

INFLUENCIA Y CORRELACIÓN ENTRE FAMILIAS DE COLLEMBOLA CON FACTORES FÍSICO-QUÍMICOS EDÁFICOS, EN ECOSISTEMAS DE BOSQUE SECO TROPICAL, HERBAZAL Y CULTIVO DE MAÍZ, EN EL ÁREA DE SAN ROQUE, SAN FRANCISCO, VERAGUAS

(Influence and correlation among Collembola families with physical-edaphic chemicals factors in dry tropical forest, herbage and corn crop ecosystems in San Roque area, San Francisco, Veraguas)

Jorge Gutiérrez¹ y Vladimir Loiza¹

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Ciencias Ambientales. Email: jgutiz@yahoo.es; vladilich26@hotmail.com

RESUMEN

Con el propósito de conocer la correlación existente entre las familias de Collembola y los factores físico-químicos edáficos en ecosistemas de bosque seco, herbazal y cultivo de maíz sin aplicación de agroquímicos, se realizó un estudio desde octubre de 2011 a marzo de 2012 en la comunidad de San Roque, Distrito de San Francisco, Provincia de Veraguas. Los especímenes de Collembola fueron colectados utilizando trampas pitfall, encontrándose 8 familias: Isotomidae, Entomobryidae, Brachystomelidae, Onychiuridae, Sminthuridae, Dicyrtomidae, Paronellidae y Sminthurididae. También se realizó un análisis físico-químico del suelo de las tres áreas de estudio. Por medio de una prueba de correlación de Pearson, se determinó que los factores humedad y precipitación mostraron estar fuertemente correlacionados con el número de individuos por familia de Collembola; mientras que la temperatura mostró una correlación negativa significativa respecto al número de individuos por familia de ese mismo orden. Además, la prueba de Componentes Principales, determinó que el mayor peso o influencia de las variables edáficas sobre las familias de Collembola, la ejercían el pH, potasio, calcio, fósforo y materia orgánica, siendo el pH, potasio y fósforo, los que mostraron tener una mayor correlación con la abundancia de las familias de este orden.

PALABRAS CLAVES

Correlación, Collembola, factores edáficos, ecosistemas.

ABSTRACT

With the purpose to find-out the correlation existence between families of Collembola and the edaphic physical-chemistry factors of the dry forest, pasture and the corn crop ecosystems by not applying agrochemical, this study was carried-out from October 2011 to March 2012 in the community of San Roque, District of San Francisco, province of Veraguas. The Collembola's specimens were collected using pitfall traps, finding 8 families: Isotomidae, Entomobryidae, Brachystomellidae, Onychiuridae, Sminthuridae, Dicyrtomidae, Paronellidae and Sminthurididae. A physical-chemistry analysis of the soil from the three areas of study, was also carried-out. By means of Pearson's correlation test, it was determined that humidity and precipitations factors, showed to have strong positively correlation and significance toward the number of individuals of the Collembola's family; mean while the temperature determined showed a negative correlation toward this family and the same order. The Principal Components test determined that the major weight or influence of the edaphic variables on Collembola's families has been exercised by the potassium, calcium, phosphorus and organic matter, in which pH, potassium and phosphorus showed to have more correlation with the abundance of Collembola's families.

KEYWORD

Correlation, Collembola, edaphic factors, ecosystems.

INTRODUCCIÓN

Desde el momento que un sistema natural es modificado para desarrollar actividades agrícolas, los mayores cambios ocurren en las propiedades del suelo y en la abundancia, biomasa y diversidad de la biota del suelo comunidad, y las comunidades presentes van a estar determinadas por la intensidad del cambio inducido respecto al ecosistema natural y por la habilidad de los organismos para adaptarse a esos cambios (Brown et al., 2001).

