

Estudio de la biodiversidad de artrópodos en suelos de alfalfa y maíz con aplicación de biosólidos

DEA. Lizbeth Flores Pardavé¹, MC. Jaime Escoto Rocha²,
Dr. Francisco José Flores Tena³ y Dra. Ana Jesús Hernández S⁴

RESUMEN

Gran parte de los estudios sobre los biosólidos hacen referencia a los efectos positivos de su aplicación en cultivos; sin embargo, existe poca información sobre la evaluación de los mismos en cuanto a su efecto en el componente biológico del subsistema edáfico. Por ello, el objetivo de este trabajo es el estudio de su acción sobre la biodiversidad de artrópodos en los agroecosistemas de alfalfa y maíz en el estado de Aguascalientes, México. Con el uso de trampas *pitfall*, después de dos años consecutivos de experimentación en campo, se obtuvo que en ambos cultivos la biodiversidad fue alta y que el efecto de la aplicación de los biosólidos es temporal. Los grupos con mayor abundancia fueron los coleópteros, dípteros, arañas, himenópteros, ácaros y colémbolos.

Palabras clave: Artrópodos edáficos, agroecosistemas, trampas *pitfall*, morfoespecies.

Key words: *Edaphic arthropods, agroecosystems, pitfall traps, morphospecies.*

Recibido: 27 de septiembre de 2007, aceptado: 5 de febrero de 2008

¹ DEA, Universidad de Alcalá de Henares (Madrid) y profesor de asignatura del Departamento de Biología de la UAA, tel. y fax 9108404, correo electrónico lfp77@univer-sia.es.

² Departamento de Biología: Área Zoología, UAA, tel. y fax 910-8404, correo electrónico: jerjaem@yahoo.com.mx.

³ Departamento de Biología: Área Ecología, UAA, tel. y fax 9108404, correo electrónico: fforest@correo.uaa.mx.

⁴ Departamento de Ecología, Universidad de Alcalá de Henares (Madrid), correo electrónico: anajhemandez@uah.es.

ABSTRACT

Most of the studies about biosolids refer to positive effects of biosolids application to increase soil fertility. However an evaluation about its effect on the biological component of the edaphic subsystem is lacking. Therefore the goal of this study was to know the effect of the biosolids on arthropod biodiversity in lucerne and corn agroecosystems in Aguascalientes state, México. During two consecutive years field experiments were carried out using pitfall traps, in both agroecosystems biodiversity was high, and the effect of biosolids was temporal. Coleopterous, dipterous, spiders, hymenopteran, mites and collembolan were the most abundant groups.

INTRODUCCIÓN

La fauna del suelo está integrada, principalmente, por invertebrados que representan aproximadamente el 15% de la biomasa del suelo (Eijsackers, 1994), los nemátodos, anélidos y artrópodos son los grupos más importantes. Entre estos últimos, destacan los ácaros, arañas, colémbolos, coleópteros, himenópteros, dípteros, quilópodos, diplópodos e isópodos, ya sea en estado adulto o larvario, como es el caso de dípteros y coleópteros (Eisenbeis y Wichard, 1987).

Los artrópodos edáficos forman parte de las cadenas y redes tróficas que varían en complejidad, de acuerdo con las condiciones abióticas y bióticas del suelo, variaciones climáticas, estado de desarrollo y grado de alteración del ecosistema. Aunque algunos artrópodos del suelo participan como forrajeros, la mayor parte de ellos pertenecen a la cadena

del ciclo de los detritívoros y están involucrados en la descomposición de la materia orgánica, en la regulación de las actividades microbianas y parcialmente, en los ciclos nutritivos (Coleman *et al.*, 2004; Wardle, 2002).

La fauna edáfica en los sistemas agrícolas está relacionada con el tipo, edad, diversidad, estructura y manejo del cultivo. En general, la biodiversidad animal depende de cuatro características: la diversidad de vegetación dentro (malezas) y alrededor (vegetación natural o inducida), el tipo y frecuencia de rotación de cultivos, así como de la intensidad de manejo (Altieri, 1999).

El subproducto sólido del tratamiento de las aguas residuales domésticas, mejor conocido como biosólidos, se ha empleado recientemente como fertilizante y mejorador del suelo en el campo mexicano (INIFAP, 2002). Este papel es reconocido para distintas zonas de México y se han reportado los efectos positivos para los cultivos de grano y/o forrajeros (Figueroa *et al.*, 2000; Potisek *et al.*, 2006; Woo Reza *et al.*, 2007).

