

Recibido: 15/09/17; Aceptado: 30/06/18

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/centros>

indexada en



<http://www.latindex.unam.mx/>



<http://miar.ub.edu/issn/2304-604X>



## EFFECTO DEL HERBICIDA QUIRÓN 400 (2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO), EN LA ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE FAMILIAS DE COLLEMBOLA, EN CULTIVO DE MAÍZ, EN SAN ROQUE, SAN FRANCISCO, VERAGUAS.

Effect of the herbicide Quiron 400 (2,4-diclorofenoxiacético) on the abundance and diversity of families from the order Collembola in corn crop field at San Roque, San Francisco, Veraguas.

**Yaniseika Aguilar, Sheila Valdés y Jorge Gutiérrez**

<sup>1</sup> Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Escuela de Biología. Email: yaniseikaaguilar@gmail.com

### RESUMEN

Este estudio se realizó con el objetivo de conocer el efecto del herbicida Quirón 400 sobre la abundancia y diversidad de Collembolas, en un cultivo de maíz. En el estudio se colectó un total de 33517 individuos; 11912 corresponden al área de cultivo de maíz sin la aplicación del herbicida y 21605 corresponden al área donde se aplicó el herbicida. Las familias más abundantes, en el área donde se aplicó el herbicida fueron Isotomidae y Onychiuridae; mientras que en el área sin la aplicación del herbicida fueron Isotomidae y Entomobryidae. Los Resultados sugieren que el tratamiento con el herbicida solo afectó a cuatro familias de Collembola.

**PALABRAS CLAVE.** Quirón 400, impacto, abundancia, diversidad, Collembola, agroecosistema de maíz.

## ABSTRACT

This study was carried out with the objective of knowing the effect of the Chiron 400 herbicide on the abundance and diversity of Collembolas, in a corn crop. In the study, a total of 33517 individuals were collected; 11912 correspond to the corn cultivation area without the application of the herbicide and 21605 correspond to the area where the herbicide was applied. The most abundant families, in the area where the herbicide was applied were Isotomidae and Onychiuridae; while in the area without the application of the herbicide were Isotomidae and Entomobryidae. The results suggest that the treatment with the herbicide only affected four families of Collembola.

**KEYWORDS.** Quiron 400, impact, abundance, diversity, Collembola, Corn crop field.

## INTRODUCCIÓN.

El uso de colémbolos como indicadores de la calidad y salud del suelo, ha sido señalado por autores como Frampton (1997); Kopeszki (1997); Vásquez (1999); Cutz–Pool, *et al.* (2007). Por ejemplo, Kopeszki (1997), indicó que una disminución en el crecimiento y abundancia de las poblaciones de Collembola, se da debido a la presencia de ácidos, metales pesados y exceso de fertilizantes nitrogenados en los suelos. Al respecto también Hendrix *et al.* (1985), Krogh (1994), Lagerlöf y Andren (1991); mencionan que en suelos con presencia de fertilizantes químicos hay menor abundancia del orden Collembola. Por lo tanto los colémbolos, pueden ser útiles como indicadores biológicos, al medir la salud del ambiente, ya que tienen la capacidad de responder a cambios en las condiciones del ambiente, sean físicos o químicos, debido a su plasticidad; ejemplo de esto, son los trabajos realizados por Cutz-Pool *et al.* (2003) y Vannier (1973).

Ponge y Prat (1982); Ponge *et al.* (1986); Mendoza-Arviso *et al.* (1999); Petersen (2000; 2002); Rebek *et al.* (2002); Guillén *et al.* (2006); Mojocoa (2004); Gutiérrez (2010), han realizado estudios en agroecosistemas, en donde se promueve el uso de la fertilización química y la aplicación de plaguicidas, como medida para garantizar la sostenibilidad de los rubros agrícolas a mediano y largo plazo,

determinando el efecto sobre los microartrópodos del suelo, entre ellos los Collembola.

