos. Egresados de la Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. E-mail; elizabethbibiana@gmail.com; v.carlosangel@yahoo.com

² Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto. Colombia. E-mail; titobacca@gmail.com; jacf1995@gmail.com

³ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Grupo de investigación GEBIOME, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. E-mail; lucimar.dias@ucaldas.edu.co

INTRODUCCION

Los organismos del suelo están compuestos por numerosas especies que ocupan un amplio rango de nichos ecológicos y son representativas en diferentes sistemas edáficos (REMY & DAINAR, 1982). La estructura de la comunidad edáfica tradicionalmente ha sido impactada por las prácticas agronómicas, tanto en términos de abundancia, riqueza y el rol que desempeñan (CASTIGLIONI, 1997). Por esta razón, la diversidad, abundancia y biomasa son considerados valiosos indicadores de los procesos de degradación en los suelos agrícolas (LINDEN *et al.*, 1994; LAVELLE *et al.*, 1997).

La labranza es uno de los factores perturbadores de la vida del suelo y existen algunos interrogantes acerca de la respuesta de los organismos frente a tal disturbio. Sin embargo, en forma general se conoce que las prácticas de manejo de suelo y los diferentes tipos de labranza afectan la estructura del mismo y consecuentemente las poblaciones de la macrofauna edáfica (WARDLE, 1995; FILSER *et al.*, 1995; LAL 1998; MARÍN & FEIJOO, 2005). De la misma forma, se conoce que la agricultura intensiva, monocultivos y aplicación de agroquímicos promueven la reducción de la macrofauna del suelo, en este sentido, la labranza cero minimiza el impacto sobre la abundancia y biodiversidad de macroinvertebrados del suelo, en comparación con la labranza convencional (BRÉVAULT *et al.*, 2007).

La disminución de la diversidad y abundancia de la macrofauna edáfica ocasionada por la labranza, ha generado inquietudes que han estimulado el desarrollo de investigaciones respecto al impacto de los diferentes tipos de labranza sobre la biota del suelo. Un claro ejemplo está descrito por ARROYO & ITURRONDOBEITIA (2006), quienes evaluaron la diversidad de artrópodos en bosques y diferentes agroecosistemas, encontrando valores altos de riqueza de especies en zonas de bosque, en contraste, con los agroecosistemas que estaban recibiendo fertilización y manejo general del cultivo.

En cultivos de papa, el efecto de la labranza sobre la macrofauna del suelo ha sido poco estudiada, por tal razón, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de los sistemas de labranza tradicional y mínima en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* sobre la diversidad, abundancia y biomasa de la macrofauna.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Centro Experimental Obonuco, ubicado en el municipio de Pasto, departamento de Nariño, Colombia, localizado a 77°16' W, 1°13' N a una altitud 2993 msnm y a una temperatura promedio de 12 °C. El experimento se realizó en cuatro parcelas de 66 m de largo por 18 m de ancho y distancia entre parcelas de 1,2 m. En cada parcela se evaluó el efecto de los diferentes sistemas de labranza en un suelo con el cultivo de papa: labranza tradicional (en papa), labranza mínima (en papa), suelo desnudo y una pradera de pasto kikuyo, los dos últimos utilizados como tratamientos testigos (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos del efecto de diferentes sistemas de labranza sobre la macrofauna en el suelo de un cultivo de papa comparado con el de una pradera de kikuyo y un suelo desnudo.

Sistemas de manejo del suelo	Labranza
Labranza tradicional en papa <i>Solanum tuberosum</i>	Pase de arado + un pase de rastrillos
Labranza mínima en papa <i>Solanum tuberosum</i>	Un pase de arado de yunta de bueyes
Suelo desnudo	Control manual de malezas
Pradera de kikuyo <i>Penisetum clandestinum</i>	Sin manejo

El método de muestreo para la captura de los macroinvertebrados de suelo, fue el recomendado por el Programa de Biología y Fertilidad del Suelo Tropical, BFST (TSBF) (ANDERSON & INGRAM, 1993). Éste se realizó durante los meses de septiembre de 2009 a enero de 2010, se hicieron diez muestreos cada diez días, que fueron distribuidos a lo largo del ciclo del cultivo de papa (5 meses).

