



CAPÍTULO

---

# LOS COLÉMBOLOS COMO ACTORES DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN AGROECOSISTEMAS CAFETEROS

---



Mauricio García Arboleda  
Óscar Eduardo Sanclemente Reyes

## 4.1 INTRODUCCIÓN

---

El presente documento se fundamenta en la evaluación de tres diseños de producción de café con manejos agronómicos distintos y diferente estructura de agrobiodiversidad mediante la caracterización y cuantificación de las poblaciones de insectos de la clase Collémbola (Phylum Hexápoda, familias Entomobryidea e Isotomidae) y la función desempeñada por estos en los tres sistemas de manejo agronómico del cultivo de café, generando elementos de análisis desde la funcionalidad de estos organismos como aporte a la sustentabilidad de los agroecosistemas; todo ello con base en que la agroecología provee el conocimiento y metodología necesarios para desarrollar una agricultura que sea ambientalmente adecuada, altamente productiva y económicamente viable (Gliessman, 2002) y que, además, los organismos del suelo son una parte integral de los ecosistemas agrícolas. La presencia de una variedad de organismos del suelo es esencial para el mantenimiento de suelos productivos saludables. Una reducción excesiva de la biodiversidad del suelo, especialmente la pérdida de especies con características y funciones únicas, puede tener efectos catastróficos, lo que lleva a largo plazo a la degradación del suelo y la pérdida de capacidad productiva agrícola (Ruiz, Lavelle, & Jiménez 2008).

El orden Collembola junto con el orden Acari son los actores con mayor distribución en el medio edáfico al ser comparados en materia poblacional con cualquier otro insecto. Los colémbolos son insectos que no presentan metamorfosis, no tienen alas y su abdomen y antenas tienen seis segmentos o menos. Los colémbolos en la funcionalidad agroecosistémica son actores importantes en la formación del suelo porque descomponen materiales orgánicos, lo que genera más disponibilidad de alimentos y mayor porosidad de la capa superficial del suelo. Estos insectos se ven muy afectados por la disminución de la humedad de los suelos, razón por la cual pareciera que su actuar estuviera dirigido a mejorar condiciones de suelo que influyen en la retención de humedad de estos a través de la gestión de los residuos orgánicos.

De otra parte, la diversidad de artrópodos se correlaciona con la diversidad vegetal en agroecosistemas. En general, una mayor diversidad de plantas implica una mayor diversidad de herbívoros y esto, a su vez, determina una mayor diversidad de depredadores y parásitos, lo que resulta en cadenas tróficas complejas. Una biodiversidad total mayor puede asegurar la optimización de procesos ecológicos claves y el funcionamiento de los agroecosistemas (Nicholls, 2008, p. 180).

## 4.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.2.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

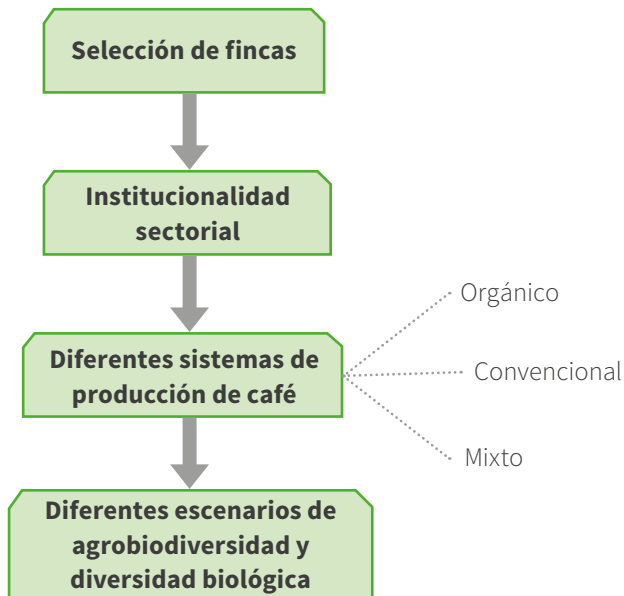
La localización de la investigación es la vereda La Marcada, municipio del Líbano del departamento del Tolima, con coordenadas 04° 55' 10" latitud norte y 75° 10' 15" longitud oeste.

Los suelos del estudio presentan un contenido pedológico *Melanudans* correspondientes a la unidad Líbano caracterizados por material parental de cenizas volcánicas. Estos suelos muestran un contenido de materia orgánica alto, baja fertilidad en cuanto a contenidos de bases intercambiables y muy pobre presencia de fósforo soluble (García, 2016).

