

Estudio de la mejora de fertilidad de suelos cultivados con maíz forrajero al aplicarse biosólidos mediante la valoración de artrópodos edáficos

Study of soil improver action with application of biosolids to forage corn crops by assessing soil arthropods

L. FLORES-PARDAVÉ¹ / A. J. HERNÁNDEZ²

¹ Departamento de Biología, Universidad Aguascalientes, México;

² Departamento de Ecología, Edificio de Ciencias, Universidad de Alcalá, Ctra. Madrid-Barcelona km 33,6, 28871 Alcalá de Henares, Madrid (España).

Resumen: Cada vez es más frecuente la aplicación de biosólidos (lodos residuales obtenidos en plantas depuradoras de aguas fecales) para aumentar la productividad de cultivos forrajeros sobre suelos degradados. Se evalúan este tipo de acción mejorante esencialmente por la adición de materia orgánica a suelos muy empobrecidos de la misma. Sin embargo, son más desconocidas las valoraciones de los artrópodos edáficos que se vinculan con la mineralización de la misma. Este último aspecto ha constituido el objetivo del trabajo que presentamos. Se evalúan distintas dosis de aplicación de biosólidos en parcelas con cultivo de maíz forrajero (200, 300 y 400 t/ha), analizando la riqueza, abundancia y diversidad de los artrópodos edáficos. La diversidad de morfoespecies disminuye aunque la abundancia de algunos microartrópodos es mayor a medida que aumenta la dosis aplicada. Así, los colémbolos se revelan como el grupo funcional más importante de este agroecosistema, presentando correlaciones positivas significativas con el N y el P del suelo, siempre que la dosis aplicada de biosólidos no sea muy alta. En caso de superar las 300 t/ha, la densidad de estas poblaciones disminuye mucho, pudiendo afectar la mineralización deseada.

Palabras clave: mineralización M.O., fauna edáfica, colémbolos, biodiversidad.

Abstract: The application of biosolids (sludge obtained in sewage treatment plants) is increasingly frequent, to improve the productivity of forage crops on degraded soils. These improver actions are evaluated primarily by addition of organic matter to soils depleted of it. However, the valuation of soil arthropods that are associated with the mineralization of organic matter is more unknown. This last aspect has been the aim of this work we present. Different biosolid application rates on plots with forage maize (200, 300 and 400 T / ha) were evaluated, through the analysis of the richness, abundance and diversity of soil arthropods. Morphospecies diversity decreases, although the abundance of some microarthropods is greater with increasing the applied dose. Thus, springtails are revealed as the most important functional group of these agro-ecosystems and show significant positive correlations with the N and P of soil, provided that the application of biosolids does not exceed 300 t / ha.

Key words: organic matter mineralization, soil fauna, springtails, biodiversity.

INTRODUCCIÓN

El incremento de conocimientos sobre los problemas de la degradación del suelo está contribuyendo a tener que intensificar la investigación sobre la fauna edáfica como una prioridad para la evaluación de la calidad o de la salud de un suelo (Parisi *et al.*, 2005). Se reconoce que la mesofauna constituye un componente clave en la biota edáfica, si bien la información de carácter más ecológico es aun muy escasa y está referida a algunos grupos presentes en ambientes no perturbados. Con este trabajo nos proponemos aproximarnos al conocimiento de estos organismos en sistemas edáficos a los que se enriquecen con materia orgánica por aplicación de lodos residuales y

donde se cultiva maíz para forraje. Nuestra principal hipótesis de trabajo ha consistido en observar si al aumentar la dosis de aplicación de biosólidos, aumenta o disminuye la fauna de artrópodos en los mismos, así como identificar aquellos grupos que puedan estar más implicados en la mineralización de la materia orgánica adicionada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Se ha realizado un ensayo en campo en tres cultivos forrajeros (cultivo monófito de maíz) representativos del altiplano mexicano (1.833 m de altitud), sometidos a prácticas habituales en este territorio con clima semiseco semicálido (T^a media anual de 17,4°C y precipitación media de 526 mm, si bien fue de 359 mm en el año del ensayo), donde el maíz se siembra solamente en la época de lluvias. Las tres fincas experimentales se sitúan próximas entre sí en la provincia de Aguascalientes (México); tienen suelos de bajo espesor, de tipo xerosol háplico. La vegetación natural alrededor de las mismas corresponde a especies de matorral desértico y de pasto arbustivo: mezquites (*Prosopis laevigata*), huizaches (*Acacia farnesiana*), y varios arbustos típicos de matorral semidesértico destacando los nopales (*Opuntia spp.*) y la palma (*Yucca filifera*).