Las propiedades físicas y químicas del suelo afectan a la fauna que lo habita, de manera directa por el contenido de materia orgánica y de humedad, el pH, la estructura del suelo y la aireación, y de forma indirecta a través del efecto que tienen sobre la vegetación (Swift et al., 1976, citado por Curry, 1987; Dubs et al., 2004;). Además, la composición y distribución de las comunidades son afectadas por factores tales como la disponibilidad de recursos, las condiciones microclimáticas, la fertilidad y estructura del suelo (Beare et al., 1995).

Según Ferguson y Joly (2002), los factores físico-químicos, así como la precipitación pluviométrica, la materia orgánica y el pH, regulan la densidad poblacional de los colémbolos en

el suelo. En general los organismos edáficos prefieren ambientes húmedos. En condiciones de déficit de agua, se traslada a partes más profundas de perfil y se distribuyen en forma más agregada (Verhoef y Van Selm, 1983). El contenido de humedad es tan importante que en suelos con contenidos de nutrientes muy bajos pero con adecuados niveles de humedad, las densidades poblaciones de la macrofauna, son considerablemente superiores que en suelos ricos en nutrientes pero más secos (Luizão et al., 2002).

Se ha encontrado que factores como la humedad ambiental (Christiansen, 1992), que la humedad y la temperatura (Arbea & Blasco, 2001), la temperatura y el y el pH (Schowalter, 2006) y el CO₂ (García-Gómez et al., 2009), son factores determinantes del hábitat óptimo para el establecimiento de las comunidades de Collembola; ya que influyen en la tasa de reproducción y crecimiento de los individuos y en su distribución vertical a lo largo de un perfil. También Marín Beitia (2013), indica que las condiciones de humedad del suelo y la precipitación tienen influencia variable en algunas familias de colémbolos. En general, se ha mencionado que existe la tendencia de este grupo a variar en diversidad de especie con respecto a los ecosistemas que ocupan (Pianka, 1966; Heaney, 2001; O'Donnell y Kumar, 2016).

La adaptación de las diversas especie de Collembola, a ecosistemas que presentan diferentes tipos de suelos, se determinada por la cantidad de materia orgánica y el pH (Rusek, 1998; Gómez-Anaya, 1998; Hasegawa, 2002). La abundancia la diversidad y la estratificación espacial de los colémbolos, cambian en función de la disponibilidad de materia orgánica en el suelo (Ponge y Pratt, 1982; Curry y Good, 1992; Bretes et al., 1995), lograron determinar que la abundancia la diversidad y la estratificación espacial de los colémbolos, cambian en función de la disponibilidad de materia orgánica en el suelo.

Filser (2002) indicó que los colémbolos, contribuyen al reciclaje de carbono y nitrógeno, presente dentro de la materia orgánica, favoreciendo el incremento de estos organismos en el suelo. Además autores como Frampton (1994; 1997), Kovac y Miklisova (1997), Greenslade (1997), afirmaron que los Collembola, son organismos sensibles a los cambios físico-químicos del suelo y pueden ser utilizados como bioindicadores de la salud y calidad de estos.

Es por eso que esta investigación busca establecer la correlación entre las familias de Collembola, con la estacionalidad y los factores Físico-químicos edáficos (materia orgánica m.o., pH, potasio (K), fósforo (P) y calcio (Ca), humedad, precipitación y temperatura en área de cultivo de maíz sin la aplicación de agroquímicos, herbazal y bosque seco tropical, en el área de San Roque, San Francisco, Veraguas.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó desde octubre de 2011 hasta marzo de 2012, en tres tipos de ecosistemas, en el área de San Roque, distrito de San Francisco, Provincia de Veraguas, en cultivo de maíz sin la aplicación de agroquímicos, pero con aplicación de gallinaza como fertilizante, herbazal y bosque seco tropical, con coordenadas geográficas 08016.995” N y 0800153” W, a una elevación de 161 m.s.n.m.