En cada muestreo se retiraron tres monolitos de suelo de 25 x 25 cm de área x 30 cm de profundidad por cada tratamiento, éste fue colocado en bolsas de plástico con su respectiva rotulación (fecha, estrato y tratamiento). La extracción de los organismos del suelo fue manual, utilizando una pinza. Para la conservación de los individuos colectados, se utilizó formol al 5% para el caso de las lombrices y alcohol al 70% para el resto de los invertebrados. Mediante observaciones realizadas al microscopio estereoscópico, los especímenes colectados fueron identificados hasta el nivel de orden y familia, utilizando las claves taxonómicas de DORESTE (1984), FAUCHALD (1977), TRIPLEHORN & JOHNSON (2004).

Variables Evaluadas.

Abundancia. En cada muestreo realizado, se estableció la abundancia de la macrofauna del suelo, calculando el número de individuos por m², de la misma manera se calculó la distribución vertical obtenida a partir de cada uno de los estratos.

Biomasa. En cada muestreo realizado, se estableció la biomasa, calculando los gramos de peso en fresco de los individuos por m² en cada uno de los tratamientos, mediante el uso de una balanza de precisión.

Diversidad. Para estimar la diversidad en cada uno de los tratamientos evaluados, se empleó el programa Past 1,38, en donde se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') (MAGURRAN, 1988).

Similitud - Índice de Morisita Horn. Tal índice fue utilizado para analizar la similitud entre los cuatro tratamientos en función de la composición de la macrofauna del suelo (MAGURRAN, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Abundancia

Se colectaron un total 15424 individuos de los cuales el 65% fueron encontrados en la pradera de kikuyo, el 15% en un suelo desnudo, el 10% en labranza tradicional y 10% en labranza mínima (Tabla 2). La mayor abundancia encontrada pradera de kikuyo, posiblemente está relacionada con que en dicho sistema de manejo, el suelo presenta características favorables para el establecimiento de la fauna edáfica, respecto a los sistemas con labranza tradicional y mínima. Según BRÉVAULT *et al.* (2007), la cobertura del suelo mejora las condiciones edáficas para los organismos de éste, protegiendo el hábitat en contra de agua y la erosión del viento, las variaciones drásticas en humedad y la temperatura, contrariamente a los impactos de la labranza convencional que reducen a la población de artrópodos benéficos. En la pradera de kikuyo y suelo desnudo sobresalieron las lombrices de tierra (Haplotaxida) con 1744 individuos/m² y 896 individuos/m², respectivamente (Tabla 2). Esta mayor abundancia, posiblemente se deba a que en estos suelos fueron los menos perturbados y esta condición favorezca el hábitat de la lombrices, comparados con los que se hizo labranza. Dichos invertebrados son denominados ingenieros del ecosistema, debido a su potencial en la dinámica del suelo, tanto en la descomposición de la materia orgánica como en el intercambio de gases y agua en el mismo (COLEMAN *et al.*, 2004), así tales organismos pueden alterar la estructura física del suelo tanto en la porosidad y su agregación (LAVELLE & KOHLMAN, 1984).

