

Recibido:02/05/19 ; Aceptado:31/05/19

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->



EFFECTO DEL HERBICIDA PARAQUAT (1,1'-DIMETIL-4,4'-ION DE BIPIRIDILO), SOBRE LAS POBLACIONES DE FAMILIAS DE COLLEMBOLA, EN ECOSISTEMA DE HERBAZAL, EN OLLAS ARRIBA, CAPIRA, PROVINCIA DE PANAMÁ OESTE.

EFFECT OF THE HERBICIDE PARAQUAT (ION OF PYRIDYL 1,1-DIMETIL-4,4) ON POPULATIONS OF COLLEMBOLA'S FAMILIES, IN GRASSLAND ECOSYSTEM, AT OLLAS ARRIBA, CAPIRA, PANAMA OESTE PROVINCE.

Jorge Gutiérrez¹; Carmen Quarless²; Yinela Mela².

1 Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Departamento de Ciencias Ambientales. jlgutiz@yahoo.es.

2 Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Escuela de Biología. quarlesscarmen@hotmail.com

2 Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Escuela de Biología.

RESUMEN.

Con la finalidad de conocer el efecto del herbicida Paraquat, sobre las poblaciones de las familias del orden Collembola, se realizó este estudio en el año 2014, en un ecosistema de herbazal. En el estudio se aplicaron dos tratamientos con el herbicida Paraquat durante un periodo de seis meses. Los especímenes fueron colectados utilizando trampas pitfall, obteniéndose un total de 6 418, distribuidos en 8 familias, presentes en las áreas muestreadas, donde el área con la mayor abundancia de especímenes de Collembola fue la del tratamiento de dos aplicaciones del herbicida Paraquat, durante los seis meses de muestreo, seguido por el área con aplicaciones mensuales de herbicida y finalmente el área sin la aplicación del herbicida. Las áreas tratadas con el herbicida, presentaron mayores poblaciones en siete de las ocho familias encontradas en las áreas de estudio; siendo la familia

Entomobryidae la más abundante en especímenes en las tres áreas de muestreo, sobretodo en las áreas tratadas con el herbicida.

PALABRAS CLAVES. Efecto, herbicida, Collembola, población, herbazal.

ABSTRACT.

With the purpose to find-out the effect of the herbicide Paraquat on the population of Collembola families. This study was carried-out in 2014 on a grassland ecosystem. In this study 2 treatment with the herbicide Paraquat were applied during a period of 6 months. Specimens were collected using pitfall traps and obtained a total of 6 418 specimens, distributed in 8 families, located in the area sampled. The area with the most abundance of specimens of Collembola, was those treated with 2 applications of Paraquat during 6 months, sampled followed by monthly applications and finally the area in which the herbicide was not applied. The areas treated with the herbicide showed more populations in 7 of 8 families found in the area, being Entomobryidae family the most abundant specimens, more than the 3 areas sampled, specially in the area treated with the herbicide.

KEYWORD. Effect, herbicide, Collembola, population, grassland.

INTRODUCCIÓN.

Dentro de la fauna edáfica, los colémbolas son uno de los grupos más diversificados y constituyen un instrumento muy eficiente para estudios de biodiversidad en hábitats edáficos (Deharveng, 1996).

Entre los atributos que los hacen buenos indicadores, está el que responden a la perturbación de forma rápida, predecible y analizable; así como que tienen una asociación cerrada con otras especies y condiciones edáficas (Brown, 1991). Además, los Collembola, son organismos sensibles a los cambios físico-químicos del suelo y que pueden ser utilizados como bioindicadores de la salud y de la calidad de estos (Frampton, 1994,1997; Kovac y Miklisova, 1997; Greenslade, 1997; Rusek, 1998 ; y Arbea y Blasco-Zumeta,2001).

La capacidad de adaptación de los colémbolos a distintos ambientes está relacionada con su carácter indicador de distintos parámetros edáficos. Varios autores han puesto de manifiesto las relaciones existentes entre las poblaciones de colémbolos y los distintos niveles de desarrollo del ecosistema edáfico, constituyendo a los colémbolos como buenos indicadores de la naturaleza, del nivel de actividad o de las modificaciones eventuales de un suelo.

Son ya abundantes las citas de autores que inciden en cómo los cambios en la estructura y funcionamiento de varios hábitats en diferentes ecosistemas repercuten en la estructura de las poblaciones colembológicas (Czarnecki, 1983).

La actividad humana en los diferentes agroecosistemas, que involucran actividades de fertilización y aplicación de agroquímicos, en la tentativa de promover la sostenibilidad de la producción agrícola a mediano y largo plazo (Ponge *et al.*, 1986; Rebek *et al.*, 2002).

