



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Máster en Ingeniería Agronómica

**Influencia de pesticidas en las
poblaciones de Colémbolos**

Alumno: Alberto M. Durán Vicente

Tutor: Fernando M. Alves Santos

Septiembre 2013

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCION	3
3. OBJETIVOS.....	7
4. MATERIAL Y METODOS	9
Area de estudio.....	9
Toma de muestras.....	11
Análisis estadístico	12
5. RESULTADOS Y DISCUSION	13
6. CONCLUSIONES	29
7. BIBLIOGRAFIA	31
8. ANEJOS	35

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Tratamientos aplicados durante el muestreo	10
Tabla 2: Resultados del primer muestreo	14
Tabla 3: Resultados del segundo muestreo	15
Tabla 4: Resultados del tercer muestreo	16
Tabla 5: Resultados del cuarto muestreo.....	17
Tabla 6: Resultados del quinto muestreo.....	18
Tabla 7: Resultados del sexto muestreo	19
Tabla 8: Resultados del séptimo muestreo	20
Tabla 9: Resultados del octavo muestreo	21
Tabla 10: Resultados del noveno muestreo.....	22
Tabla 11. Resultado del análisis de la varianza (ANOVA) para el grupo Entomobryae (A) dos factores (fecha, pesticida) con interacción; (B) ANOVA simple para el factor fecha y (C) ANOVA simple para el factor pesticida.....	24
Tabla 12. Resultado del análisis de la varianza (ANOVA) para el grupo Pequeños colémbolos de dos factores (fecha, pesticida) sin interacción	25
Tabla 13. Resultado del análisis de la varianza (ANOVA) para el grupo áfidos (A) dos factores (fecha, pesticida) con interacción; (B) ANOVA simple para el factor fecha y (C) ANOVA simple para el factor pesticida	25
Tabla 14. Comparación de los resultados de la variación semanal de los muestreos mediante (A) Prueba de múltiple rango-ANOVA y (B) prueba t de datos pareados..	26
Tabla 15. Comparación de las diferencias entre parcela tratada (aplicación semanas 1, 5, 7 y 9) y no tratada mediante la prueba de múltiple rango-ANOVA y prueba t de comparación de medias.....	27
Figura 1. Esquema de la estructura de el cuerpo de un Colémbolo (Poduromorfo).....	4
Figura 2. Mapa de situación de la ciudad de Nitra (Eslovaquia).....	9
Figura 3. Esquema de las trampas utilizadas para la captura de Colémbolos	11
Figura 4. Evolución temporal de los muestreos. A: Entomobryae; B: Pequeños colémbolos; C: Afidos.....	23

RESUMEN

El efecto de los insecticidas en las poblaciones de Colémbolos fue investigado en una finca de frutales en la localidad de Nitra (Eslovaquia). El estudio se hizo en dos parcelas, una en la que se aplicaron insecticidas de manera esporádica y controlada, y la otra, en la cual no se habían utilizado pesticidas desde hacía años.

Los tratamientos fueron establecidos para investigar la influencia de los insectos presentes sobre y bajo la capa superficial del suelo, en la sucesión vegetal.

Los insecticidas fueron aplicados a lo largo del año en diferentes periodos e intervalos. Las trampas fueron puestas y controladas semanalmente entre los meses de Abril y Junio.

Los insecticidas resultaron letales para los Colémbolos, y las aplicaciones dieron lugar a una fuerte reducción de la densidad de sus poblaciones. Esta reducción de densidad se producía a corto-medio plazo.

Las poblaciones de Colémbolos presentaban cierta recuperación a lo largo del año tras la aplicación de insecticidas, aunque se reducía de nuevo tras la reaplicación de los mismos en junio.

Se concluyó, que los pesticidas afectaban a la estructura de dominancia de la comunidad de Colémbolos presentes en el suelo pero no afectó a la composición de especies.

Los resultados pueden ser de relevancia para la interpretación de los estudios de investigación acerca de las interacciones de plantas e insectos herbívoros, utilizando insecticidas.

INTRODUCCIÓN

Las raíces de las plantas y los invertebrados de suelo están íntimamente ligados como componentes de la cadena trófica subterránea.

Las comunidades vegetales sufren los efectos de los invertebrados herbívoros que se alimentan de sus raíces. En contraste con los herbívoros, los efectos de los invertebrados descomponedores en el crecimiento de las plantas son menos evidentes.

Los descomponedores afectan al crecimiento de las plantas y la estructura de las comunidades vegetales por una variedad de mecanismos, incluyendo la mineralización de nutrientes, alimentación de microorganismos de la rizosfera y la modificación de la estructura del suelo, en otras palabras, creando el entorno ambiental de las raíces. (Scheu y Seta"la", 2002; Wardle, 2002).

Los Colémbolos (Figura 1), están entre los artrópodos más abundantes presentes en el suelo, y juegan un importante papel en la cadena trófica alimentaria (Butcher *et al.*, 1971; Petersen y Luxton, 1982; Petersen, 2002). Los Colémbolos son conocidos por ser generalistas en su alimentación (Hopkin, 1997; Scheu y Folger, 2004). La dieta de la mayoría de las especies se compone de una mezcla de detritus, algas, bacterias y hongos, y varía con las estaciones (Wolters, 1985). Debido a su actividad alimenticia, los Colémbolos afectan al proceso de descomposición y a la microestructura del suelo (Seastedt, 1984; Cragg y Bardgett, 2001). La modificación del proceso de descomposición del suelo implica cambios en la mineralización de nutrientes y por lo tanto, acaba afectando al crecimiento de la planta (Moore *et al.*, 1987; McGonigle, 1995; Gange, 2000). Bardgett y Chan (1999) y Scheu *et al.* (1999) mostraban que la presencia de Colémbolos conlleva cambios en el crecimiento de la planta y el contenido de N en los brotes. El efecto de los Colémbolos en el proceso descompositivo y la mineralización de nutrientes va a depender de la composición de especies y de la dominancia de las estructuras de las comunidades de Colémbolos, partiendo de que las distintas especies de Colémbolos tienen diferentes preferencias a la hora de alimentarse. (Mebes y Filser, 1998; Cole *et al.*, 2004; Chahartaghi *et al.*, 2005).

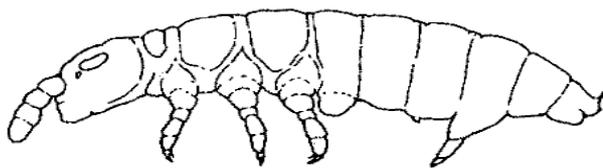


Figura 1. Esquema de la estructura de el cuerpo de un Colémbolo (Poduromorfo)

La influencia de los Colémbolos en el crecimiento de las plantas no sólo de debe al proceso de descomposición y al ciclo de los nutrientes. Al alimentarse de hongos, modifican la función y estructura de la comunidad microbiana. El efecto del consumo de micorrizas por parte de estos, iría en detrimento del crecimiento de la planta, como fue documentado por McGonigle y Fitter (1988). Sin embargo, Klironomos *et al.* (1990) y Gange (2000) detectaron que los Colémbolos preferían alimentarse de hongos saprofitos y que un moderado consumo de micorrizas mostraban un estímulo en la actividad micorrícica y por tanto un efecto beneficioso en el crecimiento vegetal. (Ek *et al.*, 1994; Lussenhop, 1996).

De modo similar, el consumo moderado de hongos saprofitos por parte de los Colémbolos, se vio que estimulaba el crecimiento de los mismos (Hanlon y Anderson, 1979).

Cuando un terreno deja de ser cultivado, la composición de especies vegetales en el terreno cambia rápidamente, y de forma paralela también lo hacen la densidad de Colémbolos, su biomasa y la composición de sus comunidades (Parr, 1978; Petersen, 1995) con biomasa, alcanzando el 10% del total de la biomasa animal en los estadios tempranos de la sucesión (Petersen, 1994) .

Por lo tanto, los Colémbolos deben afectar la sucesión de especies vegetales. De hecho, se ha documentado que la exclusión de los insectos del suelo altera la sucesión vegetal por fomentar las herbáceas anuales y retrasar la colonización por pastos (Brown y el Ganges, 1989). Sin embargo, esto ha sido adscrito a una reducción en insectos herbívoros subterráneos, descuidando los efectos potenciales de insectos descomponedores, tales como los Colémbolos (Ganade y Brown, 1997) Mortimer *et al.*, 1999).

Los invertebrados del suelo, en concreto los Colémbolos, fueron investigados para evaluar, como los efectos de las aplicaciones de insecticidas, influyen de modo indirecto en las especies vegetales, debido a los cambios en la comunidad de descomponedores.