En los sistemas de labranza tradicional y mínima en el cultivo de papa, las familias más representativas fueron Staphylinidae (Coleoptera) con 160 individuos/m² y Scarabaeidae (Coleoptera) con 208 individuos/m². La representatividad de la primera puede estar relacionada a la actividad depredadora de estos organismos y para el caso de Scarabaeidae, puede estar relacionada a su actividad rizófaga, así como fue encontrado por LIETTI *et al.* (2008), quienes evaluaron el efecto de la labranza convencional y la labranza cero en soya y maíz. Además, PEÑA *et al.*, (2003) también mencionan que los Scarabaeidae son considerados plagas en los sistemas de producción de papa en el departamento de Nariño, especialmente en los suelos que han sufrido un proceso de degradación por la pérdida de la materia orgánica, debido al exceso de laboreo del suelo. En la labranza mínima, también se encontró un alto porcentaje de individuos de diplópodos del orden Polydesmida, que abarcó un 25% de la población total, tales organismos son considerados importantes a nivel edáfico por su función de descomposición de la materia orgánica (HOUSE & STINNER, 1983).

Cabe mencionar que en el sistema de labranza tradicional, que fue uno de los tratamientos de menor abundancia en general, se encontraron altas poblaciones de orden Acarina 512 individuos/m² (33%) (Tabla 2), los cuales son capaces de adaptarse a las nuevas condiciones del suelo perturbado (CASTRO *et al.*, 2007).

Tabla 2. Porcentaje de la abundancia de los taxa más representativos de la macrofauna del suelo en un cultivo de papa bajo diferentes sistemas de labranza.

TAXA	SISTEMAS DE MANEJO			
	Labranza Tradicional	Labranza Mínima	Suelo Desnudo	Pradera de kikuyo
Acarina	33	0	0,6	5
Aranae	9	5	0,6	5
Coleoptera	29	59	29	32
Collembola	16	2	3	12
Dermaptera	1	0	0,5	1
Diptera	3	5	3,3	9
Haplotaxida	3	2	37	27
Hirudinea	0	2	5	1
Lithobiomorpha	4	2	4	3
Polydesmida	2	25	17	5
Total (%)	100	100	100	100

En la abundancia total se destaca el orden Coleoptera para todos los tratamientos y en especial para en la labranza mínima (Tabla 2). Este orden tiene gran capacidad de adaptación a diversos ambientes y sus largos ciclos de vida en algunas especies, posibilitan su presencia durante todo el año (NAVARRETE & NEWTON, 1996). Además, algunas especies influyen en la transformación de residuos biodegradables, especialmente la materia orgánica depositada sobre la superficie del suelo, la cual es incorporada al sistema edáfico, a través de los túneles y canales que los coleópteros excavan, lo que facilita la infiltración y aireación del suelo (CHAMORRO, 2001).

Biomasa

En la labranza tradicional y en labranza mínima los más altos porcentajes de biomasa fueron registrados para la familia Scarabaeidae (Tabla 2 y 3). La simplificación de los sistemas agrícolas actuales en monocultivos y los sistemas de labranza excesiva, traen consigo una serie de problemas ecológicos y productivos, entre los cuales se destaca un aumento de las poblaciones de organismos considerados plagas, como es el caso de la familia mencionada (BALORIANI & SARANDON, 2009).

En suelo desnudo, los aportes de biomasa los hacen básicamente tres taxa (Tabla 3), entre ellos Haplotaxida que corresponde al 43% de peso total para esta zona e Hirudinea con 36% de la biomasa total en este uso de suelo. Las lombrices, son indicadoras de fertilidad y perturbación de los suelos (CORAL & BONILLA, 1998), además entre los organismos de macrofauna edáfica, son los que poseen mayor tamaño corporal.

Un resultado interesante, está relacionado a la biomasa total encontrada para familia Scarabaeidae en los sistemas de manejo de suelo desnudo y pradera de kikuyo, en donde se encontró menor biomasa con relación a labranza tradicional y mínima, siendo que esta familia fue la más representativa para todos tratamientos (Tabla 2 y 3). Dichos resultados contradicen lo encontrado por VIKRAM *et al.* (1994) y HENDRIX *et al.* (1992) que afirman que cuando la labranza no se realiza o es menos intensa,

la biomasa de artrópodos se favorece y es mayor. Ello puede estar relacionado al hecho de que en este estudio no se realizó la determinación a nivel específico, existiendo la posibilidad de que las especies más abundantes encontradas en de suelo desnudo y pradera de kikuyo sean especies de menor tamaño corporal.