La mayoría de las investigaciones sobre los biosólidos se han centrado en determinar las características y dosis adecuadas para obtener los mejores rendimientos de diversos cultivos (Díaz-Serrano *et al.*, 1997; Robledo *et al.*, 2001), aunque se reconoce también que es necesario realizar experimentos en campo a largo plazo para evaluar la acumulación de metales pesados en las plantas, así como la toxicidad de compuestos orgánicos e inorgánicos que afecten a la comunidad biológica del sistema agrícola (Luna *et al.*, 2002). Sin embargo, no se encuentran estudios relacionados con el efecto de los biosólidos en la diversidad biológica del subsistema edáfico. Esta última cuestión ha constituido el propósito de nuestro trabajo. Por ello, a continuación se muestra una síntesis relacionada a los artrópodos edáficos, ya que nos centraremos en este grupo de la componente biológica de dos agroecosistemas frecuentes en el estado de Aguascalientes y otros muchos lugares del mundo: cultivos de alfalfa y de maíz, una leguminosa y una gramínea muy utilizadas en los sistemas de rotación de cultivos en el campo mexicano. En particular, los objetivos que se persiguen con este trabajo son: 1) Conocer si la adición de biosólidos tiene efecto en la composición de la fauna de artrópodos del suelo y, 2) Conocer si la biodiversidad de

los artrópodos del suelo se ve afectada por la adición del subproducto ya mencionado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio fue realizado en el "Rancho San José" localizado a 9 km al sur de la Ciudad de Aguascalientes, situada en el Altiplano Mexicano. Sus coordenadas geográficas son 21° 48' 21" N; 102° 16' 07" O, a una altitud de 1,883 msnm. Según la SPP (1981), el clima correspondiente a esta zona es de carácter semiseco con una temperatura media anual de 17.4°C y precipitación media de 526 mm, con periodo de lluvias en verano y el suelo es de tipo xerosol háplico. La bibliografía reciente (Guerrero, 2007), denota que la clasificación de los suelos de México está cambiando y es probable que en estudios futuros, se tenga que referir a otra denominación para el tipo de suelo.

La vegetación natural de los alrededores de los dos cultivos corresponde al denominado matorral desértico y pastizal natural (SPP, 1981). La vegetación arbórea remanente del área está conformada por mezquites (*Prosopis laevigata*), huizaches (*Acacia farnesiana*), y varios arbustos típicos de matorral semidesértico (*Opuntia* sp., *Yucca* sp.). En algunas zonas del rancho se han establecido ejemplares de álamo plateado (*Populus alba*) y de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) como barreras rompevientos o para separación de parcelas.

Estudios en campo

Para cada cultivo se establecieron cuatro parcelas experimentales de 3000 m² cada una, dos adicionadas con biosólidos y dos sin ellos. La separación entre las parcelas de cada uno de los cultivos con vegetación nativa e introducida fue de 100 m. Se aplicaron 200 t/ha de biosólidos, con un 80% de humedad. Los lodos fueron incorporados al suelo con maquinaria agrícola; después de cuatro semanas de la aplicación se llevó a cabo la siembra. Para el caso de la alfalfa se realizó una sola vez en la segunda semana de enero de 2004 (1° año del experimento) y para el maíz, la segunda semana de junio de los dos años consecutivos del ensayo, ya que la alfalfa se autosiembra y el maíz no. No se aplicaron plaguicidas ni fertilizantes en el periodo de estudio y solamente para el caso del maíz, antes

de la siembra del segundo año, fueron retirados los restos del cultivo del año anterior.