Es conocido que los Colémbolos son vulnerables a los insecticidas (Frampton, 1994). Se ha demostrado, que el dimetoato usado para eliminar insectos herbívoros (Schädler *et al.* 2004) afecta negativamente a las comunidades de Colémbolos (Martikainen *et al.*, 1998). Del mismo modo, es conocido que el uso de clorpirifos resulta también tóxico para ellos (Frampton, 1977).

Para mas información sobre colémbolos consultar el capítulo de anejos.

Este trabajo ha sido realizado como Diploma Thesis en la Slovak University of Agriculture en Nitra (Eslovaquia) bajo la supervisión del Prof. Ing. L'. Cagán, CSv. Jefe del Departamento de Protección Vegetal de la Facultad de Agrobiología. La versión española y la ampliación estadística se han realizado bajo la tutela del Dr. Fernando M. Alves Santos, profesor de Fitopatología y Protección de Cultivos, del Departamento de Producción Vegetal y Rec. Forestales de la ETSIIAA de Palencia (UNIVERSIDAD DE VALLADOLID)

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es:

- Evaluar el efecto de los tratamientos de pesticidas en las poblaciones de colémbolos en el suelo.

Como objetivo secundario:

- Evaluar el efecto de los tratamientos de pesticidas en otras poblaciones (áfidos) en el suelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Area de estudio

El experimento fue establecido en una finca perteneciente a la Universidad Eslovaca de Agricultura (SUA), en la localidad de Nitra (Eslovaquia) (ver Figura 2).

En ella se establecieron dos parcelas en las cuales se cultivaban arboles frutales, una en la cual no se habían aplicado pesticidas desde hacía varios años y la otra en la cual se aplicaban pesticidas con regularidad. En esta última, el control de plagas se llevaba a cabo mediante la aplicación de pesticidas. Una combinación de diferentes fungicidas e insecticidas eran aplicados sobre los cultivos, con dicho fin.

La parcela donde los insecticidas eran aplicados con regularidad, ocupaba una superficie de 2 hectáreas y en ella eran cultivados manzanos (*Malus doméstica*). Esta parcela se encontraba ubicada en una finca de unas 20 hectáreas a las afueras del campus universitario de la SUA, en la cual eran cultivados diferentes árboles frutales y algunos cultivos hortícolas. Los fines de dicha finca son el divulgativo/docente y el de la investigación propiamente dicha.

Por otro lado, la parcela libre de pesticidas, ocupaba una superficie en torno a una hectarea y en ella eran cultivados cerezos (*Prunus avium*). Esta parcela se encontraba situada más cerca del campus de la SUA y no estaba rodeada por más cultivos.



Figura 2. Mapa de situación de la ciudad de Nitra (Eslovaquia)

Durante el periodo experimental, de Abril a Junio, se llevaron a cabo un total de cuatro aplicaciones de pesticidas (Tabla 1)

Tabla 1: Tratamientos aplicados durante el muestreo

5 de abril	<i>Litros por ha</i>	1000	
Nombre comercial	Principio activo	Concentración	
Pyrinex 48 EC	Chlorpyrifos	0,20%	Insecticida (áfidos)
Topas 100 EC	Penconazole	0,05%	Fungicida
Karathane LC	Meptyldinocap	0,05%	Fungicida
Silwet L 77	Heptamethytrisiloxan	0,03%	Adyuvante
11 de mayo	<i>Litros por ha</i>	1200	
Nombre comercial	Principio activo	Concentración	
Pirimor 50 WG	Pirimicarb	0,08%	Insecticida (áfidos)
Zato 50 WG	Trifloxystrobin	0,02%	Fungicida
25 de mayo	<i>Litros por ha</i>	1200	
Nombre comercial	Principio activo	Concentración	
Talent	Tyclobutanyl	0,5 L por ha	Fungicida
Calypso 480 SC	Thiacloprid	0,02%	Insecticida
Silwet L 77	Heptamethytrisiloxan	0,02%	Adyuvante
7 de junio	<i>Litros por ha</i>	1200	
Nombre comercial	Principio activo	Concentración	
Spintor	Spinosad	0,6 L por ha	Insecticida
Merpan 80 WDG	Captan	0,2 %	Fungicida
Karathane LC	Meptyldinocap	0,05 %	Fungicida

Toma de muestras

Para evaluar las poblaciones de Colémbolos, estos debían recolectarse del suelo en ambas parcelas y de forma periódica. Existen varias formas de recolectar Colémbolos, “Pitfall traps” y “Litters bags” son los metodos más comunes, pero es este último el más efectivo (Prasifka *et al* 2007) y el que utilizamos en nuestro estudio (Figura 3).



Figura 3. Esquema de las trampas utilizadas para la captura de Colémbolos

El método consiste, en utilizar mayas rellenas de restos vegetales y colocarlas sobre la superficie del suelo. Estas son tapadas con un material opaco que reduce la luminosidad sobre la misma y al mismo tiempo la fija al terreno.

Durante el periodo que duro el estudio, tres trampas fueron colocadas en cada parcela con una temporalidad semanal. Una vez pasado los siete días, eran retiradas del terreno y substituidas por otras nuevas. Las trampas eran llevadas al laboratorio del departamento de protección vegetal de la SUA y eran colocadas en un instrumento fabricado artesanalmente para el estudio, con el objetivo de recolectar los insectos que había en la trampa.

El instrumento consistía básicamente, en una plataforma de madera donde eran colocados las trampas y mediante la utilización de lámparas que proporcionaban luz y calor, los insectos aumentaban su actividad y caían a un bote con alcohol isopropílico a través de un embudo.

Las trampas eran colocadas en este instrumento durante siete días a lo largo de los cuales, la fuente de calor permanecía constantemente activada. Una vez pasado los siete días, las trampas se desechaban y otras seis recién llegadas del campo, eran colocadas en su lugar.

Los insectos fueron recolectados semanalmente, durante el periodo comprendido entre Abril y Junio de 2012.

Una vez los insectos eran recolectados en los botes, eran trasladados a tubos de ensayo, en los cuales se indicaba fecha de recolección en campo, fecha de llegada a laboratorio y fecha de recolección final.

Posteriormente, los insectos eran contados e identificados en el laboratorio con la ayuda de un microscopio. Para su manipulación utilizamos utensilios como un pincel o unas pinzas y nos ayudamos de unas claves para su identificación. Los colémbolos fueron clasificados con la guía de Fjellberg (1980).

Los insectos encontrados, fueron reflejados en tablas. Los Colémbolos fueron reducidos a dos grandes grupos: Entomobryae y Pequeños colémbolos.

Entomobryae es una de las familias más comunes de Colémbolos presentes en la superficie del suelo de aquella area y el grupo de mayor interés en nuestro estudio.

Pero no solo los Colémbolos fueron reflejados en el estudio, el otro grupo de artrópodos con mayor presencia en nuestros conteos, los Áfidos, también fueron tenidos en cuenta.

Análisis estadístico

Las estadísticas descriptivas y la prueba t de Student se ha realizado mediante la hoja Excel de Microsoft. Esta prueba se ha usado para comparar las medias entre parcelas y una prueba de datos pareados para la variación entre fechas de muestreo mediante la comparación de las capturas en cada trampa. El análisis de la varianza (ANOVA) y las pruebas de múltiple rango se realizó mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI version 16.1.18. Este procedimiento se ha usado para analizar las diferencias entre fechas y entre parcela tratada y no tratada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal como ha sido documentado, los Colémbolos perteneces a un grupo muy grande y de clasificación compleja. Se pueden identificar una gran cantidad de familias, pero vamos a centrar nuestro interes en una, la familia Entomobrydae, ya que está tiene una mayor presencia.

Esta familia, se caracteriza por tener el segmento abdominal IV alargado y una fúrcula bastante desarrollada. Las especies dentro de esta familia pueden presentar escamas y un fuerte colorido. Su presencia es muy común en Europa.

Por otro lado también han sido cuantificados, los Colémbolos de familias de menor tamaño, bajo el nombre de Pequeños colémbolos. Este grupo tendra menor presencia en el estudio.

Las trampas, fueron puestas semanalmente durante un periodo de nueve semanas.

PRIMER MUESTREO

Tal y como se describe anteriormente, en una de las parcelas de frutales, los pesticidas eran usados con normalidad para el manejo de plagas y enfermedades.

Todos los años, la parcela es fumigada con pesticidas, lo que ha debido influir en la biodiversidad de los artrópodos que viven en el suelo. Pero solo los que han sido utilizados durante el periodo que duró el experimento han sido tenidos en cuenta. En el primer muestreo, sólo había sido realizada una aplicación de insecticida. En esta primera aplicación de fitosanitarios se incluye el clorpirifos que afecta a poblaciones de áfidos.