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).

La susceptibilidad de especies o grupos taxonómicos de insectos a los cambios en los agroecosistemas, producto de la intervención humana, se pueden reflejar en la presencia o ausencia de los mismos, lo cual también lo define como bioindicador (Iannacone & Montoro, 2002).

Kopeszki (1997), señaló 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 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 es sensible 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 microartrópodos, pueden ser consideradas para determinar el valor de estos taxa, 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. Chernova *et al.* (2009), indicaba que una ventaja asociada al orden, es la posibilidad de un rápido aumento de la población en condiciones desfavorables.

El Paraquat (Dicloruro de 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilo), es usado como un herbicida cuaternario de amonio y está hoy en día entre los herbicidas más usados. Es un herbicida no selectivo de amplio espectro que actúa por contacto; es decir, no se trasloca sino que afecta al órgano verde cuya superficie resulta asperjada. (Rao, 2015).

Es altamente tóxico para los humanos si es ingerido. Otros miembros de esta clase de herbicidas incluyen Diquat, Ciperquat etc., todos estos son reducidos a ion radical, lo que genera radicales superóxidos que reaccionan con membranas lípidas insaturadas de los organismos.

De acuerdo con Caseley *et al.* (1996), el Paraquat posee una alta toxicidad para los mamíferos y su uso ha sido prohibido en un grupo de países.

Debido a la alta toxicidad, de este herbicida, sobre los mamíferos y para los humanos, que puede afectar la superficie de las membranas de área de los organismos asperjadas, y al poco conocimiento del efecto sobre las poblaciones de organismos edáficos, a través de este estudio se busca determinar cuál es el efecto probable del Paraquat, sobre la dinámica de las poblaciones de las familias de Collembola.

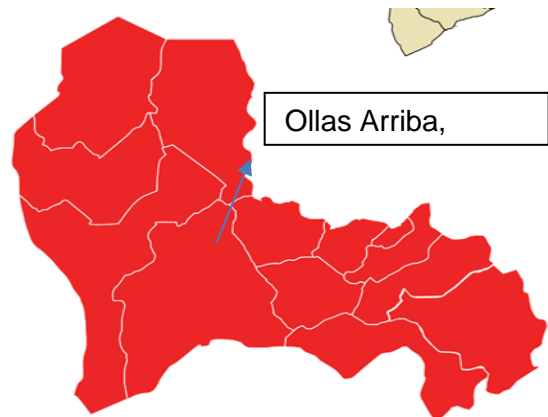
METODOLOGÍA.

Área de estudio.

Este estudio se desarrolló en un ecosistema de herbazal, en la comunidad Ollas Arriba, Capira, Panamá Oeste; con coordenadas geográficas 08°48'31.4" N 079°53'32.8" W, a una elevación de 371 m.s.n.m.



Figura 1. Mapas de la localización Geográfica del área de estudio.



Descripción de la metodología.

Para el desarrollo de este estudio, se seleccionó un área de herbazal de 3 000 metros cuadrados, el cual fue sub dividida en tres sub áreas de 1 000 metros cuadrados. Una de las sub áreas de 1 000 metros cuadrados, se utilizó como control, por lo tanto no se le aplicó herbicida Paraquat; a la segunda sub área de 1 000 metros cuadrados, se le hicieron dos aplicaciones del herbicida Paraquat; al inicio del estudio y a los tres meses, y a la tercera sub área de 1 000 metros cuadrados, se le hizo aplicación del herbicida Paraquat, cada mes durante los seis meses de estudio. Después de ocho días de la aplicación del herbicida, se colocaron en cada área de estudio, ocho trampas pitfall para realizar la colecta de los especímenes de Collembola, manteniéndolas en el área durante tres días. Este procedimiento se realizó mes a mes durante los seis meses de muestreo. Cada trampa pitfall, contenía aproximadamente 500 ml de una solución jabonosa con formalina al 1%, que sirvió para retener y conservar los especímenes de Collembola. Al cabo de los tres días de muestreos, los especímenes se colocaron en envases plásticos que contenían alcohol al 70%, debidamente rotulados con información de fecha y área de muestreo. Una vez en el laboratorio, se procedió al lavado y limpieza de los especímenes y colocados en envases con alcohol al 70%, para preservarlos. Con la ayuda de estereoscopios, se procedió a la identificación, utilizando las claves para identificar familias de Collembola de Palacios-Vargas, 1990; Palacios-Vargas y Gómez-Anaya, 1993; Díaz *et al.*, 2004 y Christiansen *et al.*, 2007. Finalmente los especímenes identificados, se colocaron en viales de 25 ml con alcohol al 70%, para su preservación final. Para establecer si hubo o no efecto del herbicida Paraquat, sobre las poblaciones de las familias de Collembola, se utilizó la prueba estadística t-student, determinándose la existencia de significancia entre las poblaciones de las familias de Colembola entre los tratamientos y entre las familias por tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se colectaron un total de 6 418 especímenes de Collembola, distribuidos en ocho (8) familias (Isotomidae, Entomobryidae, Paronellidae, Brachystomellidae, Sminthuridae, Sminthurididae, Dicyrtomidae, Onychiuridae). La familia con el mayor número de especímenes fue Entomobryidae con 4 033 (62,83%), seguida por familia Isotomidae con 939 (14,63%); mientras que la familia Paronellidae