Por otro lado, Frampton (1997), encontró que las aplicaciones de plaguicidas, especialmente organofosforados, afectan negativamente la abundancia de los colémbolos; aunque se sabe que el orden Collembola son sensibles a una amplia gama de pesticidas utilizados en la actualidad, rara vez han sido adecuados en escala temporal, para permitir la detección de los efectos de la población a largo plazo. Este mismo autor, indicó que las interacciones entre Collembola y otros microartrópodos, pueden determinar su valor como bioindicadores y para establecer el efecto directo o indirecto de los pesticidas.

El uso de pesticidas como el Benomyl e Isofreno, producen una depresión inmediata de la abundancia de Collembola, manteniendo un efecto persistente entre uno y cuatro años (Krogh, 1991). Sin embargo, Vreeken-Buijs *et al.* (1994), indicaron que la aplicación de pesticidas, producen cambios en la abundancia de Collembola, interfiriendo negativamente; mientras que Stinner *et al.* (1986), había indicado que los pesticidas producen un efecto positivo en las poblaciones de este grupo.

Prácticas antropogénicas, como el monocultivo en los suelos con vocación agrícola y el uso indiscriminado de plaguicidas, provocan la pérdida de materia orgánica, afectando la estabilidad de la entomofauna edáfica (Anderson, 1988; Gregorich *et al.*, 1995; Guillén *et al.*, 2006). Por su parte Rebek *et al.* (2002) afirmó que los Colémbolos, son organismos que responden a las alteraciones en la estructura del suelo; por lo tanto, la abundancia, la diversidad de especies y sus características, proveen información sobre el impacto de los ecosistemas. Por lo que los colémbolos dentro de la entomofauna edáfica, son considerados uno de los grupos que ha despertado mayor interés, en función de la susceptibilidad a las variaciones de las condiciones físico-químicas en los suelos agrícolas (Villalobos, 1990; Stock y Eggleton, 1992; Garita-Cambronero *et al.*, 2006).

Este estudio busca conocer el efecto que tiene el herbicida Quirón 400 (2,4-diclorofenoxiacético), sobre la diversidad y abundancia de familias de Collembola, en el agroecosistema de maíz.

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

El presente trabajo se realizó en un agroecosistema de maíz, en la comunidad de San Roque, San Francisco, Veracruz, con coordenadas geográficas: 08°16'995" N° y 080°59'153" W, a una elevación de 161 m.s.n.m., cuyo objetivo era conocer el efecto del herbicida Quirón 400 y la estacionalidad, sobre la abundancia y diversidad de las poblaciones de familias de Collembola. Para el estudio se delimitaron dos parcelas al azar de 1000 m<sup>2</sup>; a una de ellas se le aplicó el herbicida, mientras que a la otra área no se le aplicó el herbicida. En cada área de estudio, se realizaron seis muestreos, uno mensual y ocho repeticiones por área, de octubre a diciembre del 2011 y enero a marzo del 2012. En cada área de muestreo, se colocaron al azar ocho trampas pitfall, con 500 ml. de una solución jabonosa con formalina al 1%. Las trampas pitfall, estuvieron ubicadas durante tres días; los especímenes fueron recogidos, fueron tamizados a través de un cernidor de 50 micras y colocadas en envases con alcohol al 70%, transportados al laboratorio, para su lavado, limpieza, preservación e identificación final. Para la separación e identificación, se utilizaron estereomicroscopios, marca Motic, modelo SM2-143 y las claves taxonómicas para identificar Collembola de Palacios-Vargas (1990); Palacios-Vargas & Gómez-Anaya (1993); Díaz Aspiazú *et al.* (2004); Christiansen *et al.* (2007); Ospina *et al.* (2009). Se realizó una prueba del estadístico t de student, utilizando el programa Excel de Windows office 2010, para establecer la diferencias significativas entre las poblaciones de las familias de Collembola, entre las áreas con y sin tratamiento del herbicida y entre las estaciones; así como entre las poblaciones de las familias de cada área estudiada.