En la siguiente tabla, mostramos la cantidad de artrópodos recogidos en el primer muestreo.

Tabla 2: Resultados del primer muestreo

Fecha instalación	Fecha recogida	Pesticida	Nº Trampa	Entomobryae	Pequeños colémbolos	Áfidos
11-04-2012	18-04-2012	SIN	1	9	10	124
11-04-2012	18-04-2012	SIN	2	20	7	128
11-04-2012	18-04-2012	SIN	3	12	7	135
Media				14	8	129
11-04-2012	18-04-2012	CON	1	2	3	160
11-04-2012	18-04-2012	CON	2	6	7	153
11-04-2012	18-04-2012	CON	3	6	7	127
Media				5	6	147

En el primer muestreo, tal como se ve en la tabla, hay una pequeña diferencia entre las dos parcelas.

En la parcela con ausencia de pesticidas, hay una mayor cantidad de Collembolos, en la familia Entomobryidae. Estos concretamente, llegan a triplicar en número, a los provenientes de la parcela tratada con químicos. Sin embargo, ni en este grupo ni en el grupo de Pequeños colémbolos se aprecian diferencias significativas entre ambos.

En el caso de los otros artrópodos tenidos en cuenta, los Áfidos, hay una mayor cantidad de estos en la parcela en la cual los insecticidas eran aplicados con regularidad aunque la diferencia no es significativa.

SEGUNDO MUESTREO

En el segundo muestreo (Tabla 3), podemos observar una mayor cantidad de Colembolos de la familia Entomobryidae en la parcela donde no había presencia de pesticidas, y es significativa en la prueba t ($p=0,017$).

No hay diferencias en el grupo de Pequeños colémbolos y, al igual que en el primer conteo, el número de Áfidos, es mayor en la parcela donde se aplicaban insecticidas con regularidad pero sin diferencias significativas.

Tabla 3: Resultados del segundo muestreo

Fecha instalación	Fecha recogida	Pesticida	Nº Trampa	Entomobryae	Pequeños colémbolos	Áfidos
18-04-2012	25-04-2012	SIN	1	11	2	102
18-04-2012	25-04-2012	SIN	2	15	1	75
18-04-2012	25-04-2012	SIN	3	13	0	77
Media				13	1	85
18-04-2012	25-04-2012	CON	1	9	2	247
18-04-2012	25-04-2012	CON	2	8	0	75
18-04-2012	25-04-2012	CON	3	7	0	72
Media				8	1	131

En este punto, se puede interpretar que, debido a que había pasado tiempo desde la última aplicación y el ciclo de vida de los Colémbolos es muy corto, las poblaciones de estos se llegan a estabilizar en ambas parcelas.

Por otro lado, la presencia de mayor cantidad de Áfidos en la parcela donde se aplicaban insecticidas, puede ser debido a que esta es mucho mayor y está rodeada por una mayor variedad de cultivos, lo que puede promover el movimiento de insectos de unos cultivos a otros. Además, al haberse dado una sola aplicación, esta ha podido resultar insuficiente para su control.

TERCER MUESTREO

En el tercer conteo (Tabla 4), solamente había sido dada la primera aplicación de pesticidas.

Tabla 4: Resultados del tercer muestreo

Fecha instalación	Fecha recogida	Pesticida	Nº Trampa	Entomobryae	Pequeños colémbolos	Áfidos
25-04-2012	02-05-2012	SIN	1	10	10	122
25-04-2012	02-05-2012	SIN	2	21	7	126
25-04-2012	02-05-2012	SIN	3	13	7	135
Media				15	8	128
25-04-2012	02-05-2012	CON	1	4	3	165
25-04-2012	02-05-2012	CON	2	6	8	153
25-04-2012	02-05-2012	CON	3	5	6	127
Media				5	6	148

El número de insectos presentes, es muy similar que en los anteriores conteos.

Hay una presencia mayor de Colémbolos, en concreto de la familia Entomobryae, en la parcela libre de pesticidas (prueba de $p=0,044$). En este caso, el número de Pequeños colémbolos es mayor que los conteos anteriores, aunque existiendo proporcionalidad entre ambas parcelas.

En el caso de los Áfidos, es observado una mayor cantidad de insectos en la parcela donde se aplican insecticidas con regularidad aunque no es estadísticamente significativo.

En este punto, debido a que ha pasado un tiempo prudente desde la última aplicación, las poblaciones de artrópodos tienden a estabilizarse en ambas parcelas, pero la variabilidad dentro de las parcelas provoca que estadísticamente no aparezcan diferencias.

CUARTO MUESTREO

En el cuarto conteo (Tabla 5) , ninguna otra aplicación de insecticida habia sido aplicada.

Tabla 5: Resultados del cuarto muestreo

Fecha instalación	Fecha recogida	Pesticida	Nº Trampa	Entomobryae	Pequeños colémbolos	Áfidos
02-05-2012	09-05-2012	SIN	1	3	7	105
02-05-2012	09-05-2012	SIN	2	7	13	85
02-05-2012	09-05-2012	SIN	3	6	7	79
Media				5	9	90
02-05-2012	09-05-2012	CON	1	3	0	58
02-05-2012	09-05-2012	CON	2	1	2	47
02-05-2012	09-05-2012	CON	3	2	2	54
Media				2	1	53

Los resultados son similares a los obtenidos anteriormente.

Es observada una mayor cantidad de Colémbolos en la parcela sin presencia de insecticidas, tanto en el grupo de Entomobryae como en el de Pequeños colémbolos.

En este caso, a diferencia de los anteriores, es observado una presencia mayor de Áfidos en la parcela libre de pesticidas. Las diferencias estadísticas sólo se manifiestan para el grupo de pequeños colembolos ($p=0,022$, prueba t) y de áfidos ($p=0,012$).

Estos resultados pueden explicarse debido a una reducción de temperaturas y un empeoramiento de generalizado de la climatología durante la semana, lo que podría explicar el descenso del total de insectos contados, concretamente dentro del grupo de los Áfidos.

QUINTO MUESTREO

El 11 de Mayo, una vez que fueron recogidas las trampas del cuarto conteo, y colocadas las trampas correspondientes al quinto conteo, una nueva aplicación de pesticidas fue hecha. En esta se incluye el insecticida piricarb.

En la siguiente tabla (Tabla 6) se muestran los resultados del quinto muestreo.

Tabla 6: Resultados del quinto muestreo

Fecha instalación	Fecha recogida	Pesticida	Nº Trampa	Entomobryae	Pequeños colémbolos	Afidos
09-05-2012	16-05-2012	SIN	1	126	4	25
09-05-2012	16-05-2012	SIN	2	42	12	71
09-05-2012	16-05-2012	SIN	3	103	15	83
Media				90	10	60
09-05-2012	16-05-2012	CON	1	4	5	27
09-05-2012	16-05-2012	CON	2	8	6	45
09-05-2012	16-05-2012	CON	3	22	8	47
Media				11	6	40

En el quinto conteo, es observado un incremento importante de las poblaciones de Colémbolos, en particular dentro del grupo Entomobryae donde la diferencia es significativa ($p=0,037$). La proporción de insectos dentro de este grupo es unas nueve veces mayor en la parcela sin pesticidas, comparada con la otra parcela.

En el caso de Pequeños colémbolos es observado una cantidad similar a las obtenidas en los anteriores trampeos.

En el grupo de los Áfidos, es observada un decrecimiento general de la población, y a diferencia de los conteos anteriores, la presencia de estos insectos es mayor en la parcela libre de pesticidas, posiblemente debido a que tras una segunda aplicación de pesticidas, en concreto de acaricida, estos empezaban a tener un algún efecto en los mismo.

SEXTO MUESTREO

En el sexto trampeo, como es observado en la tabla siguiente (Tabla 7), la población de insectos sufre un decrecimiento generalizado, aunque las proporciones entre ambas parcelas siguen siendo parecidas a los últimos datos obtenidos.

Tabla 7: Resultados del sexto muestreo

Fecha instalación	Fecha recogida	Pesticida	Nº Trampa	Entomobryae	Pequeños colémbolos	Afidos
16-05-2012	24-05-2012	SIN	1	13	8	53
16-05-2012	24-05-2012	SIN	2	14	10	64
16-05-2012	24-05-2012	SIN	3	12	9	36
Media				13	9	51
16-05-2012	24-05-2012	CON	1	8	1	23
16-05-2012	24-05-2012	CON	2	15	9	34
16-05-2012	24-05-2012	CON	3	3	0	16
Media				9	3	24

Durante esta semana las condiciones climatológicas empeoraron, en concreto fue observado una disminución de las temperaturas, sobre todo el día de recolección de la trampa. Una posible disminución de la actividad de los artrópodos, podría justificar la menor presencia de estos en ambas parcelas.