Se escogió y delimitó al azar una parcela de muestreo de 1000 m² (20 m x 50 m) en cada uno de los tres ecosistemas de estudio, colocándose en cada uno de ellos al azar 8 trampas pitfall, durante tres días, para realizar las colectas. Los especímenes colectados fueron procesados e identificados con la ayuda de estereomicroscopios marca Motic SM2-143 y las claves taxonómicas de Palacios-Vargas (1990); Palacios-Vargas y Gómez-Anaya (1993); Díaz Aspiazú et al. (2004) y Christiansen et al. (2007) y Ospina et al. (2009). En el laboratorio los individuos, fueron transferidos a viales de 50 ml. que contenían alcohol al 70 % para su conservación, separados por fecha, familias y localidad de colecta. Las colectas se realizaron en cada área una vez por mes, durante los seis (6) meses.

Además, se tomó 1 Kg de muestra de suelo, en cada uno de los lugares donde se colocaron las trampas pitfall, de cada una de las tres áreas de estudio, las cuales fueron colocadas en bolsas plásticas debidamente rotuladas con información del área, fecha de colecta y se llevaron al laboratorio de análisis de suelo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), ubicado en Divisa en un periodo no mayor de 48 horas, para que las muestras mantuvieran lo mejor posible sus características físicas y químicas. Una vez en el laboratorio, a las muestras de suelo se le realizaron pruebas químicas, para detección de materia orgánica, pH, potasio fosforo y calcio.

Los datos obtenidos de la investigación, fueron tabulados y organizados utilizando el programa Microsoft Excel 2007. Además, se utilizó el programa SPSS 16.0.1 (Statistica Package for the Sciences, 2007), con el cual se realizó la prueba de Análisis DE Componentes Principales, para reducir el menor número de variables, perdiendo la menor cantidad de información posible. De esta manera se logra trabajar con aquellos factores que más inciden sobre el orden Collembola. También se realizó la prueba de correlación de Pearson, para determinar las correlaciones entre las familias de Collembola y la estacionalidad y los factores químicos edáficos del suelo, en las tres áreas de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que en el área de cultivo de maíz sin agroquímicos, fue la de mayor cantidad de individuos colectados, con un total de 11,912, distribuidos en 8 familias; seguida por el área de herbazal con 4,647 individuos colectados, distribuidos en siete familias, mientras que el bosque seco tropical presentó 2,995 especímenes colectados, distribuidos también en siete familias. En total se encontraron 8 familias de Collembola (Cuadro 1). El área de cultivo de maíz sin agroquímico presentó la mayor cantidad y número de familias de Collembola, probablemente, a la mayor cantidad de materia orgánica presente en esta área, debido a la aplicación de gallinaza como fertilizante para el cultivo.

Cuadro 1. Número de individuos Collembola por familias y áreas de estudio

Área de Estudio	Bosque Seco Tropical	Herbazal	Maíz sin agroquímico	Total Final
Familias	Número de Individuos colectados	Número de Individuos colectados	Número de Individuos colectados	
Sminthuridae	648	1375	373	
Dicyrtomidae	108	694	103	
Isotomidae	480	274	7116	
Hypogasturidae	649	1392	92	
Entomobryidae	767	780	3235	
Paronellidae	281	85	247	
Onychiuridae	62	47	665	
Sminthurididae	0	0	81	
Total individuos por área	2995	4647	11912	19554

Sobre este aspecto autores como Ponge y Pratt (1982), Curry y Good (1992), Bretes et al. (1995), lograron determinar que la abundancia la diversidad y la estratificación espacial de los colémbolos, cambian en función de la disponibilidad de materia orgánica en el suelo. Por su parte Filser (2002), indican que los colémbolos, contribuyen al reciclaje de carbono y nitrógeno, presente dentro de la materia orgánica, favoreciendo el incremento de estos organismos en el suelo. Ponge y Pratt (1982); Curry y Good (1992), Bretes et al. (1995), lograron determinar que la abundancia la diversidad y la estratificación espacial de los colémbolos, cambian en función de la disponibilidad de materia orgánica en el suelo. También Kovác y Miklisova (1997); Rusek (1998); Gómez-Anaya (1998); Hasegawa (2002), indicaron que la adaptación de las especies de

Collembola, a diferentes condiciones físico-químicas presentes en los diversos tipos de suelos, es determinada entre otros factores por la cantidad de materia orgánica en descomposición y el pH.