## RESULTADOS.

En el estudio se colectaron un total de 33 517 especímenes de Collembola, de los cuales 11 912, fueron colectados en el área de cultivo de maíz donde no se aplicó el herbicida Quirón 400, encontrándose representantes de ocho (8) familias; mientras que 21 605 especímenes de Collembola, se colectaron en el área de cultivo donde se aplicó el herbicida Quirón 400, encontrándose representantes de siete (7) familias. Durante la estación lluviosa se capturaron 30 196 individuos de Collembola; mientras que en la estación seca sólo, se encontraron 3 321 individuos de Collembola (Tabla 1).

Otros resultados indican que las familias Isotomidae, Onychiuridae y Dicyrtomidae, sufrieron un aumento significativo en el número de individuos, en el área en que se aplicó el herbicida Quirón 400, por lo que se presume que este herbicida fue probablemente la causa del aumento en el número de individuos en estas tres familias de Collembola. Por otro lado, la familia Entomobryidae, Paronellidae y Sminthuridae, sufrieron una disminución significativa de sus poblaciones, por lo que se asume que fue producto del efecto del herbicida Quirón 400; la familia Sminthurididae, no presentó individuos en el área de cultivo donde se aplicó el herbicida Quirón 400, indicando que probablemente el efecto de este herbicida fue la causa de la no presencia; y la familia Brachystomellidae, no reflejó cambios significativos en su población, por lo que se asume que no fue afectada por el herbicida (Tabla1).

Durante la estación lluviosa se encontró que las familias Isotomidae y Entomobryidae, fueron muy abundantes en su número de individuos, lo que indica que el impacto de este factor abiótico, influye en que las poblaciones de estas dos familias aumenten positivamente de manera significativa; mientras que durante la estación seca la falta de humedad en el suelo, hace que las poblaciones de estas dos familias tengan una reducción significativa en sus poblaciones; también la estación seca influyó en que el número de individuos de las familias Paronellidae, Brachystomellidae, Dicyrtomidae e Sminthuridae, disminuyera; y en el caso de la familia Sminthurididae, tanto en el área donde se aplicó el herbicida Quirón 400,

como durante la estación seca, pudieron haber sido las causa de que esta familia no estuviera especímenes presentes (Tabla1).

Tabla 1. Número de individuos por familias de Collembola por tratamiento y estacionalidad.

Familia	Cultivo Sin Quirón 400	Cultivo con Quirón 400	Total	Estación lluviosa	Estación seca	Total
Isotomidae	7 116	15 593	22 709	22 468	241	22 709
Onychiuridae	665	4 729	5 394	5 146	248	5 394
Entomobryidae	3 235	683	3 918	1 624	2 294	3 918
Paronellidae	247	166	413	247	166	413
Brachystomellidae	92	86	178	177	1	178
Dicyrtomidae	103	320	423	271	152	423
Sminthuridae	373	28	401	182	219	401
Sminthurididae	81	0	81	81	0	81
<b>Total</b>	<b>11 912</b>	<b>21 605</b>	<b>33 517</b>	<b>30 196</b>	<b>3 321</b>	<b>33 517</b>

Fuente. Datos propios

En el área de cultivo de maíz sin la aplicación del herbicida Quirón 400 (2,4-diclorofenoxiacético), los resultados obtenidos mostraron la presencia de ocho (8) familia de Collembola, donde la más abundante fue Isotomidae, con un total de 7 116 individuos, representando un 59,7%, seguido por la familia Entomobryidae con 3 235 individuos, representando un 27,1%; mientras que la familia menos abundante fue Sminthurididae con 81 individuos, representando el 0,7% (Tabla 2).

Tabla 2. Número de individuos por familias de Collembola en el área con cultivo de maíz, sin aplicación del herbicida Quirón 400.