Para el caso de pradera de kikuyo, además de Hirudinea con 21% (104,048 gpf/m^2) y Haplotaxida con 17% (81,056 gpf/m^2), ambos mencionados anteriormente en el sistema de suelo desnudo, otro grupo que hace aporte importante a la biomasa es Ptylodactilidae con 28% (137,616 gpf/m^2) (Tabla 3). Considerando que las especies de la familia Ptylodactilidae poseen una diversidad de hábitos alimenticios (TRIPLEHORN & JOHNSON, 2004), sería necesario determinar la(s) especie(s) encontrada(s) para un mejor análisis y discusión. Tal como menciona BRÉVAULT *et al.* (2007) que un conocimiento más detallado de los organismos (identificación hasta especie) y la conexión de dicha diversidad con la ecología funcional permite entender el rol de los organismos edáficos.

Tabla 3. Porcentaje de biomasa de los taxa más representativos de la macrofauna del suelo en un cultivo de papa con sistema de labranza tradicional, labranza mínima comparado con un suelo desnudo y una pradera de kikuyo.

TAXA	SISTEMAS DE MANEJO			
	Labranza Tradicional	Labranza mínima	Suelo Desnudo	Pradera de kikuyo
Anthribidae	0	0,23	0	1,04
Aranae	0,01	0,12	0	0,68
Bibionidae	1	0,6	0	2
Blattidae	0	0	0	0,01
Cantharidae	0	0,16	0	0,03
Carabidae	1,11	0,4	0,02	0,65
Chelodesmidae	0,03	0,32	0,3	0,05
Chrysomelidae	0	0	0	0,06
Curculionidae	0	0	0	0,67
Dolichopodidae	7	0	0,04	0,014
Elateridae	0	2	0,4	0,12
Formicidae	0	0	0	0,02
Haplotaxida	0	0	43	17
Henicopidae	0,01	0	0,01	2,3
Hirudinea	0	9	36	21,5
Japygidae	0	0	0	0,004
Labiidae	0,03	0	0,03	0,4
Lepidoptera	0	0,1	0	0,08
Lycosidae	0	0	0,02	4
Mesostigmata	0	0	0	0,001
Neogeophilidae	0	0,1	0	0

TAXA	SISTEMAS DE MANEJO			
	Labranza Tradicional	Labranza mínima	Suelo Desnudo	Pradera de kikuyo
Ocnerodrilidae	0	0	0,03	0,11
Oribatida	0,01	0	0	0
Paradoxosomatidae	0	0,1	0	0,01
Pentatomidae	0	0	0	0,1
Ptylodactylidae	0	0,21	0	28
Scarabaeidae	89	85	20	16
Staphylinidae	0,36	0,24	0,05	0,1
Symphylidae	0	0	0	0,02
Tipulidae	0	1,4	0	5
Total (%)	100	100	100	100

Diversidad y composición

El valor más alto de diversidad con un índice de Shannon de $H' = 2,61$ se presentó en la pradera de kikuyo, debido a que exhibe la mayor riqueza en número de familias, al igual que el número de organismos (Tabla 4). La disminución en los valores de diversidad en los sistemas de papa con labranza mínima y tradicional (Tabla 4), reflejan el sistema de monocultivo, en el cual se suministra un único sustrato de alimento, propiciando el desarrollo de determinados grupos faunísticos en detrimento de otros (ASSAD, 1997).