No se aprecian diferencias estadísticas en la prueba t, sólo en la prueba de múltiple rango tras el ANOVA y en concreto para el grupo de Pequeños colémbolos.

SEPTIMO MUESTREO

El 25 de Mayo, una vez retiradas las trampas del último conteo, y colocadas las nuevas para el siguiente conteo (Tabla 8), fue llevada a cabo la tercera aplicación de pesticidas que incluían el insecticida Thiacloprid.

Tabla 8: Resultados del séptimo muestreo

Fecha instalación	Fecha recogida	Pesticida	Nº Trampa	Entomobryae	Pequeños colémbolos	Afidos
24-05-2012	31-05-2012	SIN	1	7	2	25
24-05-2012	31-05-2012	SIN	2	6	4	32
24-05-2012	31-05-2012	SIN	3	4	0	22
Media				6	2	26
24-05-2012	31-05-2012	CON	1	1	0	29
24-05-2012	31-05-2012	CON	2	1	0	37
24-05-2012	31-05-2012	CON	3	3	0	42
Media				2	0	36

En el séptimo conteo, es observada una disminución generalizada en las poblaciones de Colémbolos. Existe diferencia significativa en el grupo Entomobryae (prueba t, $p=0,022$).

No se muestra una gran diferencia dentro del grupo de Áfidos respecto al último conteo, aunque en este caso, hay mayor cantidad de Áfidos en la parcela con pesticidas. Esto puede ser explicado ya que el insecticida utilizado (Thiacloprid), no es usado en la lucha contra los Áfidos.

OCTAVO MUESTREO

En este muestreo (Tabla 9), es observado un incremento generalizado de artrópodos en todos los grupos, numero que llega a ser algo mayor en la parcela donde los pesticidas eran aplicados con regularidad.

Tabla 9: Resultados del octavo muestreo

Fecha instalación	Fecha recogida	Pesticida	Nº Trampa	Entomobryae	Pequeños colémbolos	Afidos
31-05-2012	07-06-2012	SIN	1	27	4	155
31-05-2012	07-06-2012	SIN	2	9	3	87
31-05-2012	07-06-2012	SIN	3	35	11	108
Media				24	6	117
31-05-2012	07-06-2012	CON	1	33	6	105
31-05-2012	07-06-2012	CON	2	37	8	163
31-05-2012	07-06-2012	CON	3	4	5	103
Media				25	6	124

En el caso del grupo Entomobryae, la mayor presencia de insectos en la parcela donde se aplicaban pesiticidas, podría ser justificada por varias razones, pero ninguna de ellas sería compatible con el efecto residual de los pesticidas. En este caso, podría haberse dado un repunte en sus poblaciones tras dos semanas de condiciones climaticas no idelaes.

En el grupo de Áfidos, se produce un gran amuento de estos en ambas parcelas a pesar de que se sigue manteniendo la proporción de los últimos conteos. Esto puede ser explicado a que las condiciones climatológicas volvieron a ser óptimas, tras dos semanas. Al no existir nuevas aplicaciones de pesticidas, en concreto de ácaricidas, dichas proporciones seguirían estando justificadas.

A pesar de estas variaciones no existen diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los grupos.

NOVENO Y ULTIMO MUESTREO

Las trampas de este último conteo, fueron recogidas y reinstaladas a primera hora de la mañana del día 7 de Junio, a lo largo del cual fue realizada la cuarta aplicación de pesticidas en la que se incluye el insecticida Spinosad. En el cuadro siguiente se muestran los resultados del último muestreo (Tabla 10).

Tabla 10: Resultados del noveno muestreo

Fecha instalación	Fecha recogida	Pesticida	Nº Trampa	Entomobryae	Pequeños colémbolos	Afidos
07-06-2012	15-06-2012	SIN	1	21	6	146
07-06-2012	15-06-2012	SIN	2	15	7	58
07-06-2012	15-06-2012	SIN	3	5	5	111
Media				14	6	105
07-06-2012	15-06-2012	CON	1	25	7	101
07-06-2012	15-06-2012	CON	2	32	8	183
07-06-2012	15-06-2012	CON	3	12	5	103
Media				23	7	129

En el último trampeo no se observan diferencias significativas entre parcelas.

Las poblaciones de insectos siguen siendo las mismas e incluso se mantienen las proporciones entre ambas parcelas.

En el caso del grupo Entomobryae, es observado una mayor cantidad de insectos en la parcela con presencia de insecticidas. Esto podría ser explicado por un incremento puntual de las poblaciones de insectos debido a las temperaturas óptimas.

Análisis conjunto

En la siguiente figura (Figura 4) se representan los datos de recogida a lo largo de los nueve muestreos.

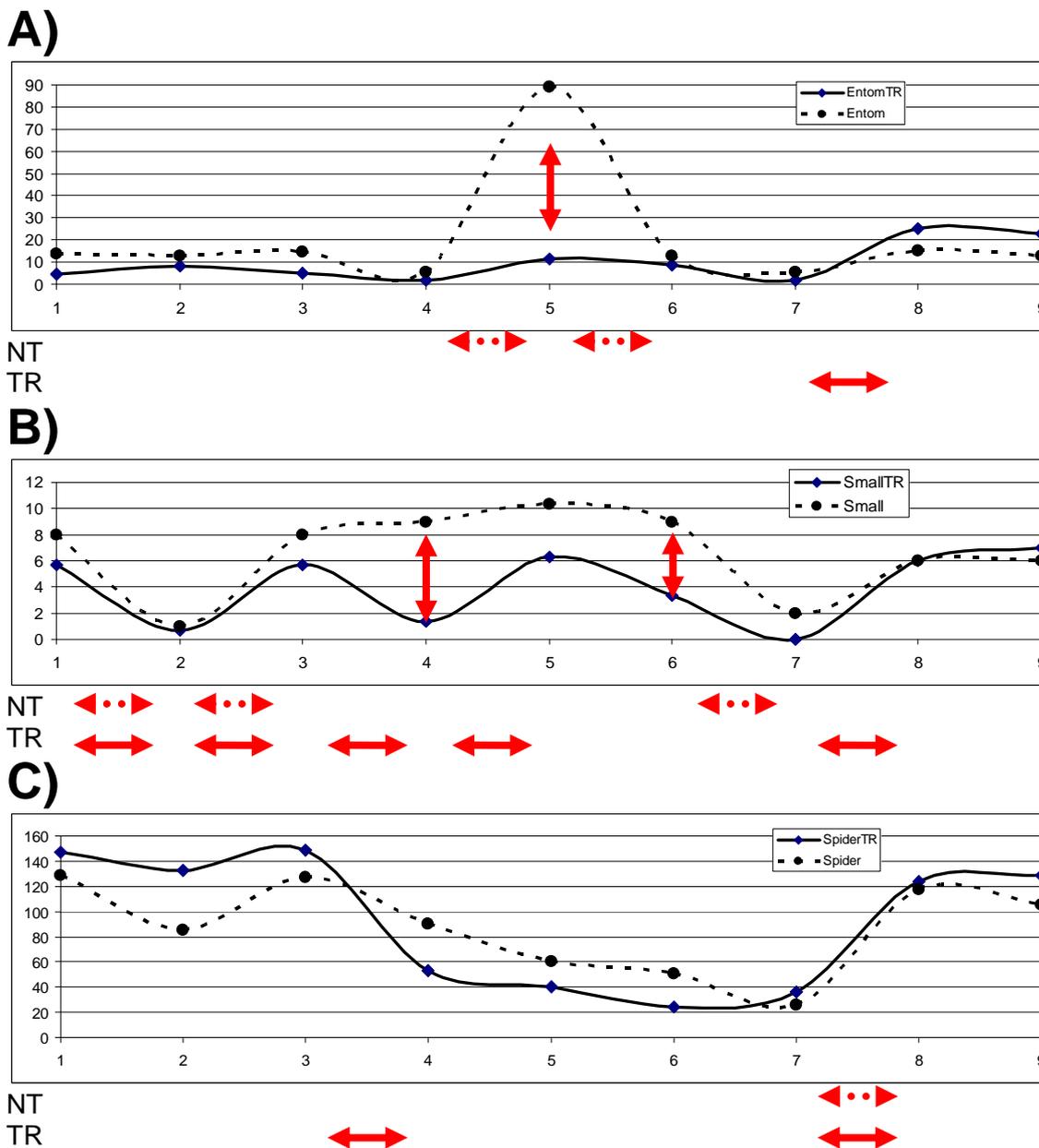


Figura 4. Evolución temporal de los muestreos. A: Entomobryae; B: Pequeños colémbolos; C: Afidos. Eje Y: nº de individuos; Eje X: semana de muestreo. Línea continua: parcela tratada (aplicación semanas 1, 5, 7 y 9), línea discontinua: parcela no tratada. Las flechas indican diferencias significativas (prueba de múltiple rango - ANOVA): Verticales, diferencia entre parcela tratada y no tratada; Horizontales, diferencia entre una semana y la siguiente (TR parcela tratada flecha continua, NT parcela no tratada flecha discontinua).