Familia/ Mes	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Total	Porcentaje %
Isotomidae	325	6 495	181	83	13	19	<b>7 116</b>	<b>59,7</b>
Onychiuridae	36	513	80	35	1	0	<b>665</b>	<b>5,6</b>
Entomobryidae	27	45	1 407	993	14	749	<b>3 235</b>	<b>27,1</b>
Paronellidae	28	41	86	83	2	7	<b>247</b>	<b>2,1</b>
Brachystomellidae	16	52	24	0	0	0	<b>92</b>	<b>0,8</b>
Dicyrtomidae	3	55	43	1	1	0	<b>103</b>	<b>0,9</b>
Sminthuridae	8	155	3	77	12	118	<b>373</b>	<b>3,1</b>
Sminthurididae	0	81	0	0	0	0	<b>81</b>	<b>0,7</b>
							<b>Total de individuos</b>	<b>11 912</b>
								<b>100 %</b>

En el área de cultivo de maíz, donde se aplicó el herbicida Quirón 400, los resultados obtenidos presentaron la presencia de siete (7) familias. Las familias de Collembola más abundantes, fueron Isotomidae con un total de 15 593 individuos, representando un 72,2%, seguido por la familia Onychiuridae con 4 729 individuos, representando el 21,8%; mientras que la familia menos abundante fue Sminthuridae con un 0,1%. Además, los meses donde se presentaron las mayores poblaciones de Isotomidae, fueron octubre y noviembre (Tabla 3).

En esta área no se encontró, la familia Sminthurididae, que sí estuvo presente en el área de cultivo de maíz, sin la aplicación del herbicida. Esto nos indica, que probablemente esta familia pudo presentar sensibilidad al herbicida, lo que impidió encontrarla en el área donde se aplicó este agroquímico.

Según Vásquez (1999), los agroquímicos, producen una disminución en el pH de los suelos, lo que pudo haber afectado a esta familia, evitando que estuviera presente en áreas de aplicación del herbicida.

La gran diferencia en el número de individuos de la familia Isotomidae, durante el mes de octubre, con respecto al mes de noviembre, se debió probablemente al gran estrés al que estuvo sometida, debido a la aplicación del herbicida Quirón 400. Esto es corroborado por Frampton (1997); Vreeken-Buijs et al. (1994), quienes encontraron que las aplicaciones de plaguicidas y pesticidas, especialmente organofosforados, afectan negativamente la abundancia de algunas familias de colémbolos. Krogh (1991), indicó que el uso de pesticidas como el Benomyl e Isofreno, producen una depresión inmediata de la abundancia de Collembola.

El gran número de individuos de la familia Isotomidae, encontrado en el área donde se aplicó el agroquímico, puede deberse a que la abundancia de estos colémbolos, se ve favorecida por el uso de suelos perturbados (Petersen, 2000). Sobre este aspecto, autores como Stinner et al. (1986), indicaron que los pesticidas pueden producir un efecto positivo en poblaciones de este grupo.

Además, se conoce que el efecto de insecticidas como Clorpirifos sobre artrópodos no blancos del suelo, genera sobre las comunidades de Collembola un incremento poblacional 1,7 veces mayor, en los cultivos tratados con insecticida que aquellos sin dicho tratamiento (Mojocoa, 2004).

Estos resultados donde se comparan los tratamientos (cultivo de maíz con la ausencia de herbicida Quirón 400 y con presencia del herbicida Quirón 400), concuerdan con los de Frampton (1997), quien encontró que las aplicaciones de plaguicidas, especialmente organofosforados, afectan negativamente la abundancia de los colémbolos. Un aspecto a tener en cuenta es que el pH de los suelos se ve afectado por la influencia de éstos químico, lo que lo hacen ser suelos acidificados, esto coincide con los estudio realizado por Gutiérrez (2010), indicó que el género *Salina sp.* (Paronellidae), al encontrarse en suelos cultivados con pH entre 4 y 6, puede ser considerado como un potencial indicador de la buena calidad de los mismos. Sin embargo esta misma especie se ve afectada su presencia en suelos con acidez menor a pH 4, acidificado por influencia de sustancias químicas, como herbicidas.