Se establecieron nueve puntos de muestreo en cada parcela, separados 10 m entre sí, los que formaron una retícula en la parte central de la misma. En cada punto, se colocó durante una semana una trampa *pitfall* que contenía alcohol a 50% (que actuó como atrayente, como sustancia letal y como líquido conservante). Transcurrida la semana, se colectó la fauna atrapada en alcohol a 70% (Bater, 1996). Se realizaron 12 muestreos cada dos meses para el cultivo de alfalfa y seis para el caso del maíz, tres cada año en los meses de julio, agosto y septiembre. Los artrópodos colectados fueron trasladados al laboratorio, los ácaros y colémbolos fueron procesados y examinados al microscopio óptico, de acuerdo a lo señalado por Vázquez (1999). Los macroartrópodos y algunos mesoartrópodos fueron identificados a través del microscopio estereoscópico con el apoyo de los siguientes trabajos de carácter taxonómico: Arnett (2000), Barrientos (1988), Borror, *et al.* (1992) Castner y Byrd (2001), Cervantes *et al.* (2004), Christiansen y Bellinger (1981), Chu (1949), Dillon y Dillon (1972), Hoffmann y López-Campos (2000), Mac Alpine *et al.* (1989), Palacios-Vargas (1997), Vázquez (1999), Vázquez y Palacios-Vargas (2004). Una vez identificadas las diferentes morfoespecies, al nivel taxonómico más inferior posible, se realizó el conteo.

Análisis numéricos

Se calculó el índice de diversidad de Shannon (H') utilizando todos los valores de las morfoespecies colectadas en el estudio, para lo cual se utilizó

el paquete estadístico incluido en Brower *et al.* (1998). Para conocer si en cada cultivo el número de morfoespecies y el índice de diversidad de Shannon, bajo las condiciones experimentales (con y sin adición de biosólidos) y para cada año, mostraban diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$), se realizaron los análisis de varianza de una sola vía utilizando el paquete estadístico *Statistica 7.0* (StatSoft, Inc. 2004).

RESULTADOS

La fauna de artrópodos edáficos en las parcelas de alfalfa estuvo representada por 280 morfoespecies: 18 ácaros, 43 arañas, ocho colémbolos, 109 coleópteros, tres dermápteros, un diplópodo, 39 dípteros, 25 hemípteros, 24 himenópteros, un isópodo, dos lepidópteros, un opiliónido, seis ortópteros, un quilópodo, un tisanóptero y un tricóptero, siendo los mejor representados numéricamente, los órdenes *Collembola*, *Acarina*, *Coleoptera*, *Aranae* y *Diptera*. La composición de artrópodos edáficos en maíz estuvo representada por 148 morfoespecies: diez ácaros, 14 arañas, ocho colémbolos, 61 coleópteros, tres dermápteros, 29 dípteros, ocho hemípteros, diez himenópteros, un isópodo, un opiliónido, tres ortópteros y un tisanóptero. Los órdenes con mayor abundancia fueron *Collembola*, *Acarina*, *Coleoptera*, *Hymenoptera* y *Aranae*. La abundancia relativa de los principales grupos en ambos cultivos se presenta en el cuadro 1.

Los colémbolos fueron los artrópodos edáficos con mayor abundancia tanto en el cultivo de alfalfa como en maíz con y sin adición de biosólidos. El primer año con la adición de

| Grupo biológico | Alfalfa con biosólidos | | Alfalfa sin biosólidos | | Maíz con biosólidos | | Maíz sin biosólidos | |
|-----------------|------------------------|------|------------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|
| | 2004 | 2005 | 2004 | 2005 | 2004 | 2005 | 2004 | 2005 |
| Ácaros | 2 | 12 | 4 | 16 | 5 | 5 | 10 | 12 |
| Arañas | 1 | 15 | 4 | 9 | <0.2 | <0.2 | 2 | 1 |
| Colémbolos | 92 | 44 | 79 | 46 | 83 | 64 | 67 | 70 |
| Coleópteros | 2 | 3 | 7 | 5 | 3 | 7 | 2 | 2 |
| Dípteros | 1 | 9 | 2 | 2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| Hormigas | <0.1 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | 3 | 11 | 1 | 1 |
| Otros | 2 | 17 | 8 | 22 | 6 | 13 | 18 | 4 |

Cuadro 1. Abundancia relativa en porcentaje de los principales grupos biológicos de la fauna edáfica en cultivos de alfalfa y maíz con y sin adición de biosólidos.

biosólidos representaron 92% de la fauna edáfica en el cultivo de alfalfa y 83% en el cultivo de maíz. Las arañas fueron más abundantes en la alfalfa que las hormigas y éstas, contrariamente, fueron más abundantes en el maíz en comparación con las arañas.

La figura 1 explicita la riqueza de morfoespecies capturadas en cada muestreo durante el periodo de estudio; puede observarse que en las parcelas de alfalfa adicionadas con biosólidos, el número de especies fue generalmente mayor que en las sin adición. Sin embargo, el análisis estadístico no mostró diferencia significativa ($F=1.19$, $p=0.28$). No obstante, se puede decir que durante los meses de abril a junio, la densidad de artrópodos edáficos presenta los máximos valores.