La prueba de componentes principales aplicada para las tres áreas de estudio, indicó que los factores edáficos que con mayor peso afectan a las familias de Collembola fueron: el pH con un 39,9 %, Fósforo con un 17 %, potasio con un 13,7 %, calcio con 7,7 % materia orgánica con 2,7 % (Cuadro 2).

Similares resultados fueron obtenidos por Gutiérrez (2010); Guillen et al. (2006), en donde de todas las variables medidas, el pH fue el que mostró un efecto mayor sobre la fauna del orden Collembola.

Cuadro 2. Peso de las variables químicas edáficas sobre las familias de Collembola de las tres áreas de estudio en porcentaje determinados a través de la Prueba de Componentes Principales

pH	39.9 %
Fosforo	17,2 %
Potasio	13,7 %
Calcio	7,7 %
M.O	2,7 %
Total	81.20%

Los factores humedad y precipitación, mostraron estar fuertemente correlacionados positivamente y de forma significativa con las poblaciones de las familias de Collembola, lo que indica que al darse un aumento en estos dos factores las poblaciones aumentan de manera directa; mientras que la temperatura mostró una relación negativa significativa con respecto al número de individuos por familia; esto indica que al aumentar la temperatura las poblaciones de las familias dentro de este orden disminuyen y viceversa; excepto para la familia Paronellidae, en donde este factor no mostró relación significativa (Cuadro 3)

Estos análisis de correlación entre los factores físicos, corroboraron que las variables humedad, precipitación y temperatura son factores ambientales, que influyen de manera significativa ya sea de forma positiva o negativa en la abundancia de las familias de Collembola; por lo que se puede indicar que las variaciones estacionales, repercuten sobre la abundancia y composición de las poblaciones de Collembola, en estos ecosistemas.

Cuadro 3. Correlación entre las familias de Collembola y los factores físicos de las tres áreas de estudio

Factores Físicos									
Coeficientes de Correlación de Pearson	Bosque seco tropical			Herbazal			Maíz sin agroquímicos		
	Humedad	Precipitación	Temperatura	Humedad	Precipitación	Temperatura	Humedad	Precipitación	Temperatura
Sminthuridae	0.68	0.52	-0.96	-0.09	-0.23	-0.35	-0.02	0.10	0.39
Dicyrtomidae	0.81	0.70	-0.87	-0.40	-0.70	0.39	0.35	0.72	-0.31
Isotomidae	0.73	0.68	-0.73	0.87	0.81	-0.78	0.56	0.67	0.13
Hypogasturidae	0.92	0.89	-0.71	0.94	0.91	-0.73	-	-	-
Entomobryidae	0.96	0.96	-0.70	0.99	0.96	-0.77	-0.20	-0.30	-0.03
Paronellidae	0.62	0.71	-0.20	1.00	0.92	-0.61	0.36	0.18	-0.63
Onychiuridae	0.68	0.64	-0.50	0.62	0.60	-0.47	0.61	0.71	-0.20
Sminthurididae	-	-	-	-	-	-	0.52	0.64	-0.10
Brachystomelidae	-	-	-	-	-	-	0.82	0.89	-0.41

* Los valores resaltados son significativos

* (-) No se colectaron individuos de esta familia.

Sobre este aspecto Arbea y Blasco (2001), indican que la humedad y la temperatura son factores determinantes del hábitat óptimo de los colémbolos, ya que influyen en la tasa de reproducción y crecimiento de los individuos y en su distribución vertical a lo largo de un perfil. También, Guillen et al. (2006), señalan que algunas poblaciones de colémbolos se distribuyen verticalmente en el perfil del suelo como respuesta a un patrón de humedad y lo atribuyen a una relación estrecha con el establecimiento de hongos y bacterias, que son fuente de alimento para muchos de ellos.