Diseño experimental y muestreos

Se establecieron dos parcelas de 3000 m² en cada uno de los tres cultivos, una con la adicción de biosólidos y otra control. Las dosis de aplicación fueron de 200, 300 y 400 t/ha en cada una de las fincas respectivamente y la composición de los biosólidos es muy semejante a la descrita en Flores-Pardavé *et al.* (2008): pH de 6,26, con un porcentaje de M.O. del 38,5 y con los niveles de Cr, Cd, Fe, Ni, Pb y Zn aceptables según la normativa mexicana (Sermanat, 2002). Los biosólidos, con un contenido de humedad del 80%, se incorporan al suelo 4 semanas antes de que comiencen las lluvias. En cada una de estas parcelas se acordonaron 6 unidades de 20 m², a tres de ellas se les retira siempre la vegetación adventicia mediante herbicida y a las otras tres se les permitió que crecieran. No se utilizaron insecticidas en ninguna de ellas. En cada una de estas unidades se establecieron 3 puntos de muestreo al azar (uno para junio, julio y agosto), por ser la época de lluvias la más favorable (humedad ambiental y edáfica), a la densidad de las poblaciones de artrópodos edáficos (Flores-Pardavé *et al.*, 2008). Se colocaron en cada muestreo durante una semana 9 trampas *pit fall* / parcela, que contenían alcohol al 50% (actuando como atrayente, como sustancia mortífera y como líquido conservante). Los artrópodos recolectados fueron colocados en frascos con alcohol al 70% para una mejor conservación y trasladados al laboratorio según el procedimiento descrito por Bater (1996). Se realizaron tres muestreos.

Fueron recogidas también muestras de suelo en cada una de las parcelas (resultado de 15 submuestras de 200 g tomadas al azar en los 5 primeros cm del suelo, que es el

nivel donde se encuentra la mayor densidad de la fauna edáfica), mediante una sonda y se analizaron según Hernández y Pastor (1989), mientras que para los biosólidos se utilizó la normativa mexicana vigente (Semarnat, 2002).

Análisis numéricos

Los ejemplares de artrópodos obtenidos en cada una de las muestras fueron identificados a nivel de grupo taxonómico de orden y se procedió al recuento de todos los ejemplares correspondientes a los mismos. La riqueza (nº total), abundancia (densidad de población) y diversidad (índice de Shannon H') de artrópodos, se ha estimado por recuento directo de cada una de las morfoespecies (incluyendo larvas diferentes y no solo ejemplares adultos); para los cálculos se han utilizado valores logarítmicos de la densidad poblacional, y se ha seguido el paquete estadístico incluido en Brower *et al.* (1997). Para conocer si el número de morfoespecies y el índice H' en las condiciones del ensayo se mostraban significativas, se realizan los distintos análisis de la varianza de una sola vía. Para estimar la productividad en cada agroecosistema se cortó el maíz al final del ensayo (3 meses después de sembrado) a ras de suelo en un m² y se obtuvo el peso seco en kg/m².

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestra en la tabla 1 los resultados globales en relación a la comunidad de artrópodos en el suelo con la aplicación de dosis creciente de biosólidos. Los colémbolos fueron los artrópodos edáficos con mayor abundancia, con y sin adición de lodos (tabla 2). Representaron el 83% en el caso de adicción de 200 t/ha durante dos años consecutivos (Flores-Pardavé *et al.*, 2008), si bien la densidad de sus poblaciones disminuye a partir de la aplicación de 300 t/ha (Flores-Pardavé *et al.*, 2011). Existen pocas morfoespecies con dosis altas de lodo, pero esas tienen abundancias muy altas; con lo cual, a pesar de que la riqueza de artrópodos en estos sistemas pueda ser alta, la abundancia de algunas morfoespecies es baja. Nuestros resultados están de acuerdo con los expresados por Parisi *et al.* (2005). Los microartrópodos, en especial colémbolos y ácaros, son los más abundantes, según se viene reconociendo desde el trabajo de Petersen y Luxton (1982) para los hábitats tropicales terrestres.

Tabla 1. Riqueza, abundancia y diversidad de la comunidad de artrópodos edáficos en cultivos de maíz sin biosólidos (0) y adicionados con 200, 300, 400 t/ha (valores medios totales y desviaciones típicas).

Parámetro	0	200 t/ha	300 t/ha	400 t/ha
Riqueza	48,0 ± 6,00	49,33 ± 8,62	43,67 ± 13,61	33,33 ± 8,62
Abundancia	1190 ± 414	1966 ± 1.946	27 703 ± 25.896	1380 ± 780
Diversidad	2,70 ± 0,40	2,23 ± 0,85	0,63 ± 0,79	1,99 ± 0,25

Tabla 2. Valores medios de abundancia de los grupos taxonómicos de artrópodos recogidos con adición de 200 y 400 t/ha de biosólidos (L= larvas) durante 3 meses.