En cuanto a los resultados obtenidos sobre la estacionalidad, estos son similares a los obtenidos por Cutz-Pool *et al.* (2007), quienes encontraron una disminución en la abundancia y en la riqueza de especies, al efectuar un estudio sobre los colémbolos edáficos, en dos agroecosistemas con riego contrastante, es decir con diferencias significativas entre la aplicación de las cantidades de agua.

Por otro lado, Vannier (1973), sostiene que factores ambientales como la humedad y temperatura, son determinantes en la existencia de un hábitat óptimo para los colémbolos; ya que influyen en la tasa de reproducción y crecimiento estos los individuos, así como en su distribución vertical a lo largo de un perfil. Sobre este mismo aspecto, Ospina *et al.* (2009), indican que los colémbolos, son un grupo sensible a los cambios medioambientales.

Por otro lado Guillen, *et al.* (2006), sostienen que las variables físicas como la temperatura, afectan la diversidad de Collembola; así como de igual forma la humedad está estrechamente relacionada con el establecimiento de hongos y bacterias, que son fuente de alimento de muchos colémbolos.

**Tabla 3. Número de individuos por familias de Collembola en el área de cultivo de maíz, con aplicación del herbicida Quirón 400.**

<b>Familias</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Total</b>	<b>Porcentaje %</b>
Isotomidae	1 004	14 151	312	71	4	51	<b>15 593</b>	<b>72,2</b>
Onychiuridae	41	3 798	678	19	192	1	<b>4 729</b>	<b>21,8</b>
Entomobryidae	4	17	124	296	17	225	<b>683</b>	<b>3,2</b>
Paronellidae	19	21	52	74	0	0	<b>166</b>	<b>0,8</b>
Brachystomellidae	3	64	18	0	1	0	<b>86</b>	<b>0,4</b>
Dicyrtomidae	9	119	42	57	47	46	<b>320</b>	<b>1,5</b>
Sminthuridae	1	13	2	6	0	6	<b>28</b>	<b>0,1</b>
<b>Total de individuos</b>							<b>21 605</b>	<b>100%</b>

El análisis de la prueba t-student, determinó que para los tratamientos (con y sin aplicación de Qirón 400), existieron diferencias significativas en cuanto a las poblaciones de las familias Isotomidae, Onychiuridae, Brachistomellidae, y Sminthurididae; mientras que entre la estacionalidad produjo diferencia significativa poblacional entre las familias Isotomidae, Entomobryidae, Onychiuridae, Paronellidae, Dicyrtomidae, Sminthuridae y Sminthurididae; sin embargo, no existió diferencias significativas en las poblaciones la familia Brachystomellidae (Tabla 4).

**Tabla 4. Prueba t-student, para determinar diferencias significativas entre las poblaciones de las familias de Collembola, por tratamientos y estacionalidad.**

<b>Familia</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Estacionalidad</b>
Isotomidae	<b>0,31</b>	<b>0,38</b>
Onychiuridae	<b>0,26</b>	<b>0,32</b>
Entomobryidae	0,09	<b>0,72</b>
Paronellidae	0,04	<b>0,74</b>
Brachystomellidae	<b>0,78</b>	0,18
Dicyrtomidae	0,02	<b>0,51</b>
Sminthuridae	0,07	<b>0,89</b>
Sminthurididae	<b>0,36</b>	<b>0,42</b>

\*t > 0,25 existe diferencia significativa.