Por otra parte Marín Beitía (2013), indica que las condiciones de humedad del suelo y precipitación tienen influencia variable en algunas familias de colémbolos, lo cual lleva a concluir la dificultad de la generalización de la influencia de los factores ambientales sobre las poblaciones.

En el bosque seco tropical, el potasio, presentó una correlación positivamente significativa con respecto a las familias Sminthuridae, Isotomidae, Entomobryidae, Onychiuridae, Dicyrtomidae e Hypogasturidae; mientras que para las familias Paronellidae, no representó significancia.

El factor calcio, presentó correlación de significancia negativa para las familias, Sminthuridae, Dicyrtomidae, Hypogasturidae, Isotomidae y Onychiuridae, pero sin significancia para las familias, Entomobryidae y Paronellidae. Se observó en relación al factor edáfico materia orgánica

(M.O)., que en las familias, Sminthuridae, Dicyrtomidae, Entomobryidae, Isotomidae e Hypogasturidae, presentó valores de correlación significancia negativa, sin valor de correlación significativa para las familias Paronellidae y Onychiuridae.

El fósforo presentó correlación significativa positiva, para todas las familias a excepción de la familia Paronellidae, para la cual no presentó correlación significancia alguna. El pH presentó una correlación significativa positiva, para las familias Isotomidae, Hypogasturidae, Paronellidae y Entomobryidae, para el resto de las familias encontradas, no presentó valores de correlación de significancia.

En el área de herbazal, el potasio, resultó tener correlación significativa positiva, para la familia Isotomidae; mientras que no presentó correlaciones de significancia, con las familias Entomobryidae, Paronellidae, Onychiuridae, Sminthuridae, Dicyrtomidae e Hypogasturidae.

El factor calcio en esta área, mostró correlaciones de significancia positiva con la Isotomidae, Entomobryidae, Paronellidae, Onychiuridae e Hypogasturidae; mientras que para la familia, Sminthuridae y Dicyrtomidae, presentó correlaciones de significancia negativa.

La materia orgánica (M.O.) no presentó correlaciones de significancia con ninguna de las familias encontradas en esta área de estudio.

El fósforo, solamente presentó correlación de significancia positiva, para las familias Isotomidae e Hypogasturidae; mientras que para el resto de las familias de Collembola colectadas, este factor no presentó correlaciones significativas.

El pH, presentó correlación significativamente negativa para la familia Dicyrtomidae; mientras que para el resto de las familias, presentó correlaciones positivamente significativas a excepción de la familia Sminthuridae y Onychiuridae, para los cuales no presentó correlaciones de significancia.

El área de cultivo de maíz, solamente se observaron valores de correlación de significancia negativa entre el potasio y la familia Entomobryidae; correlación negativa significativa entre la materia orgánica y las familias Isotomidae y Sminthuridae; y una correlación negativa significativa entre el fósforo y la familia Dicyrtomidae (Cuadro 4).

Los factores químicos del suelo y las comunidades de Collembola, están estrechamente correlacionados: por ejemplo factores como el pH y la materia orgánica, son factores limitantes. Gómez, Anaya (1998), en un estudio que realizado en Jalisco demostró que estos factores alteran la riqueza y composición de los Collembola. Además autores como Frampton (1994; 1997), Kovac y Miklisova (1997), Greenslade (1997), afirmaron que los Collembola, son organismos sensibles a los cambios físico-químicos del suelo y pueden ser utilizados como bioindicadores de la salud y calidad de estos.