Artrópodos	0 t/ha	200 t/ha	400 t/ha
Colémbolos	23,33 ± 13,61	50,33 ± 56,15	18,67 ± 14,47
Dermápteros	0 ± 0	0,33 ± 0,58	0 ± 0
Ácaros	7,33 ± 5,77	102 ± 41,6	1,658 ± 2,123,5
Tisanópteros	0,67 ± 1,15	0,67 ± 0,58	4,67 ± 5,03
Coleópteros (L)	2 ± 0,8	3 ± 0,3	1,33 ± 1,15
Dípteros (L)	0,67 ± 1,15	0,33 ± 0,58	0 ± 0
Himenópteros (L)	0 ± 0	0 ± 0	1,33 ± 1,15
Coleópteros	0 ± 0	0,33 ± 0,58	0 ± 0
Arañas	0 ± 0	0,33 ± 0,58	0 ± 0

Se realizó un análisis Anova utilizando un método de comparación múltiple post hoc (DMS, diferencia menos significativa), para evaluar el efecto de las cantidades aplicadas sobre los parámetros de la comunidad estudiados (tabla 3) mostrando diferencias significativas respecto a la abundancia y diversidad cuando se comparan los valores obtenidos para las distintas poblaciones en las parcelas sometidas a las diferentes dosis de biosólidos. No se observó, sin embargo, una diferencia significativa en cuanto a la riqueza de morfoespecies, ni aunque se aplicasen biosólidos con o sin cortar las especies adventicias (tabla 4).

Tabla 3. Análisis de la varianza de los artrópodos (grupos taxonómicos) en las parcelas tratadas con cantidades crecientes de biosólidos. (F = fiable significativo al 90%).

Parámetros	F	Significación
Abundancia	5,820	,021*
Diversidad	6,093	,018*
Riqueza	1,704	,243

Tabla 4. Valores medios y desviaciones típicas de la riqueza, la abundancia de poblaciones de artrópodos edáficos y diversidad en la parcela con aplicación de 400 de biosólidos y sin ellos durante el periodo de estudio.

Tratamiento	Riqueza	Abundancia	Diversidad	
Sin biosólidos	Sin sp advent.	32,7 ± 2,08	10,715 ± 14,820	0,78 ± 1,09
	Con sp advent.	40,0 ± 10,8	23,254 ± 10,773	0,66 ± 0,71
Con biosólidos	Sin sp advent.	43,7 ± 13,05	32,176 ± 26,870	1,08 ± 1,23
	Con sp advent.	43,7 ± 13,6	27,703 ± 25,896	0,63 ± 0,79

Aunque existe una dinámica estacional en las poblaciones de los artrópodos edáficos), se exponen en la tabla 5 las correlaciones que presentan los diferentes grupos

con la precipitación en dos años consecutivos del trabajo expuesto en Flores-Padarvé *et al.* (2008). Si observamos las correlaciones de la productividad con los diferentes grupos de artrópodos edáficos con aplicación de una dosis de 200 t/ha., parece que los mismos están más vinculados a tener o no vegetación adventicia en el cultivo del maíz, que a otro tipo de factores ambientales. Esta cuestión debe seguir siendo profundizada en nuestra investigación a juzgar por los resultados mostrados en la tabla 6.

Tabla 5. Valores de correlación de Pearson entre la precipitación y la abundancia de artrópodos en el cultivo adicionado con 200 t/ha. (***) significativa por encima del 99,9%; ** por encima del 99% y * por encima del 95 %).

Grupos taxonómicos	Con lodos y sin sp advent.	Con lodo y con sp. advent	Sin lodos y sin sp advent	Sin lodos y con sp advent
Ácaros	0,087	-0,377	0,605	-0,078
Arañas	-0,600	-0,707*	-0,875**	-0,601
Coleópteros	-0,677*	-0,663	0,039	-0,427
Collémbolos	0,897**	0,965**	0,251	0,194
Dípteros	0,629	0,314	0,649	0,949**
Hemípteros	0,004	-0,526	0,057	-0,133
Himenópteros	0,561	0,438	-0,647	-0,590

Tabla 6. Valores de correlación de Pearson entre la abundancia de los grupos de artrópodos epiedáficos y la productividad en el cultivo adicionado con 400 t/ha. (***) significativa por encima del 99,9 %; ** por encima del 99% y * por encima del 95%).