En el grupo de Entomobryae (Figura 4 A) se observa un notable aumento de las capturas en la semana 5 en la parcela no tratada y un decaimiento tras la misma lo que viene reflejado por las diferencias en la prueba de múltiple rango que indican la variación significativa entre las semanas 4-5 y 5-6 y entre parcelas en la semana 5. También se refleja un aumento significativo entre las semanas 7-8 en la parcela tratada. El ANOVA indica valores significativos para el factor fecha y pesticida así como fuerte interacción (Tabla 11 A). Cuando hacemos el ANOVA de un solo factor, la fecha sigue siendo significativa (Tabla 11 B) pero la presencia/ausencia de pesticida no (Tabla 11 C).

Tabla 11. Resultado del análisis de la varianza (ANOVA) para el grupo Entomobryae (A) dos factores (fecha, pesticida) con interacción; (B) ANOVA simple para el factor fecha y (C) ANOVA simple para el factor pesticida.

A) Análisis de Varianza para entomo - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:fecha	10382,3	8	1297,79	8,45	0,0000
B:pestic	1802,67	1	1802,67	11,73	0,0016
INTERACCIONES					
AB	8059,0	8	1007,38	6,56	0,0000
RESIDUOS	5532,0	36	153,667		
TOTAL (CORREGIDO)	25776,0	53			

B) Tabla ANOVA para entomo por fecha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	10382,3	8	1297,79	3,79	0,0018
Intra grupos	15393,7	45	342,081		
Total (Corr.)	25776,0	53			

C) Tabla ANOVA para entomo por pestic

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1802,67	1	1802,67	3,91	0,0533
Intra grupos	23973,3	52	461,026		
Total (Corr.)	25776,0	53			

En el caso de los Pequeños colémbolos (Figura 4 B) se observa una oscilación significativa de las capturas en la parcela tratada casi de forma semanal. Por otro lado en la parcela no tratada se produce una especie de meseta entre las semanas 3 a 6, acompañando las oscilaciones descritas en el resto, lo que hace que los muestreos de la semana 4 y 6 presenten diferencias entre parcela tratada y no tratada. El ANOVA en este caso no muestra interacción entre los dos factores (salida no mostrada) y cada

uno de ellos es significativo tanto en el análisis simple (no mostrado) como en el de dos factores (Tabla 12).

Tabla 12. Resultado del análisis de la varianza (ANOVA) para el grupo Pequeños colémbolos de dos factores (fecha, pesticida) sin interacción (no significativa en el análisis previo).

Análisis de Varianza para small - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:fecha	329,593	8	41,1991	5,38	0,0001
B:pestic	90,7407	1	90,7407	11,85	0,0013
RESIDUOS	336,926	44	7,65741		
TOTAL (CORREGIDO)	757,259	53			

Por último, en el grupo de los áfidos (Figura 4 C) la parcela tratada y no tratada presentan un comportamiento similar con un descenso más marcado en la parcela tratada entre las semanas 3 y 4 y una recuperación significativa en ambas entre las semanas 7 y 8 que coincide con recuperación también de los otros grupos. El ANOVA indica que solo el factor fecha es significativo y que no existe interacción (Tabla 13 A). El ANOVA simple del factor fecha muestra resultados altamente significativos (Tabla 13 B)

Tabla 13. Resultado del análisis de la varianza (ANOVA) para el grupo áfidos (A) dos factores (fecha, pesticida) con interacción; (B) ANOVA simple para el factor fecha y (C) ANOVA simple para el factor pesticida.

A) Análisis de Varianza para áfido - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:fecha	88382,0	8	11047,8	10,37	0,0000
B:pestic	298,685	1	298,685	0,28	0,5996
INTERACCIONES					
AB	8837,81	8	1104,73	1,04	0,4270
RESIDUOS	38336,0	36	1064,89		
TOTAL (CORREGIDO)	135855,	53			

B) Tabla ANOVA para áfido por fecha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	88382,0	8	11047,8	10,47	0,0000
Intra grupos	47472,5	45	1054,94		
Total (Corr.)	135855,	53			

La aplicación de tratamientos parece tener un efecto desigual entre las poblaciones. La aplicación en la semana 5 parece tener un efecto inmediato en el grupo de Entomobryae pero más retrasado (semana 6) para los pequeños colémbolos. Por otro

lado la aplicación de la semana 7 no parece afectar en nada pues todos los grupos se recuperan de forma similar tanto en parcelas tratadas como no tratadas y la de la última semana no se refleja en unas poblaciones más o menos estabilizadas.

Si realizamos una comparación de las diferencias variaciones semanales mediante la prueba t de Student para comparar datos apareados (trampas) y el análisis de múltiple rango posterior al ANOVA (Tabla 14) encontramos resultados muy similares. Tan sólo cabe destacar que la prueba t nos indica mas variaciones significativas en la parcela no tratada para el grupo de áfidos aunque se observa claramente en el gráfico (Figura 4 C) que el comportamiento de ambas parcelas es similar

Tabla 14. Comparación de los resultados de la variación semanal de los muestreos mediante (A) Prueba de múltiple rango-ANOVA y (B) prueba t de datos pareados. Las casillas en gris indican resultados significativos en los dos tests.

A

Prueba de múltiple rango, ANOVA

Semana	Entomobryae		Pequeños colémbolos		Áfidos	
	Tratado	No tratado	Tratado	No tratado	Tratado	No tratado
1 ^a -2 ^a			*	*		
2 ^a -3 ^a			*	*		
3 ^a -4 ^a			*		*	
4 ^a -5 ^a		*	*			
5 ^a -6 ^a		*				
6 ^a -7 ^a				*		
7 ^a -8 ^a	*		*		*	*
8 ^a -9 ^a						

* = diferencia significativa nivel confianza 95%

B

Prueba t datos pareados

Semana	Entomobryae		Pequeños colémbolos		Áfidos	
	Tratado	No tratado	Tratado	No tratado	Tratado	No tratado
1 ^a -2 ^a				**		*
2 ^a -3 ^a	*			**		*
3 ^a -4 ^a		*	*		**	*
4 ^a -5 ^a		*	**			
5 ^a -6 ^a		*				
6 ^a -7 ^a		**		**		*
7 ^a -8 ^a			**		*	*
8 ^a -9 ^a						

* p<0,05 ** p<0,01

Del mismo modo, si comparamos las diferencias entre parcela tratada y no tratada (Tabla 15) encontramos patrones similares aunque en este caso la prueba t para comparar medias parece marcar más diferencias significativas en el grupo Entomobryae en los primeros muestreos donde hay un número bajo de capturas y en la semana 6 del grupo áfidos donde también se da una captura relativamente baja.

Tabla 15. Comparación de las diferencias entre parcela tratada (aplicación semanas 1, 5, 7 y 9) y no tratada mediante la prueba de múltiple rango-ANOVA y prueba t de comparación de medias. Las casillas en gris indican resultados significativos en los dos tests.

Semana	Entomobryae		Pequeños colémbolos		Áfidos	
	prueba t	ANOVA	prueba t	ANOVA	prueba t	ANOVA
1+						
2	*					
3	*					
4			*	*	*	
5+	*	*				
6				*		
7+	*					
8						
9+						

* = $p < 0,05$ o diferencia significativa nivel confianza 95%

+ = aplicación de tratamiento

Los resultados indican que la aplicación de pesticidas puede afectar a las poblaciones de descomponedores aunque no encontramos una correspondencia absoluta entre las aplicaciones y las variaciones. Resultados de otros trabajos que recomiendan o indican el uso de insecticidas para manipular los insectos herbívoros aéreos y subterráneos (Masters *et al.*, 1993; Gange y Brown, 2002; Schadler *et al.*, 2004) deben interpretarse con cautela. Los cambios en el crecimiento de las plantas, la competencia y sucesión vegetales no se ve reducida únicamente por la acción de los herbívoros sino por los cambios mediados por descomponedores que afectan a los ciclos de nutrientes y que por tanto también deben ser considerados.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que las poblaciones estudiadas son muy variables y que muchos factores pueden influenciar su desarrollo y entre ellos

esta la aplicación de pesticidas y los posibles efectos secundarios y residuales de los mismos.