En la Tabla 4, también se observa que la mayor semejanza entre los usos de suelo, se presenta entre los suelos que menos fueron manipulados; pradera de kikuyo y suelo desnudo con 67% de similitud, ya que comparten 10 familias, aunque el número de organismos es variable. Los resultados de tales experimentos son similares a los encontrados por BRÉVAULT *et al.* (2007), quienes evaluaron el impacto de la labranza convencional y labranza cero con cobertura y mantillo en un cultivo de algodón, determinando que la mayor diversidad de organismos se presentó en sistemas sin labranza con cobertura y mantillo, lo que favoreció el establecimiento de diversas comunidades de macrofauna en comparación con el sistema de labranza convencional.

CONCLUSIONES

El estudio demuestra que la labranza del suelo ejerce un efecto negativo sobre la diversidad del mismo; que la utilización de estrategias que minimicen la manipulación de éste son esenciales para la conservación de la biota edáfica.

Los resultados del presente estudio demuestran que la biomasa, especialmente de Haplotaxida, es una potencial herramienta bioindicadora para evaluar el impacto del manejo del suelo sobre la comunidad edáfica.

Tabla 4. Índices de similitud (Morisita Horn) y diversidad (Shannon-Wiener) de la macrofauna observada en un cultivo de papa bajo los sistemas de labranza tradicional y mínima comparados con una pradera de kikuyo y un suelo desnudo.

Zonas / Índices de Similitud	SISTEMAS DE MANEJO			
	Labranza tradicional	Labranza mínima	Suelo desnudo	Pradera de kikuyo
Labranza mínima	0,44	1	0,63	0,48
Labranza tradicional	1	0,44	0,32	0,53
Pradera de kikuyo	0,53	0,48	0,67	1
Suelo desnudo	0,32	0,63	1	0,67
Shannon - Wiener (H')	2,03	2,04	2,13	2,61
Nº Familias	19	22	15	41
Nº Organismos	99	69	152	646

RECOMENDACIÓN

Para la evaluación del impacto de los usos del suelo sobre la biota edáfica, es importante tener en cuenta la determinación de los organismos a nivel de géneros y/o especies, ya que, un conocimiento más detallado de los mismos propicia la comprensión de su ecología funcional, y por consiguiente, el rol de éstos en la comunidad edáfica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a todas las personas que colaboraron con la realización de la presente investigación. Ésta se realizó dentro del marco del proyecto "Evaluación de prácticas de fertilización en unidades de producción integral sostenibles con papa en la zona andina del departamento de Nariño" adscrito al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR).

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, J. & INGRAM, J., 1993.- *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*, 2ª edición. Wallingford, UK CAB International.
- ARROYO, J. & ITURRONDOBEITIA, J., 2006.- Differences in the diversity of oribatid mite communities in forests and agrosystems lands, *Eur. J. Soil. Biol.*, 42: 259-269,
- ASSAD, M.L., 1997.- Fauna do solo: 363 - 443. (en) Vargas M A & Hungia, T, (eds) *Biología dos solos dos cerrados*. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, Brasil.
- BALORIANI, G. & SARANDON, S., 2009.- Abundancia y riqueza de la macrofauna edáfica (Coleoptera y Araneae) en invernáculos convencionales y en transición agroecológica. *Rev. Bras. Agroecología*. 4 (2): 1733-1737.
- BREVAULT, T.; BIKAY, S.; MALDES, J & NAUDIN, K., 2007.- Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system. *Soil. Til. Res.*, 97: 140-149.
- CASTIGLIONI, E., 1997.- *Manejo de la fauna del suelo e insectos plaga*, [On line]. Obtenido en Septiembre 15 de 2009, Desde: <http://www.sofoval.com/biblioteca/insectos/insectos-del-suelo.pdf>.