## CONCLUSIÓN.

Existió diferencia significativa entre la abundancia de especímenes de Collembola, entre el área donde se aplicó el herbicida Quirón 400 y el área donde no hubo aplicación del mismo. Por otro lado existió diferencia significativa en la abundancia de especímenes de Collembola, entre la estación lluviosa y la estación seca. Las familias Isotomidae, Onychiuridae y Dicyrtomidae, aumentaron de manera significativa sus poblaciones bajo la aplicación del herbicida Quirón 400; mientras que las poblaciones de las familias Entomobryidae, Paronellidae, Sminthuridae y Sminthurididae, disminuyeron significativamente sus poblaciones ante la aplicación del herbicida. La estación lluviosa afectó de manera significativamente el aumento de las poblaciones de las familias Isotómidae, Onychiuridae, Paronellidae, Brachystomellidae, y Sminthurididae; mientras que la estación seca afectó significativamente de manera positiva a las poblaciones de las familias Dicyrtomidae. La población de la familia Sminthutidae, no fue afectada por la estacionalidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Anderson, M. J. 1988. Spatio temporal effects of invertebrates on soil processes. **Biology and fertility of Soil** **6**: 189-203.
- Christiansen, K. A., P. Greenslade, L., Deharveng, R. J. Pomorski y F. Jenssens. 2007. Checklist of the Collembola: key to the families of Collembola. pp 12.
- Cutz-Pool, L. Q., J. G. Palacios-Vargas y M. M. Vásquez. 2003. Comparación de algunos aspectos ecológicos de Collembola en cuatro asociaciones vegetales de Noh-Bec, Quintana Roo, México. **Folia Entomológica Mexica** **42(1)**: 91-101.
- Cutz-Pool, L. Q., J. G. Palacios-Vargas, G. Castaño-Meneses y N. E. García-Calderón. 2007. Edaphic Collembola from two agroecosystems with contrasting irrigation type in Hidalgo State, Mexico. **Applied Soil & Ecology** **36**:46-52.
- Díaz Aspiazu, M., V. González Cairo, J. G. Palacios-Vargas y M. J. Luciañes Sánchez. 2004. Clave dicotómica para la determinación de los colémbolos de Cuba. (Hexápoda: Collembola). **Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa** **34**: 73-83.
- Frampton, G. K. 1997. The potencial of Collembola as indicators of pesticide usage: evidence and methods from the UK arable ecosystem. **Pedobiología** **41**:179-184.
- Garita-Cambroner, J., A. Duarte Madrigal y A. Retana-Salazar. 2006. Indicadores eficientes de salud edáfica. *Mes* **1(11)**: 23-32.
- Gregorich, E. G., D. A. Angers, C. A. Campbell, M. R. Carter, C. F. Drury, B. H. Elier, P. H. Groenevelt, D. A. Holstrom, C. M. Monreal, H. W. Rees, R. P. Voroney y T. J. Vyn. 1995. Changes in soil organic matter Ch.5. In: D. F. Acton y L. J Gregorich (eds). The health of our soils. Centre for Land and Biological Resources Research. Canada. pp. 350.