Por ello sería interesante ampliar trabajos de este tipo aumentando el número de factores considerados (clima, temperatura y humedad, otros pesticidas y cultivos etc.) que puedan llegar a determinar que pesticidas tienen efectos sobre determinadas poblaciones no diana y por tanto tienen efectos en el medio más allá de la propia eliminación de los organismos diana.

CONCLUSIONES

- 1- La aplicación de pesticidas, en concreto la aplicación de Pirimicarb, parece afectar de forma inmediata a las poblaciones de colémbolos de la familia Entomobryae mientras que lo hace de forma retardada a las poblaciones de colémbolos agrupados como Pequeños colembolos. Sin embargo la aplicación de otros pesticidas no parece provocar todas sus variaciones que podrían deberse a cambios climáticos.

- 2- La aplicación de pesticidas no parece afectar significativamente a las poblaciones de áfidos halladas en el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BARDGETT, R.D., CHAN, K.F., 1999. Experimental evidence that soil fauna enhance nutrient mineralization and plant nutrient uptake 144 K. Endlweber et al. / *Applied Soil Ecology* 31 (2006) 136–146 in montane grassland ecosystems. *Soil Biol. Biochem.* 31, 1007– 1014.
- BROWN, V.K., GANGE, A.C., 1989. Differential effects of above- and below-ground insect herbivory during early plant succession. *Oikos* 54, 67–76.
- BUTCHER, J.W., SNIDER, R., SNIDER, R.J., 1971. Biology of edaphic Collembola and Acarina. *Annu. Rev. Entomol.* 16, 249–288.
- CHAHARTAGHI, M., LANGEL, R., SCHEU, S., RUESS, L., 2005. Feeding guilds in Collembola based on nitrogen stable isotope ratios. *Soil Biol. Biochem.*, in press.
- COLE, L., STADDON, P.L., SLEEP, D., BARDGETT, R.D., 2004. Soil animals influence microbial abundance, but not plant- microbial competition for soil organic nitrogen. *Funct. Ecol.* 18, 631–640.
- CRAGG, R., BARDGETT, R.D., 2001. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes. *Soil Biol. Biochem.* 33, 2073–2081.
- EK, H., SJÖGREN, M., ARNEBRANT, K., SÖDERSTRÖM, B., 1994. Extramatrical mycelial growth, biomass allocation and nitrogen uptake in ectomycorrhizal systems in response to collembolan grazing. *Appl. Soil Ecol.* 1, 155–169.
- FRAMPTON, G.K., 1994. Sampling to detect effects of pesticides on epigeal Collembola. *Aspects. Appl. Biol.* 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.
- GANADE, G., BROWN, V.K., 1997. Effects of below-ground insects, mycorrhizal fungi and soil fertility on the establishment of *Vicia* in grassland communities. *Oecologia* 109, 374–381.
- GANGE, A., 2000. Arbuscular mycorrhizal fungi, Collembola and plant growth. *Trends Ecol. Evol.* 15, 369–372.
- HANLON, R.D.G., ANDERSON, J.M., 1979. The effects of Collembola grazing on microbial activity in decomposing leaf litter. *Oecologia* 38, 93–99.
- HOPKIN, S.P., 1997. *Biology of the Springtails (Insecta, Collembola)*. Oxford University Press, Oxford.

- HORN, H.S., 1974. The ecology of secondary succession. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 5, 25–37.
- KLIRONOMOS, J.N., BEDNARCZUK, E.M., NEVILLE, J., 1999. Reproductive significance of feeding on saprobic and arbuscular mycorrhizal fungi by the collembolan, *Folsomia candida*. *Funct. Ecol.* 13, 756–761.
- LUSSENHOP, L., 1996. Collembola as mediators of microbial symbiont effects upon soybean. *Soil Biol. Biochem.* 28, 363–369.
- MARTIKAINEN, E., HAIMI, J., AHTIAINEN, J., 1998. Effects of dimethoate and benomyl on soil organisms and soil processes – a microcosm study. *Appl. Soil Ecol.* 9, 381–387.
- MCGONIGLE, T.P., 1995. The significance of grazing on fungi in nutrient cycling. *Can. J. Bot.* 73, 1370–1376.
- MCGONIGLE, T.P., FITTER, A.H., 1988. Growth and phosphorus inflows of *Trifolium repens* L with a range of indigenous vesiculararbuscular mycorrhizal infection levels under field conditions. *New Phytol.* 108, 59–65.
- MEBES, H., FILSER, J., 1998. Does the species composition of Collembola affect nitrogen turnover? *Appl. Soil Ecol.* 9, 241–247.
- MOORE, J.C., INGHAM, E.R., COLEMAN, D.C., 1987. Inter and intraspecific feeding selectivity of *Folsomia candida* Willem (Collembola, Isotomidae) on fungi. *Biol. Fertil. Soils* 5, 6–12.
- PARR, T.W., 1978. An analysis of soil microarthropod succession. *Sci. Proc. Roy. Dubl. Soc., A* 185–196.
- PETERSEN, H., 1994. A review of collembolan ecology in ecosystem context. *Acta Zool. Fenn.* 195, 111–118.
- PETERSEN, H., 1995. Temporal and spatial dynamics of soil Collembola during secondary succession in Danish heathland. *Acta Zool. Fenn.* 136, 190–194.
- PETERSEN, H., 2002. General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium. *Pedobiologia* 46, 246–260.
- PETERSEN, H., LUXTON, M., 1982. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos* 39, 287–388.
- SCHA“DLER, M., JUNG, G., BRANDL, R., AUGER, H., 2004. Secondary succession is influenced by belowground insect herbivory on a productive site. *Oecologia* 138, 242–252.
- SCHEU, S., FOLGER, M., 2004. Single and mixed diets in Collembola: effects on reproduction and stable isotope fractionation. *Funct. Ecol.* 18, 94–102.

- SCHEU, S., SETALA, H., 2002. Multitrophic interactions in decomposer foodwebs. In: Tschantke, T., Hawkins, B.A. (Eds.), *Multitrophic Level Interactions*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 223–264.
- SCHEU, S., THEENHAUS, A., JONES, T.H., 1999. Links between the detritivore and the herbivore system: effects of earthworms and Collembola on plant growth and aphid development. *Oecologia* 199, 541–551.
- SEASTEDT, T.R., 1984. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annu. Rev. Entomol.* 29, 25–46.
- WARDLE, D.A., 2002. *Communities and Ecosystems Linking the Aboveground and Belowground Components*. Princeton University Press, Princeton.

ANEJOS

Generalidades de los Colémbolos

Los Colémbolos son un orden de artrópodos hexápodos cercanos a los insectos, y a veces se los clasifica dentro de ellos. Son animales diminutos, ubicuos, que ocupan todos los continentes. Son probablemente los animales más numerosos de la tierra: hasta 60 000 individuos por m². Se conocen casi 7000 especies y su registro fósil data desde el Devónico, siendo pues, uno de los animales más antiguos.

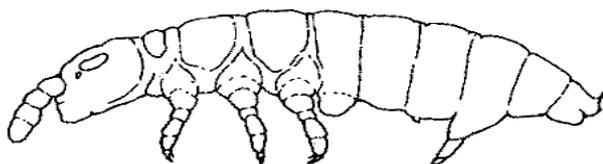
Características

Su nombre lo reciben de un apéndice retráctil (fúrcula o furca) con el cual pueden propulsarse muchas veces el largo de su cuerpo, que no suele superar los 5 mm (Figura 2).

Sobre la cabeza se alzan dos antenas segmentadas y 6 segmentos abdominales. Las antenas forman cuatro artejos, los cuales tienen su propia musculatura y puede moverse independientemente de otros. Caso único entre los insectos, detrás de las antenas se ubica un órgano sensorial postantenal (Órgano de Tömösvary). Dicho órgano tiene forma variable y se cree sirve para percibir estímulos químicos ambientales. Los ojos situados detrás de las antenas y del órgano postantenal, son sencillos y de número variable, de uno a ocho por cada lado de la cabeza. El aparato bucal es de tipo masticador en la mayoría de los casos. En su parte ventral, la cabeza tiene una especie de canal que sigue por el tórax hasta alcanzar el primer segmento abdominal.