Cuadro 4. Correlación entre las familias de Collembola de las tres áreas de estudio y los factores químicos edáficos

Coeficientes de Correlación de Pearson	Factores Químicos														
	Bosque seco tropical					Herbazal					Maíz sin agroquímicos				
	Potasio	Calcio	M.O	Fosforo	pH	Potasio	Calcio	M.O	Fosforo	pH	Potasio	Calcio	M.O	Fosforo	pH
Sminthuridae	0.88	-0.73	-0.88	0.73	0.04	0.38	-0.50	-0.16	0.24	-0.17	-0.35	-0.44	-0.24	-0.29	-0.48
Dicyrtomidae	0.81	-0.70	-0.66	0.87	0.27	0.30	-0.98	-0.04	0.21	-0.60	-0.33	0.19	-0.45	-0.51	-0.20
Isotomidae	0.84	-0.73	-0.63	0.98	0.51	0.63	0.59	0.39	0.69	0.95	0.00	0.08	-0.52	-0.28	-0.11
Hypogasturidae	0.74	-0.51	-0.51	0.83	0.55	0.49	0.73	0.30	0.53	0.97	-	-	-	-	-
Entomobrydae	0.75	-0.45	-0.59	0.82	0.67	0.28	0.74	-0.09	0.17	0.81	-0.72	0.39	-0.35	-0.40	-0.37
Paronellidae	0.34	-0.03	-0.41	0.16	0.57	0.02	0.92	-0.06	-0.03	0.75	-0.27	-0.21	0.13	-0.30	0.06
Onychiuridae	0.65	-0.57	-0.33	0.86	0.43	-0.35	0.95	-0.11	-0.34	0.46	-0.05	0.25	-0.23	-0.33	-0.11
Sminthurididae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.03	0.03	-0.54	-0.31	-0.15
Brachystomelidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.01	0.39	-0.35	-0.21	0.07

* Los valores resaltados son significativos

* (-) No se colectaron individuos de esta familia

CONCLUSIONES

El área de maíz sin aplicación de agroquímico, presentó la mayor abundancia de especímenes y de familias de Collembola, respecto a las otras dos áreas de estudio, debido a la aplicación de gallinaza como abono para el cultivo.

La prueba de componentes principales indicó que, los factores químicos edáficos pH, fósforo, potasio, calcio y materia orgánica, son los mayor influencia tienen sobre las familias de Collembola. Los factores edáficos pH, potasio y fósforo, fueron los que mostraron tener una mayor correlación e influencia sobre la abundancia y diversidad de las familias de Collembola.

Los factores humedad y precipitación, mostraron estar fuertemente correlacionados positivamente y de forma significativa, con respecto al número de individuos por familia de Collembola; mientras que la temperatura mostró una correlación negativa significativa con respecto al número de individuos por familia de este mismo orden, excepto para la familia Paronellidae, en donde este factor no mostró relación significativa.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arbea, J. I. y J. Blasco-Zumeta. (2001). Ecología de los Colémbolos (Hexapoda, Collembola) en los Monegros (Zaragoza, España). *aracnet 7- Bol. S.E. A.*, n° 28: 35-48.

Beare, M. H., D. C. Coleman, D. A. JR. Crossley, P. F. Hendrix y E. P. Odum, (1995). A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling.

Bretes, A., J.J. Brun, B. Jabiol, J.F. Ponge, y F. Toutain. (1995). Classification of forest humus forms: a French proposal. *Annales des Sciences Forestières* 52: 535-546.

Brown, G. G., A. Pasini, N. P. Benito, A. M. Aquino y M. E. F. Correia. (2001). Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no tillage agroecosystems: A preliminary analysis. In: *International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems*. FAO/CBD, Montreal. 1CD–Rom.

Christiansen, K. (1992). Springtails. *Kansas School Nature*. 39: 1-16.

Christiansen, K.A., P. Greenlade, L. Deharveng, R.J. Pomorski y F. Jenssens. (2007). Checklist of the Collembola: key to the families of Collembola. pp. 1-12.
<http://collembola.org/key/Collembola.htm>.

Curry, J. P. (1987). The invertebrate fauna of grassland and its influence on productivity. III. Effects on soil fertility and plant growth. *Grass and Forage Science*. 42: 325–341.