con 54 (0,84%), fue la menos abundante.

En el área sin aplicación del herbicida (control), se capturaron 1 614 especímenes (25,15%) de Collembola distribuidos en las ocho familias antes mencionadas; siendo la familia Entomobryidae la de mayor abundancia, con 1 220 especímenes (75,59%), seguida por la familia Isotomidae con 189 (11,71%) especímenes; mientras que la familia menos abundante fue Paraneuridae con 4 especímenes (0,24%).

En el área donde se realizaron dos aplicaciones del herbicida Paraquat durante los seis meses de muestreo se capturaron 2 906 especímenes, siendo la familia más abundante Entomobryidae con 1 522 especímenes (52,37%), seguida por Sminthuridae con 405 especímenes (13,93%); mientras que la menos abundante fue la familia Onychiuridae con 29 especímenes (1%).

En el área de aplicación mensual del herbicida Paraquat, se colectaron un total de 1 898 especímenes, siendo la familia Entomobryidae la de mayor abundancia con 1 291 especímenes (68,01%), seguida por la familia Isotomidae con 414 especímenes (21,81%); mientras que la familia menos abundante fue Paraneuridae con 19 especímenes; no se encontraron especímenes de la familia Dicyrtomidae.

Al contrastar el área control con el área de tratamiento con dos aplicaciones del herbicida Paraquat, se observó que siete (7) familias (Isotomidae, Entomobryidae, Paraneuridae, Brachystomellidae, Sminthuridae, Sminthuridae, Dicyrtomidae), aumentaron sus poblaciones, mientras que la familia Onychiuridae disminuyó su población. En este aspecto cabe indicar que la partenogénesis en colémbolos, debe considerarse como un fenómeno a nivel de población, más que como una característica obligatoria de una especie. Una ventaja asociada tradicionalmente con la partenogénesis, es la posibilidad de un rápido aumento de la población en condiciones desfavorables y la expansión de asociaciones, por lo tanto juega un papel adaptativo importante en la evolución del grupo (Chernova *et al.*, 2009).

Stinner *et al.* (1986), había indicado que los pesticidas producen un efecto positivo en las poblaciones de este grupo. Rebek *et al.* (2002) afirmó que los Colémbolos, 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. Ospina *et al.* (2009), sostienen que los colémbolos (Hexapoda: Entognatha), son un grupo sensible a los cambios medioambientales.

Al contrastar el área control con el área de tratamiento donde se aplicó mensualmente el herbicida Paraquat, se observó que las poblaciones de las familias fueron similares, Excepto la familia Dicyrtomidae, que no presentó espécimen alguno. Estos resultados en el caso de esta familia, concuerdan con Frampton (1997); Vreeken-Buijs *et al.* (1994), quienes encontraron que las aplicaciones de plaguicidas y pesticidas, afectan negativamente la abundancia de algunas familias de colémbolos.

Al contrastar los resultados del área sin aplicación del herbicida (control), con los del área de aplicación mensual, se observó que la familia Isotomidae, continúa aumentando su población; mientras que las familias (Entomobryidae, Paraneuridae, Brachystomellidae, Sminthuridae, Sminthuridae, Onychiuridae), presentaron una población similar a la del área control. Esto no indica que la población de la familia Isotomidae, sigue siendo afectada de manera positiva con la continua aplicación de los tratamientos con el herbicida, es por ello que el aumento en las poblaciones de esta familia puede ser utilizado como un indicador de contaminación.