Grupo	Con veg. adventicia	Sin veg. adventicia
Ácaros	-0,880**	-0,478
Arácnidos	0,142	-0,349
Coleópteros	-0,380	0,058
Colémbolos	0,542	0,282
Dípteros	0,817**	0,676*
Hemípteros	0,123	0,080
Hymenópteros	-0,527	-0,689*

Tabla 7. Valores de correlación de Spearman entre el N inorgánico (%) y el P intercambiable de los suelos (mg/100g) con la abundancia de los microartrópodos.

Grupo	N	P
Ácaros	0,049	-0,158
Colémbolos	0,603**	0,398*

Tabla 8. Valores de correlación de Spearman entre parámetros edáficos relacionados con la estructura del suelo y abundancia de artrópodos con aplicación de biosólidos (81 observaciones o trampas).

Artrópodos	Dens.Apar	Arena	Limo	Arcilla	M.O.
Ácaros	0,219	0,219	-0,219	-0,219	-0,207
Colémbolos	-0,868**	-0,868**	0,868**	0,868**	0,131
Coleópteros	-0,353	-0,353	0,353	0,353	-0,066
Himenópteros	0,076	0,076	-0,076	-0,076	0,415*

Solamente, y para el caso de dosis de biosólidos que no sobrepasan las 300 t/ha, los colémbolos muestran correlaciones positivas con el N y el P del suelo, con lo que nos permite hablar de los mismos, como un grupo funcional vinculados a los flujos de estos elementos (tabla 7). No obstante, hay también grupos con función en la mejora de la estructura del suelo (tabla 8), cuestión esta importante para no permitir una excesiva compactación por la aplicación del biosólido. Nuevamente, los colémbolos parece ser el grupo más vinculado a los elementos más finos de la granulometría. Dado que este grupo de microartrópodos se revela como interesante, hemos procedido a la identificación taxonómica a fin de ir profundizando en el conocimiento de su rol en cultivos de maíz adicionados con esta enmienda orgánica (Flores-Padarvé *et al.*, 2001).

CONCLUSIONES

La riqueza y la abundancia de artrópodos edáficos parecen aumentar con aplicaciones de biosólidos en cultivos de maíz forrajero en el altiplano mexicano hasta una adicción de 300 t/ha, no así la biodiversidad de esta fauna edáfica. Una mayor dosis hace cambiar la composición específica de la comunidad de artrópodos, especialmente de colémbolos, que parece ser el principal grupo vinculado a la mineralización del N y del P, siendo también los que presentan una alta correlación positiva con la productividad del sistema. Los artrópodos menos abundantes y los himenópteros parecen estar afectados por la presencia o no de malas hierbas en este cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa EIADES de la Comunidad de Madrid (P2009/AMB-1478^a) y al Proyecto 2008-04827/TECNO del Ministerio de Ciencia e Innovación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATER, J.E. (1996). Micro and Macroarthropods. En: G.S. Hall (ed.) *Methods for the examination of organismal diversity in soils and sediment*, pp. 163-174. Wallingford, UK: CAB International.
- BROWER J.E., ZAR J.E. Y VON ENDE C. N. (1997) *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wallingford, EEUU: 4th ed. WCB Mc Graw Hill.

- FLORES-PADARVÉ, L.(2009). *Efecto de los lodos residuales de la planta tratadora de aguas en Aguascalientes (México) sobre los artrópodos del suelo de dos agroecosistemas*. Tesis doctoral, Universidad de Alcalá
- FLORES-PARDAVÉ L., ESCOTO R.J., FLORES-TENA F. y HERNÁNDEZ A. J. (2008) Estudio de la biodiversidad de artrópodos en suelos de alfalfa y maíz con aplicación de biosólidos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, **40**, 11-18.
- FLORES-PARDAVÉ L., PALACIOS J.C., CASTAÑO, G. Y CRUZ-POOL L. (2011) Colémbolos de suelos agrícolas en cultivos de alfalfa y maíz adicionados con biosólidos en Aguascalientes, México. *Agrociencia*, **45**, 353-362.
- GRIFFITHS D.A. (1996) Mites. En: G.S. Hall (ed.) *Methods for the examination of organismal diversity in soils and sediments*, pp. 175-185. Wallingford, UK: CAB International.
- HERNÁNDEZ A.J. Y PASTOR, J. (1989) Técnicas analíticas para el estudio de las interacciones suelo-planta. *Henares. Revista de Geología*, **3**, 67-102.
- PARISI V., MENTA C., GARDI C., JACOMINI C. Y MOZZANICA E. (2005) Microarthropod communities as a tool assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **105**, 323-333.
- PETERSEN H. Y LUXTON M. (1982) A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos*, **39**, 287-388.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2002) *Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000*.