- CASTRO, J.; BURBANO, H. & BONILLA, C., 2007.- Abundancia y biomasa de organismos edáficos en tres usos del terreno en el altiplano de Pasto, Colombia: Tesis, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto.
- CHAMORRO, C., 2001.- El suelo: maravilloso teatro de la vida. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 25 (97): 483-494.
- COLEMAN, D.; CROSSLEY, D. & HENDRIX, P., 2004.- *Fundamentals of soil ecology*, Burlington MA Elsevier Academic Press.
- CORAL, D.M., BONILLA, C.R., 1998. Impacto de las prácticas agrícolas sobre la macrofauna del suelo en la cuenca alta del lago Guamués, Pasto, Colombia. *Acta Agron.* 32: 157-160.
- DORESTE, E., 1984.- *Acarología*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- FAUCHALD, K., 1977. The polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera. *Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series*, 28: 1-188.
- FILSER, J.; FROMM, H.; NAGEL, R. & WINTER, K., 1995.- Effects of previous intensive agriculture management of microorganism and the biodiversity of soil fauna. *Plant Soil*, 170: 123-129.
- HENDRIX, P.; MUELLER, B.; BRUCE, R.; LANGDALE, G. & PARMELEE, R., 1992.- Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia piedmont, USA. *Soil Bio. Biochem.*, 24 (12): 1357-1361.
- HOUSE, G.J. & STINNER, B.R., 1983.- Arthropods in no-tillage soybean agroecosystems: Community composition and ecosystem interactions. *Environ. Manage.*, 7(1):23-28.
- IRAOLA, V., 1998.- Introducción a los ácaros (I): Descripción general y principales grupos. *Bol. S.E.A.*, 23: 13-19.
- LAL, R., 1998.- Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agric. Ecosystem. Environment.*, 24: 101-106.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROBER, P.; INCSON, P.; HEAL, O.W. & DHILLION, S., 1997.- Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eu. J. Soil. Biol.*, 33: 159-193.
- LAVELLE, P. & KOHLMAN, B., 1984.- Etude quantitative de la macrofaune du sol dans une forêt tropicale. *Pedobiologia*, 24: 834 - 845.
- LIETTI M.; GAMUNDI, J.; MONTERO, G.; MOLINARI, A. & BULACIO, V., 2008.- Efecto de dos sistemas de labranza sobre la abundancia de artrópodos que habitan en el suelo. *Ecol. Austral*, 18: 71-87.
- LINDEN, D.R.; HENDRIX, P.F.; COLEMAN, D.C. & VAN VLIET, P.C.J., 1994.- Faunal indicators of soil quality: 91-106. (en) Soil Science Society of America (ed.) Defining soil quality for a sustainable environment, Special Publication Number 35, Madison, Wisconsin.
- MAGURRAN, A., 1988.- *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey Princeton University Press.
- MARÍN, E. & FEIJOO, A., 2005.- Efecto de la labranza sobre macroinvertebrados del suelo en vertisoles de un área de Colombia. *Terra Latinoamericana*, 25 (3): 297-310.
- NAVARRETE, J. & NEWTON, A., 1996.- *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, México DF UNAM.
- PEÑA, L.A.; BOLAÑOS, M.A.; LUCERO, A.M. & VALLEJO, H., 2003.- *Investigación para el manejo integrado de chizas en fincas de minifundio en los municipios de Yacuanquer y Ospina del departamento de Nariño*. Boletín Técnico No 3, Corpoica Pasto.
- REMY, E. & DAINAR, T.B., 1982.- Effects of tillage methods on earthworm population in monoculture corns. *Can. J. Soil Sci.*, 62: 699-703.
- SPAD, 1997.- *Logiciel diffusé par CISIA, Version 3,21*. Saint-Mandé, France CISIA.
- TRIPLEHORN, C.A. & JOHNSON, N.F., 2004.- *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Belmont USA Thomson Brooks/Cole.
- VIKRAM, M.; KIRAN, V.P.; RAVINDER, V. & BALASHOURI, P., 1994.- Earthworms biomass response to soil management in semi-arid tropical alfisol agroecosystems. *Biol. Fert. Soils*, 19: 317-321.
- WARDLE, D., 1995.- Impacts of disturbance on detritus food webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practices. *Adv. Ecol. Res.* 26: 105-159.