La estimación de la biodiversidad mediante el índice de Shannon (H') dio como resultado valores entre 1.02 y 4.55 bits en las parcelas con biosólidos y entre 2.10 y 4.54 bits en parcelas testigo. En los meses inmediatos a la aplicación de los biosólidos hubo diferencias entre las parcelas con y sin aplicación de biosólidos como son los valores entre 1.02 y 1.85, para las primeras en relación a los de entre 2.4 y 2.8 en las segundas, debido, probablemente, a la abundancia de colémbolos. Del análisis de varianza se obtuvo un valor de $F=0.11$ ($p=0.74$) para el efecto del tratamiento, el cual no es significativo y un valor de $F=6.12$ ($p=0.02$) para el efecto del año, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa.

La riqueza de morfoespecies en el cultivo de maíz también fue alta (figura 2), aunque

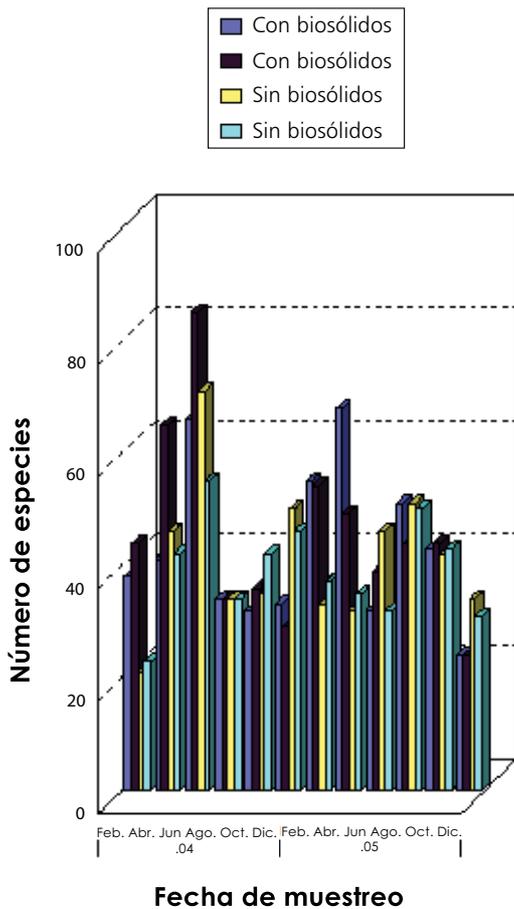


Figura 1. Variación de la riqueza de artrópodos en las parcelas de alfalfa durante los dos años consecutivos del estudio.

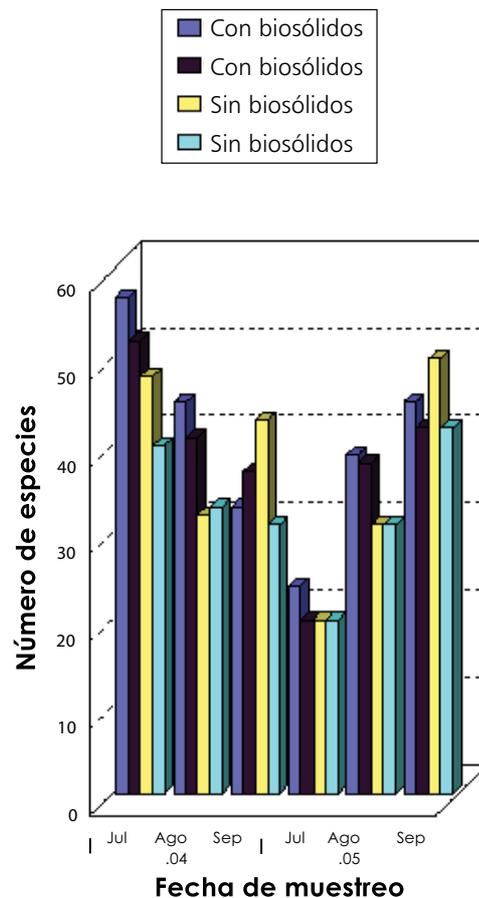


Figura 2. Variación de la riqueza de artrópodos en el suelo del agroecosistema de maíz en las parcelas experimentales durante los dos años de estudio.