Mientras que las otras seis familias (Entomobryidae, Paronellidae, Brachystomellidae, Sminthuridae, Sminthurididae, Onychiuridae), solo fueron afectadas por el segundo tratamiento estabilizando sus poblaciones antes las aplicaciones subsiguientes. Frampton (1997), aunque se sabe que el orden Collembola es sensible 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 microartrópodos, pueden ser consideradas para determinar el valor de estos taxa, como bioindicadores y para establecer el efecto directo o indirecto de los pesticidas. Por lo que, autores como Frampton (1994; 1997), Kovac y Miklisova (1997), Greenslade (1997), afirman que los Collembola, son organismos sensibles a los cambios físico-químicos del suelo y que pueden ser utilizados como bioindicadores de la salud y de la calidad de estos.

Autores como Czarnecki (1983), Brown (1991), Kovac & Miklisova (1997), Greenslade (1997), Frampton (1994; 1997), Rusek (1998), Arbea & Blasco-Zumeta (2001), Guillén *et al.* (2006), afirman que los ejemplares del orden Collembola, son organismos muy sensibles a las alteraciones físico-químicas

Por otro lado, la aplicación frecuente del herbicida, afecto de manera negativa la familia Dicyrtomidae, haciendo que su población fuera inexistente. Estos resultados nos indican que la mayoría de familias de Collembola, una vez se adaptan a la aplicación del herbicida su poblaciones tienden a estabilizarse (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Número de individuos por familias de Collembola por tratamiento.

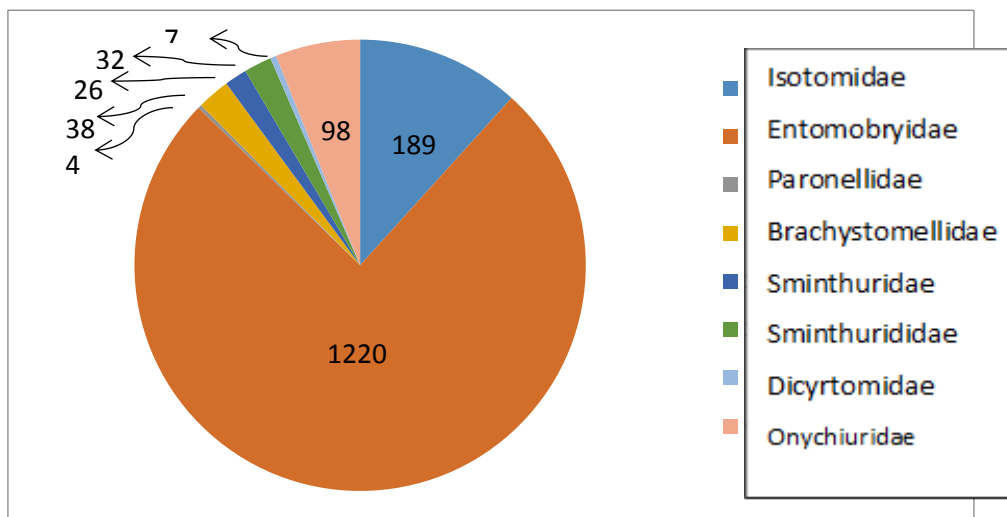
Familia	Sub área sin aplicación	Sub área con dos aplicaciones durante el muestreo	Sub área con una aplicación mensual	Total	Porcentaje
Isotomidae	189	336	414	939	14,63%
Entomobryidae	1 220	1 522	1 291	4 033	62,83%
Paronellidae	4	31	19	54	0,84%
Brachystomellidae	38	214	27	279	4,34%
Sminthuridae	26	222	23	271	4,22%
Sminthurididae	32	405	31	468	7,29%
Dicyrtomidae	7	147	0	154	2,39%
Onychiuridae	98	29	93	220	3,43%
TOTAL	1 614	2 906	1 898	6 418	100%

En el área sin aplicación del herbicida Paraquat, la familia más abundante fue Entomobryidae, con un total de 1 220 (75,50%) especímenes, cuya mayor abundancia fue en el mes de agosto (606 especímenes), seguida por la familia Isotomidae con 189 (11,70%) especímenes. Estas fueron las únicas dos familias encontradas durante el primer muestreo (ver cuadro 2 y gráfico 1).

Cuadro 2. Número de individuos de las familias de Collembola en el área sin aplicación del herbicida Paraquat, durante los seis meses de muestreo.

Familia/Mes	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total	Porcentaje
Isotomidae	1	104	22	3	59	0	189	11,70%
Entomobryidae	208	606	82	23	71	230	1 220	75,50%
Paronellidae	0	1	0	2	1	0	4	0,24%
Brachystomellidae	0	17	3	0	18	0	38	2,35%
Sminthuridae	0	0	0	17	0	9	26	1,61%
Sminthurididae	0	15	0	0	0	17	32	1,98%
Dicyrtomidae	0	1	0	0	0	6	7	0,43%
Onychiuridae	0	84	4	8	0	2	98	6,07%
Total de individuos							1 614	100%

Gráfica 1. Individuos de las familias de Collembola en el área sin la aplicación del herbicida Paraquat, durante los seis meses de muestreo.