### 4.2.2 ESTRUCTURA DEL ENSAYO

Se realizó la selección de las fincas según los criterios establecidos en la figura 4.1.

**FIGURA 4.1** Diagrama general de investigación

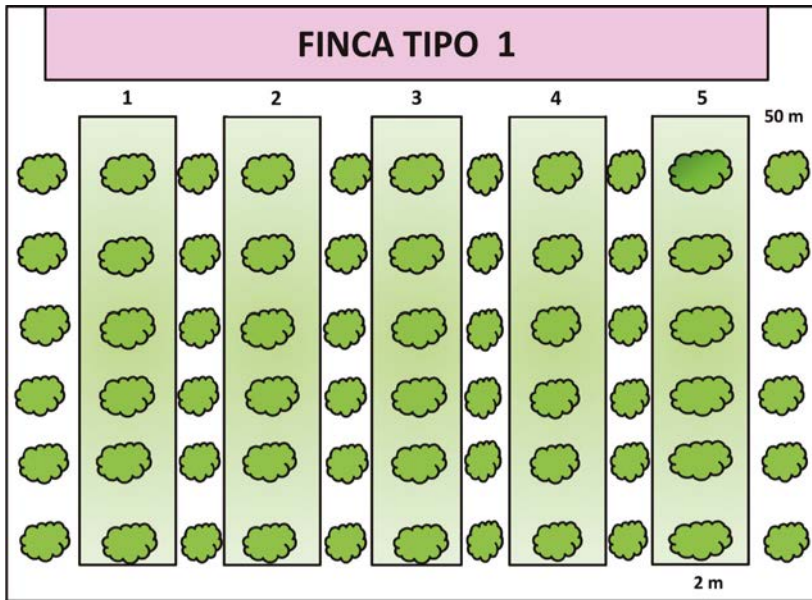


Fuente: Los autores

En la evaluación de la zona cafetera del Líbano en la vereda La Marcada se priorizó una zona donde se presentaban diferentes manejos agronómicos de café con una relativa homogeneidad en cuanto a pendiente y fincas ubicadas en un determinado rango de altitud (a. s. n. m), en los cuales se compartió la información con los dueños del predio para realizar la investigación y programar el plan de trabajo.

**Finca tipo 1 (San Felipe).** Con manejo agronómico convencional, con arreglo estructural monocultivo de café (sin especies asociadas al café), utilización de insumos químicos de síntesis como fertilizantes altamente solubles e insecticidas, herbicidas y fungicidas plaguicidas de síntesis química (figura 4.2).

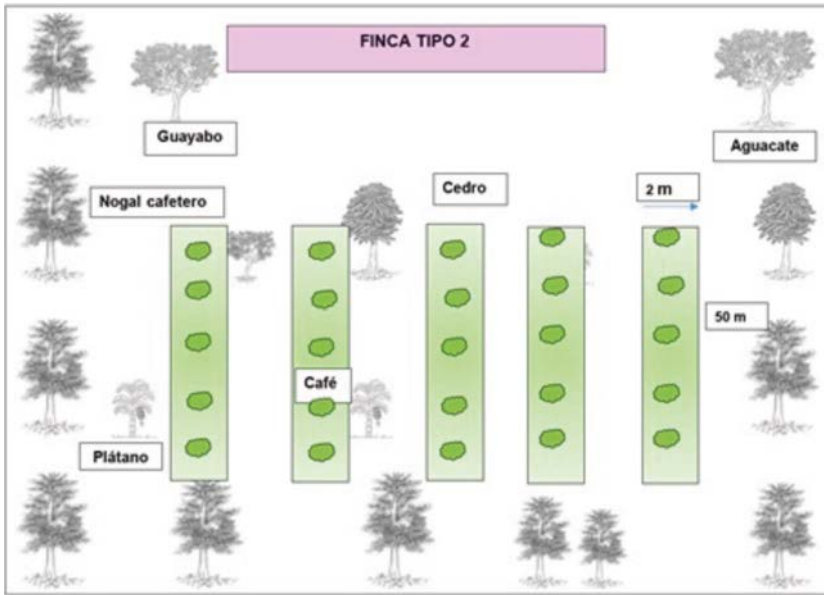
**FIGURA 4.2** Arreglo sistema tipo 1 (convencional)



Fuente: García (2016)

**Finca tipo 2 (San Luis).** Con manejo orgánico que lleva cerca de 25 años en procesos de producción certificados bajo el marco normativo nacional e internacional en producción orgánica; su estructura se basa en arreglos de policultivo y/o asociaciones de café, la administración de agroecosistemas en el marco de la ecología y la utilización de diferentes insumos de origen natural como compost, derivados de rocas, caldos trofobióticos, inoculantes microbiales, hongos antagónicos, microorganismos entomopatógenos y arreglos alelopáticos, entre otros. Por lo anterior, este sistema en su diseño tiene varias especies vegetales asociadas al cultivo del café (figura 4.3).