En el tórax existe un par de patas por cada segmento. El abdomen presenta seis segmentos. La abertura genital se encuentra sobre el quinto y está desprovista de estructuras externas relacionadas con la reproducción. En la sección ventral del primer segmento hay una especie de evaginación viscosa denominada colóforo, que sirve al animal para adherirse a sustratos muy lisos, incluso cuando se encuentra en posición vertical, ya que en el principio del tubo ventral, del que salen dos vesículas, está siempre irrigado por una secreción mucosa. Sobre el tercer segmento abdominal del lado ventral hay una formación birramosa denominada tenáculo, doblada bajo el cuerpo cuando el animal no lo utiliza. Los colémbolos poseen además un órgano de salto llamado fúrcula, el cual es retenido por el tenáculo. La fúrcula se compone

de manubrio, dientes y mucrón; al ser accionada provoca que el espécimen pueda saltar.



Esquema de la estructura de el cuerpo de un Colémbolo (Poduromorfo)

Biología

Los colémbolos son habitantes típicos del suelo, de forma que desarrollan su ciclo biológico completo en él. Son, junto con los ácaros oribátidos, los artrópodos dominantes en el suelo, encontrándose tanto en las zonas profundas como superficiales, y tienen una gran importancia en las capas del suelo con abundante materia orgánica, tanto por su densidad como por la función que desempeñan en ellas. Al ser, dentro de la fauna edáfica, uno de los grupos más diversificados constituyen un instrumento muy eficiente para estudios de biodiversidad en hábitats edáficos.

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.

Los animales del suelo son reguladores de los procesos de degradación de la materia orgánica, estableciéndose unas relaciones complejas entre los microartrópodos y la microflora. Esta simbiosis microfauna-microflora tiene como resultado una más eficaz degradación total de la materia orgánica. Los colémbolos participan en la actividad microbiana de los suelos de varios modos:

- Fraccionan y trituran los restos vegetales. Esta acción mecánica es primordial para aumentar la superficie de implantación de la microflora.
- Teniendo en cuenta el principio de la exclusión competitiva, los elementos ingeridos son degradados selectivamente por las especies gracias a su equipamiento encimático específico. De esta forma, pueden participar directamente en la formación de sustancias húmicas (humus coprógeno) que forman agregados complejos en los que se encuentran íntimamente mezcladas la materia orgánica y la fracción arcillosa del suelo. Además, las heces estimulan el crecimiento de gérmenes microbianos.

- Participan en el control y dispersión de los microorganismos, ya que los materiales que ingieren son imperfectamente digeridos, y una parte importante es expulsada en forma de microorganismos aún viables.

Al estudiar el contenido del tubo digestivo de los colémbolos se ve que predominan los elementos fúngicos, en mayor o menor grado de lisis, íntimamente mezclados con bacterias que forman parte del bolo alimentario y que muy probablemente han sido ingeridas a la vez que la materia fúngica. Se puede concluir que una gran parte de los colémbolos edáficos son coprófagos, alimentándose de deyecciones de otros animales del suelo, fundamentalmente ácaros oribátidos y enquitreidos.

Familias

Aún no existe un consenso total acerca de la taxonomía de los colémbolos, incluso no hay consenso todavía sobre si son parte de la clase Insecta o no. Tradicionalmente, los colémbolos se dividen en cinco órdenes:

- Orden Poduromorpha
- Orden Entomobryomorpha
- Orden Metaxyleona
- Orden Neelipleona
- Orden Symphypleona

Clasificación de Colémbolos con apoyo de algunas fotos tomadas en distintas partes del mundo

Ordo Poduromorpha Börner, 1913, sensu D'Haese CA, 2002:1148

Superfamilia Neanuroidea Massoud Z, 1967:58, sensu D'Haese CA, 2002:1148

Familia Neanuridae Börner, 1901, sensu Deharveng L, 2004:424



Neanuridae from New Zealand
© Minor, M., & Robertson, A. © SoilBugs



Neanuridae from the USA
2009.06.22 © Light, K.

Subfamilia Caputanurinae Lee, 1983

Subfamilia Frieseinae Massoud, 1967

Subfamilia Morulinae Börner, 1906



Morulina delicata from the USA
2006 © Bernard, E.C.



Morulina multatuberculata from the USA
With large morula-like post antennal organ

2009.03.03 © Roffler, D.

Subfamilia Neanurinae Börner C, 1901:33, sensu Cassagnau, 1989



Neanurinae from Singapore
2007 © Anker, A.



Neanuridae from Croatia
2008.05.25 © Keresztes, G.

Subfamilia Pseudachorutinae Börner, 1906



Anurida granaria from Sweden
2006 © Hall, K.



Pseudachorutinae from Singapore
On cerianthid in tidal zone
2008.07.06 © Ng, M.

Subfamilia Uchidanurinae Salmon, 1964



Holacanthella paucispinosa from New Zealand
2006 © Stevens, M.



Acanthanura sp. from Tasmania
2007 © Henderickx, H.

Familia Brachystomellidae Stach, 1949



Brachystomella parvula
After Potapov, M. in Babenko, A., 1988.

Familia Odontellidae Massoud, 1967



Habitus Odontellidae
Odontella sp. from the USA
2006 © Bernard, E.

Superfamilia Poduroidea sensu Palacios-Vargas, 1994:409
Familia Poduridae Latreille, 1804, i.s.



Podura aquatica from Belgium
2001 © Hopkin, S.P.



Podura aquatica from Belgium
2006.03.26 © De Wilde, A.

Superfamilia Hypogastruroidea Salmon JT, 1964:103, sensu Deharveng L, 2004:427 <http://46.18.32.69/~doehetzelf/key/hypoidea.htm>
Familia Paleotullbergiidae Deharveng L, 2004:427

Superfamilia Gulgastruroidea
Familia Gulgastruridae Lee B-H & Thibaud J-M, 1998:453

Superfamilia Onychiuroidea sensu D'Haese CA, 2002:1148,1149

Familia Onychiuridae Lubbock, 1867

Subfamilia Onychiurinae Börner, 1901



Onychiurinae from China
2008.07.17 © NCode, A.



Onychiurinae from Canada
2009.01.09 © Weeta, W.

Subfamilia Tetrodontophorinae Stach, 1954



Tetrodontophora bielensis from Germany
2004 © Hopkin, S.P.

Subfamilia Lophognathellinae Stach, 1954

Familia Tullbergiidae Bagnall RS, 1935:238



Tullbergia sp. from Antarctica
2003 © Stevens, M.



Tullbergiidae from the USA
2012.02.16 © Kouri, J.

Familia Pachytullbergiidae Stach, 1954

Superfamilia Isotogastruroidea

Familia Isotogastruridae Thibaud J-M & Najt J, 1992, i.s.

Ordo Entomobryomorpha Börner, 1913, sensu Soto-Adames FN et al.,
2008:501

Superfamilia Tomoceroidea Szeptycki A, 1979:112



Tomocerus minor from the UK
2009.09.22 © Robertson, A.

Familia Oncopoduridae Carl J & Lebedinsky J, 1905:565



Oncopodura sp. nov. from Belgium
2005 © Janssens, F.

Familia Tomoceridae Schäffer, 1896



Pogonognathellus sp. from the UK
Body covered with iridescent scales
2007.12.19 © Campbell, A.



Tomocerus minor from the UK
3rd abdominal segment superequal to 4th
2008.09.24 © Robertson, A.

Superfamilia Isotomoidea Szeptycki, 1979:112, sensu Soto-Adames FN
et al., 2008:504

Familia Isotomidae Schäffer, 1896

Subfamilia Proisotominae Stach, 1947

Subfamilia Anurophorinae Börner C, 1901:42

Subfamilia Isotominae Schäffer, 1896



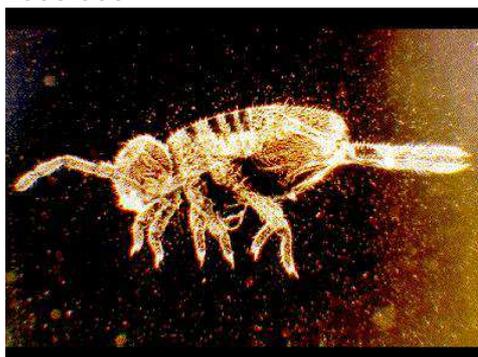
Isotominae from Belgium
2006 © Vuijsteke, M.



Isotoma viridis from the USA
2009.03.10 © Cowen, R.

Subfamilia Pachytominae Potapov MB, 2001:18

Familia Actaletidae Börner, 1902, sensu Soto-Adames FN et al.,
2008:506



Actaletidae from Mexico
2002 © Palacios-Vargas, J.G.