- Guillen, C., F. Soto-Adames y M. Springer. 2006. Variables físicas, químicas y biológicas del suelo sobre las poblaciones de Colémbolos en Costa Rica. **Agronomía Costarricense 30(2)**: 19-29.
- Gutiérrez V., Jorge L. 2010. Efectos de material orgánica (m.o) y el pH, sobre la fauna de los Collembola en suelos de vocación arrocera en Panamá. Universidad de Panamá. Pág. 30.
- Hendrix P. E. y R.W., Parmelee. 1985. Descomposition, nutrient loss and microarthropod densities in herbicide-treated grass litter in a Georgia Piedmont Agroecosystem. *Soil Biol. Biochem* **17**: 421-428.
- Kopeszki, H. 1997. An active bioindication method for the diagnosis of soil properties using Collembola. **Pedobiología 41**:159–166.
- Krogh, P. H. 1991. Perturbation of soil microarthropod community with the pesticides benomyl and isofenphos. I. Population changes. **Pedobiología 35**: 71-88.
- Krogh, P. H. 1994. Microarthropods as bioindicator. A study of disturbed populations. PhD thesis. National Environmental Research Institute. Silkeborg Denmark. pp 96.
- Lagerlöf, J. y Andren, O. 1991. Abundance and activity of Collembola, Protura and Diplura (Insecta, Apterygota) in four cropping systems. **Pedobiología 35**: 337-350.
- Mendoza-Arviso, S., F.J. Villalobos, L. Ruíz Montoya y A. E. Castro R. 1999. Patrones ecológicos de los colémbolos en el cultivo de maíz en Balún Canal, Chiapas, México. **Acta Zoológica Mexicana 78**: 83-101.
- Mojocoa Alarcón, M. 2004. Efecto del uso de clorpirifos en maíz (zea mays l.) sobre los artrópodos no-blanco del suelo. Universidad Del Tolima. Facultad de Ingeniería Agronómica. Ibagué. pp 57.

- Ospina-Sánchez, C. M., J. Rodríguez y D. C. Peck. 2009. Clave para la identificación de géneros de Collembola en agroecosistemas de Colombia. **Revista colombiana de entomología 35(1)**: 57-61.
- Palacios- Vargas, J. G. 1990. Diagnósis y clave para determinar las familias de los Collembola de la región Neotropical. **Manuales y guías para el estudio de microartrópodos 1**. México D.F. pp. -15.
- Palacios- Vargas, J. G. y J. A. Gómez-Anaya. 1993. Los Colémbolos (Hexapoda: Aptérigota) de Chamela, Jalisco, México. (Distribución, Ecología y Claves). **Folia Entomológica Mexicana 89**: 1-34.
- Petersen, H. 2000. Collembola populations in an organic crop rotation: Population dynamics and metabolism after conversion from clover- grass ley to spring barley. **Pedobiología 44**: 502-515.
- Petersen, H. 2002. General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium. **Pedobiología 46**: 246-260.
- Ponge, J. F. y B. Prat. 1982. Les collembolés, indicateurs du mode d'humification dans les pleupements résineux, feuillus et mélanges: résultats obtenus en forêt d'Orléans. **Review Ecology Biology Soil 19**: 237-250.
- Ponge, J. F., G. Vannier, P. Arpin y J. F. David. 1986. Soil fauna and site assessment in beech stands of the Belgian Ardennes. **Canadian Journal of forest Research 27**: 2053-2064.
- Rebek, E. J., D. B. Hogg y D. K. Young. 2002. Effect of four chopping systems on the abundance and diversity of epiedaphic springtails (Hexapoda: Parainsecta: Collembola) in Southern Wisconsin. **Environmental Entomology 31(1)**: 37-46.
- Stinner, B. R., Krueger, H. R. y McCartney, D. A. 1986. Insecticide and tillage effects on pest and non-pest arthropods in corn agroecosystems. **Agric. Ecosystems. Environ 15**: 11- 21

- Stock, E. N. y P. Eggleton. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**. 7: 23-32.
- Vannier, G. 1973. Incidence du climat sur les microarthropodes d'un sol forestier en region temperée. II. Relations faune-climat. **Bullitin Ecology** 28: 35-48.
- Vásquez G., M. 1999. Fauna Edáfica de las selvas tropicales de Quintana Roo. Universidad de Quintana Roo. México. pp. 145.
- Vreeken-Buijs, M. J., Geurs, M., de Ruiter, P. C. y Brussaard, L. 1994. Microarthropod biomass-C dynamics in the belowground food webs of two arable farming systems. Agric. **Ecosystems Environ** 51: 161-170.
- Villalobos, F. J. 1990. Estudio preliminar sobre la abundancia y diversidad de los Collembola (Apterygota) de un bosque tropical del norte de México. **Folia Entomológica Mexicana** 80: 5-29.