Figura 1: Familia Lycosidae (araña)

menor a la obtenida en el cultivo de alfalfa, los valores mayores se registraron después de la adición de biosólidos, mientras que los menores fueron observados en julio de 2005, aunque en septiembre del mismo año también se incrementó la variedad de especies. El análisis estadístico no mostró una diferencia significativa ($F= 1.37$, $p = 0.25$).

El índice de diversidad de Shannon varió entre 1.08 y 3.13 bits en las parcelas con tratamiento, y entre 0.46 y 3.20 bits en las de sin tratamiento. Durante 2004, los valores menores se obtuvieron en las parcelas con tratamiento, mientras que en el 2005, en las parcelas sin adición, se registraron los valores menores. El efecto del tratamiento no fue significativo, ya que se obtuvo un valor de $F= 0.63$ ($p= 0.43$) mientras que los efectos del año y la interacción fueron altamente significativos con valores de $F= 7.84$ ($p = 0.01$) y $F= 8.28$ ($p= 0.01$), respectivamente.

La riqueza de especies y biodiversidad en el agroecosistema de alfalfa fue mayor debido a que dicho cultivo es perenne. También, se observó cierta sucesión de especies en las diferentes épocas del año, aunque algunas de ellas se colectaron durante todo el año. Cuando se compararon las morfoespecies de ambos cultivos se observó que aproximadamente 80% fueron comunes, incluyendo las más abundantes.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para el agroecosistema de la alfalfa durante los meses que hay mayor abundancia de artrópodos (abril-junio), muestran los valores más bajos de su biodiversidad, mientras que en el mes de diciembre este índice es más elevado. Aunque el análisis estadístico no indica una diferencia significativa en relación al tratamiento con los biosólidos, sí lo fue respecto a los dos años consecutivos del experimento. Probablemente, estos resultados están relacionados con factores climáticos, edáficos y de disponibilidad de nutrientes para este tipo de fauna, como han manifestado otros autores que han trabajado en agroecosistemas de otras latitudes (Behan-Pelletier, 1999; Cortet *et al.*, 1999; Büchs, 2003). Por otra parte, la diversidad y abundancia de las especies en los agroecosistemas depende especialmente de los colémbolos, ya que existe una relación directa entre la abundancia de los mismos y la humedad edáfica (Thomas y Marshall, 1999; Culik *et al.*, 2002; Cutz-Pool, 2003). El alto contenido de materia orgánica en los biosólidos (Flores y Flores, 2005) pudo favorecer el crecimiento poblacional de los colémbolos durante el primer año en ambos cultivos.

Debido a la complejidad de la fauna edáfica, los investigadores han estudiado uno ó pocos *taxa* presentes en el suelo (André *et al.*, 2002), por lo que es difícil comparar los resultados aquí obtenidos con los mostrados en la bibliografía hasta la fecha. No obstante, sí es posible comentar algunas coincidencias y diferencias con los trabajos revisados. Por ejemplo, con relación a los ácaros, Behan-Pelletier (1999) y Ruf *et al.* (2003) señalan que mientras los oribátidos dominan en suelos de bosques, los mesostigmata (gamásidos), prostigmata y astigmata están



Figura 2: Familia Labiduridae: Labidura sp. (tijerilla)



Figura 3: Familia Entomobryidae: *Seira purpurea* (colembolo)

mejor representados en suelos agrícolas, ya que colonizan rápidamente nuevos sitios y pueden explotar microhábitats restringidos. De las ocho especies con mayor densidad, solamente una, fue la más abundante: oribatida.

Otros autores estudiaron el efecto de los biosólidos en un cultivo de guayaba en Egipto, encontrando que las densidades de los oribátidos y colémbolos, siguen un patrón estacional, dos especies fueron las que mostraron mayor abundancia, el índice de Shannon mostró un rango entre 1.3 a 3.0 bits (Al-Assiuty *et al.*, 2000).