En el área donde se aplicó el herbicida Paraquat, dos veces durante los seis meses de muestreo, se colectaron 2 906 especímenes, siendo la familia más abundante Entomobryidae con 1 522 especímenes (52,37%), cuya mayor abundancia fue en el mes de agosto triplicando la población de área control, seguido por la familia Sminthurididae con 405 especímenes (13,93%), mientras que la familia Isotomidae con 336 especímenes (11,56%), ocupa la tercera posición de abundancia de colémbolos; la familia menos abundante fue Onychiuridae con 29 especímenes (1%).

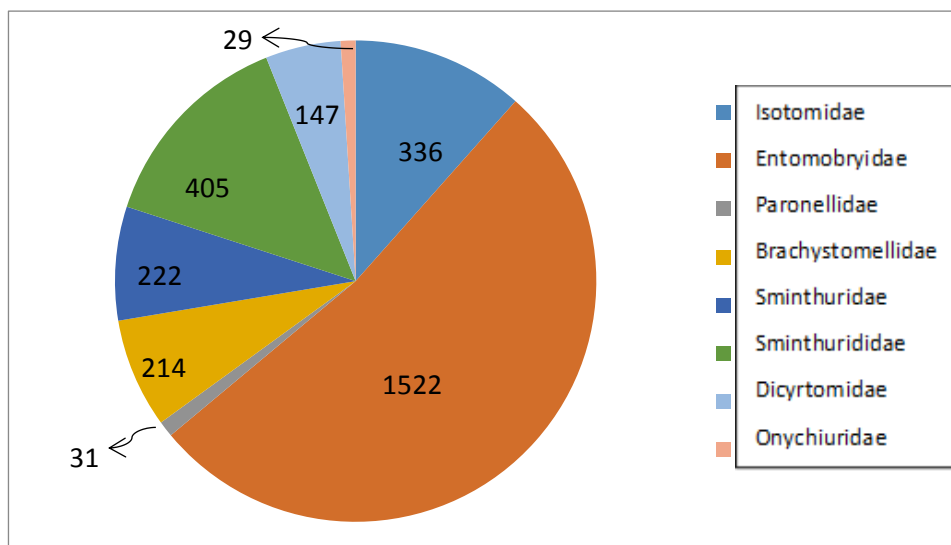
Se conoce que el efecto de insecticidas como Clorpirifos sobre artrópodos no blancos del suelo, genera sobre las comunidades de Collembola un incremento poblacional 1,7 veces mayor, en los cultivos tratados con insecticida, que aquellos sin dicho tratamiento (Mojocoa, 2004).

La tendencia en la familia de Collembola, fue aumentar la abundancia y luego sufrir una estabilización.

Cuadro 3. Número de individuos de las familias de Collembola en el área con aplicación del herbicida Paraquat, dos veces durante los seis meses de muestreo.

Familia/Mes	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total	Porcentaje
Isotomidae	1	142	5	36	150	2	336	11,56%
Entomobryidae	146	474	33	181	289	399	1 522	52,37%
Paronellidae	0	3	0	1	12	15	31	1,06%
Brachystomellidae	0	65	8	30	105	6	214	7,36%
Sminthuridae	0	24	8	82	108	0	222	7,63%
Sminthurididae	1	108	24	107	165	0	405	13,93%
Dicyrtomidae	0	89	7	29	22	0	147	5,05%
Onychiuridae	0	7	1	0	21	0	29	1%
Total de individuos							2 906	100%

Gráfica 2. Número de individuos de las familias de Collembola en el área con aplicación del herbicida Paraquat, dos veces durante los seis meses de muestreo.



En el área de aplicación mensual del herbicida Paraquat, se colectaron 1 898 especímenes, siendo la familia con mayor abundancia Entomobryidae con 1 291 especímenes (68,01%), teniendo una presencia de mayor población durante el segundo muestreo, aumentando alrededor de 10 veces, seguida por Isotomidae con 414 especímenes (21,81%).

La familia Entomobryidae en el área sin aplicación de herbicida y con la aplicación de 2 veces durante el muestreo, solo triplicaron sus poblaciones, mientras que con la aplicación mensual la población de esta familia fue diez veces mayor; indicándonos que la aplicación del herbicida pudo haber sido la causa

de dicho aumento, durante el segundo muestreo (ver cuadro 4 y gráfica 3).