Curry, J.P. y J.A. Good. (1992). Soil faunal degradation and restoration. *Advances in soil Science* 17: 171-215

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 S.E.A.* 34:73-83.

Dowdy, W.W. (1965). Studies on the Ecology of Mites and Collembola. *American Midland Naturalist* 74(1): 196-210.

Ferguson S. H. y July, D. O. (2002). Dynamics of springtail and mite population: the role of density dependence, predation and weather. *Ecology and Entomology*. 27: 565-573.

Filser, J. 2002. The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling in soil. *Pedobiología* 46: 234- 245.

Frampton, G.K. (1994). Sampling to detect effects of pesticides on epigeal Collembola (springtails). *Aspects in Applied Biology* 37: 121-130.



Frampton, G.K. (1997). The potential of Collembola as indicators of pesticide usage: evidence and methods from the UK arable ecosystem. *Pedobiologia* 41: 179-184.

García-Gómez, A., G. Castaño-Meneses y J. G. Palacios-Vargas. (2009). Diversity of springtails (Hexapoda) in an altitudinal gradient in Iztaccíhuatl Volcano, Mexico. *Pesquisa agropecuária brasileira*. Brasília, v.44, n.8, p.911-916, ago. 2009.

Greenslade, P. (1997). Are Collembola useful as indicators of the conservation value of native grasslands?. *Pedobiologia* 41: 215-220.

Guillén, C., F. Soto-Adames y M. Springer. (2006). variables físico, químicas y biológicas del suelo sobre las poblaciones de colémbolos en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 30(2):19-29.

Gutiérrez, V., J. L. (2010). Efectos de la materia orgánica (m.o.) y el pH, sobre la fauna del

Collembola, en Suelo de Vocación Arrocera en Panamá. Tesis de Maestría en Ciencias con Orientación en Biología Animal. Universidad de Panamá. pp.21.

Heaney, L. (2001). Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecol. Biogeogr.* 10: 15-39.

Kováč, L. y D. Miklisová. (1997). Collembolan communities (Hexapoda, Collembola) in arable soils of east Slovakia. *Pedobiología* 41:62-68.

Luizão, R. C. C.; E. Barros; F. J. Luizão y S. S. Alfai. (2002). Soil biota and nutrient dynamics through litterfall in agroforestry system in Rondônia, Amazônia, Brasil. In: *International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystem for Sustainable Agriculture*. Londrina, Embrapa Soja. FAO. Documentos/ Embrapa Soja no.182. p. 93-97.

Marín Betía, E. P. (2013). Poblaciones de ácaros y colémbolos en un suelo humic dystrodepts con incorporación de abonos verdes y cultivado con maíz *Zea mays* L. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira. pp 101.

O'Donnell, S. y A. Kumar. (2006). Microclimatic factors associated with elevational changes in army ant density in tropical montane forest. *Ecol. Entomol.* 31: 491-498.

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*. México. Págs. 1-15.

Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios

ISSN: 2313-7819

Indexada en: Latindex, ROAD, MIAR
revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn



Palacios-Vargas, J.G. y J.A. Gómez-Anaya. (1993). Los Collembola (Hexapoda: Apterygota) de Chamela, Jalisco (Distribución Ecológica y Claves). *Folia Entomológica Mexicana* 89: 1-34.

Pianka, E. R. (1966). Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. *Am. Nat.* 910: 33-46.

Ponge, J. F. y B. Prat (1982). Les collemboles, indicateurs du mode d'humification dans les pleupements résineux, feuillus et mélanges: resultats obtenus en forêt d'Orléans. *Review Ecology Biology Soil* 19: 237-250.

Rusek, J. 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 7: 1207-1219.

Schowalter, T. D. (2006). *Insect ecology, an ecosystem approach*. Academic, London, Reino Unido.

Verhoeef, H. A. y A. J. Van Selm. (1983). Distribution and population dynamics of Collembola in relation to soil moisture. *Holarct. Ecol.* 6: 387-394.