Familia Protentomobryidae Folsom, 1937, -

Superfamilia Entomobryoidea Womersley, 1934, sensu Soto-Adames
FN et al., 2008:502

Familia Microfalculidae Massoud & Betsch, 1966

Familia Praentomobryidae Christiansen, KA et Nascimbene, P,
2006:354,-

Familia Entomobryidae Schäffer, 1896

Subfamilia Capbryinae Soto-Adames FN, Barra J-A, Christiansen K &
Jordana R, 2008:508

Subfamilia Orchesellinae Börner C, 1906:162, sensu Szeptycki A,
1979:115



Orchesella sp. from Estonia
2006.10.06 © Tartes, U.



Orchesella cincta from the UK
With subdivided 2 basal antennomeres
2008.09.21 © Robertson, A.

Subfamilia Entomobryinae Schäffer, 1896, sensu Szeptycki A, 1979:115



Entomobryinae from the UK
Entomobrya nicoleti, *E. intermedia*, *E. multifasciata*
2005 © Brocklehurst, K.



Entomobryinae from the USA
Entomobrya griseoolivata
E. assuta, *E. clitellaria*
2006 © McClarin, J.

Subfamilia Lepidocyrtinae Wahlgren E, 1906:67, sensu Szeptycki A, 1979:115



Lepidocyrtinae from Sweden
2006.03.25 © Hall, K.



Lepidocyrtinae from the USA
2007.03.17.25 © Murray; T.

Subfamilia Seirinae Yosii R, 1961, sensu Szeptycki A, 1979:115



Seira sp. from France
2006 © Alain, M.



Seira bipunctata from the USA
2006 © Babin, P.

Subfamilia Willowsiinae Yoshii R & Suhardjono YR, 1989:35, sensu
Janssens F, 2008



Willowsia buski from France
2007.06.09 © Lebeaux, P.



Willowsia platani from the UK
2007.06.30 © Cornwall, N.J.

Familia Paronellidae Börner, 1913, sensu Soto-Adames FN et al.,
2008:507

Subfamilia Paronellinae Börner, 1913, sensu Soto-Adames FN et al.,
2008:507



Paronellinae from China
2008.07.18 © NCode, A.



Paronellinae from Taiwan
2009.02.04 © Wu, S.



Paronellinae from SE Asia
2010.04.22 © Kurt.



Paronellinae from Taiwan
2010.06.23 © Chien, H.-C.

Subfamilia Cyphoderinae Börner, 1913, sensu Soto-Adames FN et al.,
2008:507



Cyphoderus albinus from the UK
With Myrmica rubra
2007 © Cornwall, N.J.

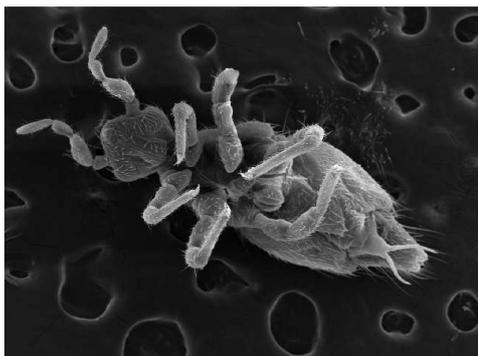


Cyphoderus albinus from France
With Pheidole pallidula
2008.03.15 © Lebeaux, P.

Familia Oncobryidae Christiansen, KA et Pike, E, 2002:167,-

Superfamilia Coenaletioidea Soto-Adames FN et al., 2008:506

Familia Coenaletidae Bellinger PF, 1985:117



Coenaletes caribaeus
2006 © Palacios-Vargas, J.G.

Ordo Neelipleona Massoud Z, 1971:198

Familia Neelidae Folsom JW, 1896:391



Neelus? sp.
2005 © Cheung, D. & Schmidt, J.



Megalothorax? sp. nov. from the UK
2006 © Brocklehurst, K.



Neelidae from the UK
2008.04.13 © Kilford., B



Neelidae from Hungary
2010.03.09 © Pfliegler, W.

Ordo Symphypleona Börner, 1901, sensu Massoud, 1971 ~~Werner~~



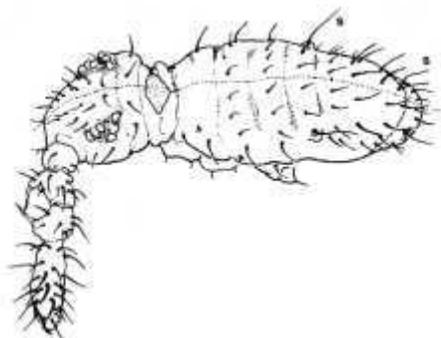
Symphypleona from the UK
Dicyrtomina ornata & *Sminthurinus niger*
2009.12.03 © Valentine., B



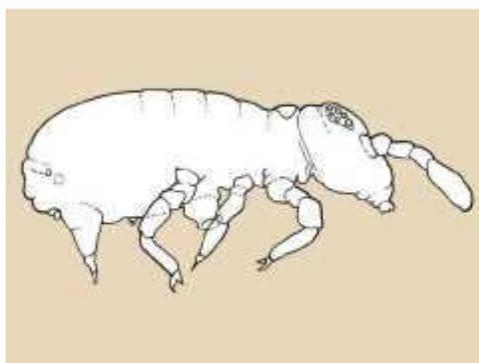
Symphyleona from Spain
2012.04.09 © Joaquim, F.P.

Superfamilia Sminthuridoidea sensu Fjellberg A, 1989:133

Familia Mackenziellidae Yosii, 1961



Mackenziella psocoides ♂ from Tenerife
After Fjellberg, A, 1989 Fig.15



Mackenziella psocoides ♀ from Scandinavia
After Fjellberg, A, 2006 Fig.2

Familia Sminthurididae Börner, 1906, sensu Betsch J-M & Massoud Z,
1970:199



Sminthurides aquaticus from Belgium
2000 © Hopkin, S.P.



Sphaeridia serrata from the USA
2006 © Maddison, D.R.

Superfamilia Katiannoidea Bretfeld, 1994

Familia Katiannidae Börner, 1913, sensu Bretfeld G, 1999:13 



Katiannina macgillivrayi from the USA
2009.11.26 © Justis, S.

Familia Spinothecidae Delamare Deboutteville, 1961, sensu Bretfeld, 1994

Familia Arrhopalitidae Stach, 1956, sensu Bretfeld G, 1999:13



Arrhopalites hirtus from the USA
2005 © Cheung, D. & Schmidt, J.



Arrhopalites sp. from the USA
2006 © Bernard, E.

Familia Collophoridae Bretfeld G, 1999:13

Superfamilia Sturmioidea Bretfeld, 1994
Familia Sturmiidae Bretfeld, 1994



Sturmius sp. nov. from Panama
2009.03.16 © Palacios-Vargas, J.G.



Sturmius sp. nov. from Panama
2009.03.16 © Palacios-Vargas, J.G.

Superfamilia Sminthuroidea Bretfeld, 1994

Familia Sminthuridae Lubbock, 1862, sensu Deharveng, L, 2004:427

Subfamilia Sminthurinae Lubbock, 1862, sensu Deharveng, L, 2004:427



Sminthurinae from Russia
2006 © Macroclub.ru.



Sminthurus sp. nov. from the USA
2007.04.30 © Cowen, R.

Subfamilia Sphyrothecinae Betsch J-M, 1980:149



Neosminthurus richardsi from the USA
2008.01.26 © Gross, J.

Familia Bourletiellidae Börner, 1912, sensu Bretfeld, 1994



Bourletiellidae from the USA
Intrageneric ménage à trois
Deuterosminthurus nonfasciatus, ♀ and ♂
Deuterosminthurus bicinctus, ♂
2007.06.04 © Reed, D.

Superfamilia Dicyrtomoidea Bretfeld, 1994

Familia Dicyrtomidae Börner, 1906, sensu Deharveng, L, 2004:427



Dicyrtomina ornata from the USA
Abdominal tubular wax excretions
2008.11.15 © Justis, S.



Dicyrtomina ornata and Ptenothrix renateae from the USA
2009.12.07 © Bradford, A.

Subfamilia Ptenothricinae Richards, 1968



Ptenothrix sp. from the USA
Two unpaired facial setae
2010.01.17 © Ten Eyck, C.



Ptenothrix sp. from the USA
Apical part of 3rd antennal segment annulated
2010.01.17 © Ten Eyck, C.

Subfamilia Dicyrtominae Richards, 1968



Calvatomina nr superba from the UK
More than 2 unpaired facial setae
2010.01.23 © Robertson, A.



Dicyrtominae from the UK
Dicyrtomina ornata and *Dicyrtoma fusca*
2012.01.21 © Barton, T.

Familia ludens

Familia Fuzzballidae Janssens, 2006
Genus *Pareidolia* Janssens, 2008
Species *ramosi* Janssens, 2008



Pareidolia ramosi from the USA
2006.02.06 © Ramos, K.