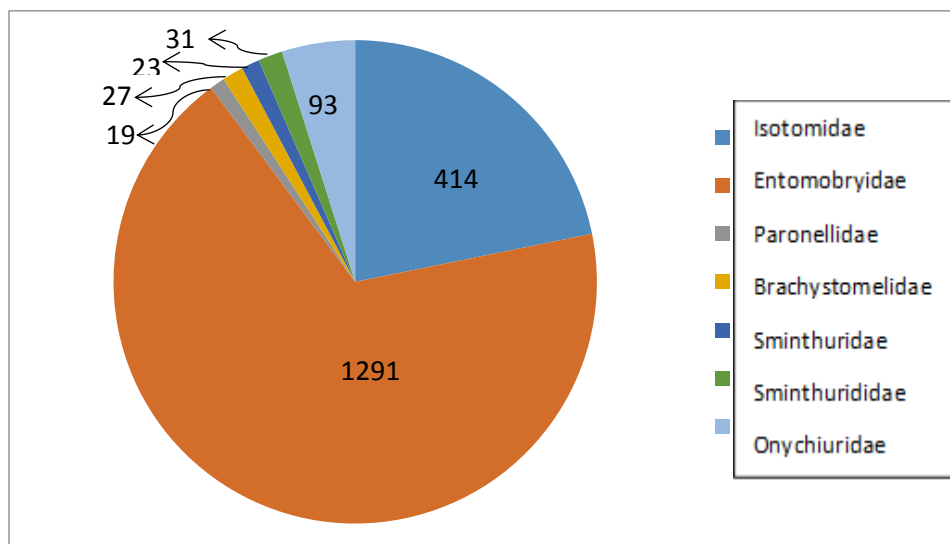
Las familias Isotomidae, fue la única que aumentó su población en el área con aplicación mensual, mientras que el resto de las familias disminuyó su población o no era encontrada durante los muestreos. Esto concuerda con autores como Ávila-Ávila & Jaramillo Cano (2009), quienes indicaron que algunos Isotomidae, especialmente frente a condiciones de estrés como las impuestas por la aplicación de herbicida, podría favorecer su uso como indicadores del nivel de perturbación o transformación del suelo.

Esto nos da indicios, que la residualidad por la aplicación continua del herbicida, afecta positivamente a la familia Isotomidae, pero negativamente al resto de las familias. Sobre este aspecto, autores como Stinner *et al.* (1986), indicaron que los pesticidas pueden producir un efecto positivo en poblaciones de familias de Isotomidae (ver cuadro 4).

Cuadro 4. Número de individuos de las familias de Collembola en el área con aplicación del herbicida Paraquat, mensualmente durante los seis meses de muestreo.

Familia/Mes	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total	Porcentaje
Isotomidae	0	182	18	173	34	7	414	21,81%
Entomobryidae	45	913	40	176	62	55	1 291	68,01%
Paronellidae	0	6	6	2	5	0	19	1,00%
Brachystomellidae	0	4	0	12	10	1	27	1,42%
Sminthuridae	0	18	5	0	0	0	23	1,21%
Sminthurididae	0	15	16	0	0	0	31	1,63%
Onychiuridae	0	36	5	14	34	4	93	4,89%
Total de individuos							1 898	100%

Gráfica 3. Individuos de las familias de Collembola en el área con la aplicación del herbicida Paraquat, mensualmente durante los seis meses de muestreo.



Prueba t-student.

El estadístico t-student, indicó que entre el área sin aplicación del herbicida (control) y el área con dos tratamientos con el herbicida durante los seis (6) meses de muestreo, no existió diferencias significativas en las poblaciones de las familias de Collembola; mientras que entre el área sin aplicación del herbicida y el área de aplicación mensual del herbicida, si existió diferencias significativas entre las poblaciones de las familias de Collembolas. Al contrastar el área con dos aplicaciones del herbicida con el área donde se aplicó de manera mensual el herbicida Paraquat, durante los seis meses de muestreo, la prueba t de student mostró que existió diferencia significativa entre las poblaciones de familias de Collembola de ambas áreas. Esto refuerza que la aplicación mensual del herbicida Paraquat, si afecta a las de las poblaciones de Collembola.

Estos resultados indican, que la aplicación continua del herbicida Paraquat, ejerce una acción que puede ser negativa o positiva sobre las poblaciones de las familias de Collembola. Además, este resultado indica que la aplicación continua del herbicida Paraquat y la residualidad de este herbicida, afectan a las poblaciones de familias de Collembola. Esto resultados, es cónsono con lo establecido por Frampton (1997); Vreeken-Buijs *et al.* (1994), quien encontraron que las aplicaciones de plaguicidas y pesticidas, afectan negativamente la abundancia de los colémbolos; mientras que Stinner *et al.* (1986), había indicado que los pesticidas producen un efecto positivo en las poblaciones de este grupo.