También se conoce que los coleópteros, al ser el orden con mayor número de especies, suele estar bien representado en los agroecosistemas (Hadjicharalampous *et al.*, 2002). Así, en nuestro caso, se han distinguido 109 morfoespecies, siendo las más frecuentes doce de ellas. Con respecto a los dípteros, se conoce que pocos de ellos son completamente terrestres, ya que la mayoría pasan solamente una parte de su ciclo de vida en este hábitat, especialmente el estado de larva. Al igual que para la mayoría de los grupos que integran la fauna edáfica, los factores que afectan la distribución de los dípteros en el sue-



Figura 4: Familia Entomobryidae: *Entomobrya* sp. (colembolo)

lo son la entrada de materia orgánica y la humedad del suelo. El número de especies de este grupo es muy variable, desde dos especies en un cultivo de maíz en Italia, hasta 102 en un cultivo de trigo en el Reino Unido (Frouz, 1999).

Los himenópteros capturados fueron mayormente hormigas, su diversidad se ve disminuida en los agroecosistemas por las actividades de labranza que generalmente dañan su hábitat. Algunas especies de la subfamilia *Myrmicinae*, que son generalistas por su flexibilidad en el tiempo de forrajeo y en sus requerimientos alimenticios, se encuentran en estos agroecosistemas. Cabe señalar que en el sistema con alfalfa su densidad fue menor que en el del maíz, debido probablemente, a los cortes periódicos del cultivo.

Este estudio preliminar deberá completarse con más experimentación relativa a poner de manifiesto si factores climáticos, edáficos o alimenticios son determinantes de la biodiversidad de artrópodos de estos agroecosistemas más que la adición de biosólidos.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye que:

- 1) La composición de la fauna edáfica de artrópodos no se modificó de manera evidente con la aplicación de biosólidos tanto en el cultivo de alfalfa como en el de maíz, solamente se observó, después de la adición, un cambio temporal en la abundancia de colémbolos.

- 2) La aplicación de biosólidos tuvo solamente un efecto temporal inmediato en el índice de diversidad, ya que al existir un gran crecimiento de colémbolos, el índice de diversidad disminuyó, pero al poco tiempo el efecto desapareció.
- 3) La biodiversidad de la fauna edáfica de artrópodos es alta. Los grupos con mayor abundancia fueron los coleópteros, dípteros, arañas, himenópteros, ácaros y colémbolos.

Agradecimientos: Esta investigación se ha llevado a cabo con el aporte económico del proyecto PIT 04-1 "Estudio de las características de los residuos sólidos de la planta tratadora de aguas residuales de la Ciudad de Aguascalientes y su impacto en el ambiente" financiado por la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTIERI, M.A., The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 19-31, 1999.
- ANDRÉ, H.M., et al., *Soil biodiversity: myth, reality or conning ? Oikos* 96, 3-24, 2002.
- ARNETT, R.H., *American Insect: A handbook of the Insects of America North of México.*, USA: CRC Press, 1003, 2000.
- AL-ASSIUTY, A.I.M., et al., Effects of dry sludge application on soil microarthropod communities in a reclaimed desert ecosystem, *Pedobiología*, 44, 567-578, 2000.
- BARRIENTOS, J.A., *Bases para un curso práctico de Entomología*. Barcelona: Asociación Española de Entomología, 754, 1988.
- BATER, J.E., Micro and Macroarthropods. In G.S. Hall (ed) *Methods for the examination of organismal diversity in soils and sediments*. U.K.: CAB International, 163-174, 1996.
- BEHAN-PELLETIER, V.M., Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 411-423, 1999.
- BORROR, D., et al., *An Introduction to the Study of Insect*. 6th ed., USA: Saunders College Publishing, 875, 1992.
- BROWER, J.E., et al., *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. 4th ed., USA: Mc Graw Hill, 273, 1998.
- BÜCHS, W., Biodiversity and agri-environmental indicators-general scopes and skills with special reference to the habitat level. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 98, 35-78, 2003.
- CASTNER, L. y BYRD, J.H., *Forensic Insect Identification Cards*. USA: Feline Press, 2001.
- CERVANTES, M.J.F., et al., *Bioecología de ácaros y áfidos de importancia agrícola en México*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 203, 2004.
- CHRISTIANSEN, K. y BELLINGER P., *The Collembola of North America*. Part 4 Families Neelidae and Sminthuridae. USA: Grinnell College, 1043-1322, 1981.
- CHU, H.F., *How to know the immature insects*. USA: Wm. C. Brown Company Publishers, 234, 1949.
- COLEMAN, D.C., et al., *Fundamentals of Soil Ecology* 2nd ed. USA: Elsevier Academic Press, 286, 2004.
- CULIK, M.P., et al., Biodiversity of Collembola in tropical agricultural environments of Espírito Santo, Brazil. *Applied Soil Ecology*. 21, 49-58, 2002.
- CUTZ-POOL, L.Q., *Colémbolos edáficos de dos agroecosistemas de San Salvador, Hidalgo*. Tesis Maestro en Ciencias Biológicas (Sistemática) Facultad de Ciencias. México: UNAM, 89, 2003.
- DÍAZ-SERRANO, F.R., et al., Experiencias en el manejo de lodos residuales municipales en agricultura en Guanajuato, México: *Memoria del XXVIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Villahermosa, Tab., México, 44, 1997.
- DILLON, E. y L. S. DILLON, *A Manual of common beetles*. U.S.A.: Dover Publications, vol. I y II, 878, 1972.
- EIJSACKERS, H., Ecotoxicology of soilorganisms: seeing the way in a pitch-dark labyrinth in M.H. Donker, H. Eijsackers and F. Heimbach (eds) *Ecotoxicology of soil organisms*. U.S.A.: Lewis Publishers, 3-32, 1994.