Cuadro 5. Diferencias significativas entre tratamientos para valores totales de cada familia.

Áreas	Sin aplicación vs. Aplicación 2 veces durante 6 meses	Sin aplicación vs. Aplicación mensual	Aplicación 2 veces durante 6 meses vs. Aplicación mensual
Familias (Población general)	0,24	0,43	0,29

* $t > 0,25$ existe diferencia significativas.

Al establecer las diferencia significativas para cada familia de Collembola, entre el área control y el área de dos tratamiento con el herbicida Paraquat durante los seis meses del muestreo, solamente la familia Entomobryidae, presentó diferencia significativa; mientras que al contrastar el área control con el área de aplicación mensual del herbicida durante los seis meses del muestreo, las familias Entomobryidae, Brachystomellidae, Sminthuridae, Sminthurididae y Onychiuridae, presentaron diferencias significativas en sus poblaciones. Este resultado nos confirma, que tanto la aplicación continua como la residualidad del herbicida Paraquat, afectaron a las poblaciones de estas familias de Collembola.

Al realizar el contraste de diferencias significativas entre el área de dos aplicaciones con el área de aplicación mensual del herbicida Paraquat durante los seis meses del muestreo, las familias Entomobryidae e Isotomidae, fueron las que presentaron diferencias significativas entre sus poblaciones (Cuadro 6). Este resultado nos indica que la variación poblacional que puede darse entre estas dos familias ante la presencia del herbicida Paraquat, pueden ser indicadores de cambio producido en el suelo por la aplicación continua y la residualidad de este herbicida. En este aspecto, Frampton (1997), indicó que las interacciones entre Collembola, pueden ser consideradas para determinar el valor de este taxa, como bioindicadores y para establecer el efecto directo o indirecto de los pesticidas.

Cuadro 6. Diferencias significativas entre tratamientos para cada familia de Collembola.

FAMILIA	Sin aplicación vs. Aplicación 2 veces durante 6 meses	Sin aplicación vs. Aplicación mensual	Aplicación 2 veces durante 6 meses vs. Aplicación mensual
Isotomidae	0,24	0,18	0,38
Entomobryidae	0,32	0,47	0,40
Paronellidae	0,07	0,04	0,24
Brachystomellidae	0,07	0,33	0,06
Sminthuridae	0,07	0,45	0,07
Sminthurididae	0,03	0,48	0,03
Dicyrtomidae	0,07	0,14	0,06
Onychiuridae	0,22	0,47	0,09

*t>0,25 existe diferencia significativas.

CONCLUSIONES.

En el estudio se colectaron 6 418 especímenes distribuidos en ocho familias del orden Collembola. El área con mayor abundancia de especímenes de Collembola fue la del tratamiento de dos aplicaciones del herbicida Paraquat, durante los seis (6) ese de muestreo, seguido por el área con aplicaciones mensuales de herbicida durante el tiempo de muestreo y finalmente el área sin la aplicación del herbicida. Los tratamiento con el herbicida Paraquat, fueron la posiblemente la causa que aumentaran las poblaciones en siete de las ocho familias encontradas en las áreas de estudio; mientras que solo una familia disminuyó su población. La familia más abundante en especímenes en las tres áreas de muestreo fue Entomobryidae, la cual tuvo su mayor cantidad de especímenes en las áreas tratadas con el herbicida, respecto al área control; indicándonos que probablemente la aplicación del herbicida fue la razón del aumento positivo en las poblaciones de esta familia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Anderson, M.J. (1988). Spatio temporal effects of invertebrates on soil processes. *Biology and fertility of soil* 6: 189-203.
- Arbea, J. I. y Blasco Zumeta, J. (2001). Ecología de los Colémbolos (Hexapoda, Collembola) en los Monegros (Zaragoza, España). *Aracnet* 7- Bol. S.E. A., n° 28: 35-48.
- Brown, K. S. (1991). Conservation of Neotropical environments: Insect as indicators. pp. 350-401 In: N.M. Collins and J.A. Thomas (eds.). *The conservation and their habitats* Ch. 14. New York.
- Caseley, J., Labrada, R. y Parker, C. (1996). Herbicidas. “Manejo de malezas para países en desarrollo” en *Estudio FAO Producción y Protección Vegetal* 120. Depósito de documentos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la

Alimentación (FAO). Departamento de agricultura, página web:
<http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s0e.htm>.