- EISENBEIS, G. y W. WICHARD. *Atlas on the biology of soil arthropods*. Berlin, Springer Verlag, 1-20, 1987.
- FIGUEROA, V. U. *et al.*, Establecimiento de parcelas demostrativas con el uso de biosólidos en suelos agrícolas del valle de Juárez, Chih. INIFAP, *Informe de Investigación*. 2000.
- FLORES, T. F.J. y L. FLORES. Los biosólidos de la planta tratadora de aguas residuales de la Ciudad de Aguascalientes: Características y usos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 33: 4-11, 2005.
- FROUZ, J. Use of soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: a review of ecological requirements and response to disturbance. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 167-186, 1999.
- GUERRERO, E. E. 2007. La cartografía de Suelos en México esc. 1:250.000. *Libro Resúmenes XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, León, Guanajuato, México*, 17-21, 2007.
- HADJICHARALAMPOUS, E., *et al.*, Soil arthropods (Coleoptera, Isopoda) in organic and conventional agroecosystems. *Environmental Management* 29 (5): 683-690, 2002.
- HOFFMANN, A. y G. LÓPEZ-CAMPOS. *Biodiversidad de los ácaros en México*. México: CONABIO y Facultad de Ciencias, UNAM., 230, 2000.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). El uso de biosólidos en la agricultura. Fichas tecnológicas, INIFAP, México, 2002.
- LUNA, M.L., *et al.*, *Actividad microbiana en suelos. Avance y Perspectiva*, 21: 328-332, 2002.
- MACALPINE, J.F., *et al.*, *Manual of nearctic diptera. Reach Branch Agriculture Canada*, 125-147, 1989.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. *Catálogo de los Collembola de México*. México: Facultad de Ciencias, UNAM, 102, 1997.
- POTISEK, C. *et al.*, *Potencial de uso de biosólidos en un suelo de matorral desértico*. Ed. INIFAP, CENID-RASPA, 2006.
- ROBLEDO, E., *et al.*, Characterization and agricultural application of sewage sludge. ASAE Paper No. 01-2283 St. Joseph, Mich.: ASAE, 2001.
- RUF, A., *et al.*, A biological classification concept for the assessment of soil quality: biological soil classification scheme (BBSK). *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 98: 263-271, 2003.
- SPP (SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO). *Síntesis Geográfica de Aguascalientes*. México: Secretaría de Programación y Presupuesto, 98, 1981.
- StatSoft. Inc. *STATISTICA* (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com. 2004.
- THOMAS, C.F.G. y E.J.P. Marshall. Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins of arable fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 72: 131-144, 1999.
- VÁZQUEZ, M.M., *Catálogo de los ácaros oribátidos edáficos de Sian Ka'an, Q. Roo, México*. México: CONABIO, 126, 1999.
- VÁZQUEZ, G. M.M. y J.G. PALACIOS-VARGAS. *Catálogo de colémbolos (Hexapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. México: CONABIO, 123, 2004.
- WARDLE, D.A. *Communities and Ecosystems: Linking the aboveground and belowground components*. U.S.A.: Princeton University Press. 2002.
- WOO REZA, J. *et al.*, Aplicación de lodos residuales en la producción de maíz (*Zea mays*). *Libro Resúmenes XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, León, Guanajuato, México*, 17-21, 2007.