- Chernova, N. M., Potapov, M. B., Sabvenkova, Y. Y. y Bokova, A. I. (2009). Ecological Significance of Parthenogenesis in Collembola. *Zoologicheskii Zhurnal* 88 (12): 1455–1470.
- Christiansen, K. (2007). NaviKey 2.3 for Collembola dataset. Páginas web:
<http://www.math.grin.edu/~twitchew/coll/navikey.html>
<http://www.collembola.org/index.html>.
- Czarnecki, A. (1983). Springtails as index of forest site development. *New trends in soil biology*. Ph. Lebrun et al. (eds): 643-645.
- Deharveng, L. (1996). Suelo, colémbolos diversidad, endemismo y reforestación. *Conservación Biology*. Los Pirineos, Francia. pp: 74-84.
- Díaz, A. M., González Cairo, V., Palacios-Vargas, J. y Lucíañez Sánchez, M. J. (2004). Clave dicotómica para la determinación de los Colémbolos de Cupa (Hexápoda, Collembola). *Boletín S.E. A.*, No 34. pp. 73-83.
- Frampton, G. K. (1997). The potencial of Collembola as indicators of pesticide usage: evidence and methods from the UK arable ecosystem. *Pedobiologia* 41:179–184.
- Frampton, G. K. (1994). Sampling to detect effects of pesticides on epigeal Collembola (springtails). *Aspects in Applied Biology* 37: 121-130.
- Greenslade, P. (1997). Are Collembola useful as indicators of the conservation value of native grasslands?. *Pedobiologia* 41: 215-220.
- Gregorich, E. G., Angers, D. A., Campbell, C. A., Carter, M. R., Drury, C. F., Elier, B. H., Groenevelt, P. H., Holstrom, D. A., Monreal, C. M., Rees, H. W., Gooney, R. P. y Vyn, T. J. (1995). Changes in soil organic matter Ch.5. In: D.F. Acton y L.J. Gregorich (eds). *The health of our*.
- Guillén, C., Soto-Adames, F. y Springer, M. (2006). Variables, físico, químicas y biológicas del suelo sobre las poblaciones de colémbolos en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 30(2): 19-29.
- Hendrix P. E. y Parmelee R. W. (1985). Descomposición, nutrient loss and microarthropod densities in herbicide-treated grass litter in a Georgia Piedmont Agroecosystem. *Soil Biol. Biochem* 17: 421-428.
- Iannacone, J. y Montoro I. (2002). Impacto de los productos botánicos bioinsecticidas (azadiractina y rotenona) sobre la artrofauna capturada con trampas de suelo en el tomate en Ica, Perú. *Revista Colombiana de Entomología* 28: 191-198.

- Kopceszki, H. (1997). An active bioindication method for the diagnosis of soil properties using Collembola. *Pedobiologia* 41:159–166.
- Palacios-Vargas, J. G. (1990). Manuales y guías para el estudio de microartrópodos. I. Diagnósis y clave para determinar las familias de los Collembola de la Región Neotropical. pp15.
- Krogh, P. H. (1994). Microarthropods as bioindicator. A study of disturbed populations. PhD thesis. National Environmental Research Institute. Silkeborg Denmark. pp 96.
- Kováč, L. y D. Miklisová (1997). Collembolan communities (Hexapoda, Collembola) in arable soils of east Slovakia. *Pedobiología* 41:62-68.
- Lagerlöf, J. y Andren, O. (1991). Abundance and activity of Collembola, Protura and Diplura (Insecta, Apterygota) in four cropping systems. *Pedobiología* 35: 337-350.
- Palacios-Vargas, J. G. y A. Gómez, J. (1993). Collembola de Chamela, México. *Folia Entomológica Mexicana* 78: 1-33.
- Ponge, J. F., Vannier, G., Arpin, P. Arpin y David, J. F. (1986). Soil fauna and site assessment in beech stands of the Belgian Ardennes. *Canadian Journal of forest Research* 27: 2053-2064.
- Rao, V. S. (2015). *Transgenic Herbicide Resistance in Plants*. Boca Raton, Florida: CRC Press. p. 211. ISBN 978-1-4665-8738-0. Consultado el 22 de febrero de 2015.
- Rebek, E. J., Hogg, D. B. y Young, D. K. (2002). Effect of four cropping systems on the abundance and diversity of epedaphic springtails (Hexapoda: Parainsecta: Collembola) in Southern Wisconsin. *Environmental Entomology* 31 (1): 37-46.
- Rusek, J. (1998). Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 7:1207-1219.
- 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.
- 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.