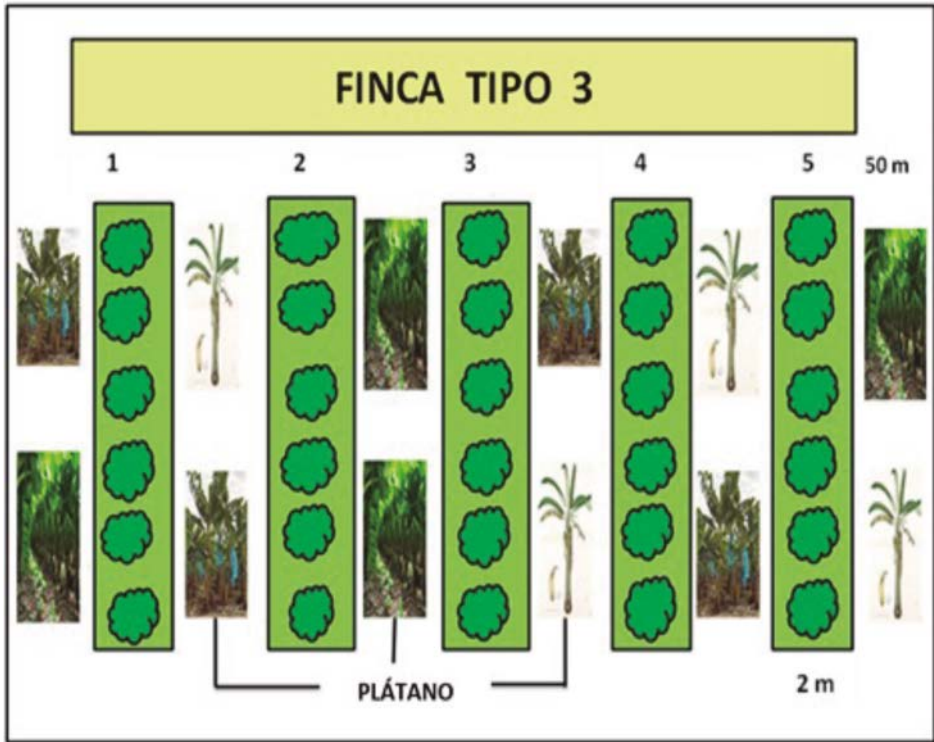
**FIGURA 4.3** Arreglo sistema tipo 2 (orgánica)



Fuente: García (2016)

**Finca tipo 3 (La Granja).** Con manejo mixto; denominada así por tener prácticas de la finca convencional y la orgánica. Su estructura está basada en el cultivo de café con barreras de plátano, la utilización racional de insumos químicos de síntesis (insecticidas, fertilizantes) y el manejo mecánico de arvenses. Este diseño agroecosistémico involucra varias especies en asocio con el café (figura 4.4). Para cada finca tipo se diseñaron e implementaron al azar cinco (5) transectos de cincuenta (50) metros de largo por dos (2) metros de ancho con una distancia aproximada de veinte (20) metros entre los transectos.

**FIGURA 4.4** Arreglo sistema tipo 3 (mixta)



Fuente: García

### 4.2.3 COLECTA DE MUESTRA PARA CARACTERIZACIÓN DE POBLACIONES DE COLÉMBOLOS

Se colectaron muestras aleatoriamente en cada uno de los quince (15) transectos establecidos en las fincas tipo; es decir, cinco (5) transectos por finca (Álvarez et al., 2004). En cada transecto se tomaron al azar tres tratamientos de un metro cuadrado de área, donde se colectó un 1 kg de suelo a una profundidad de 0 a 10 cm en donde estaban presentes los colémbolos (figura 4.5).

**FIGURA 4.5** *Toma de muestra*



Fuente: Los autores

A continuación, se realizó el empaqueo y rotulado de las muestras y se llevaron al laboratorio de Entomología de la Universidad del Tolima, donde mediante la metodología del embudo Berlesse se realizó la respectiva caracterización de los artrópodos (figura 4.6).

**FIGURA 4.6** *Rotulado de muestra y estructura de embudo Berlesse*



Fuente: Los autores

Inicialmente, se realizó la debida preparación de la solución alcohólica de etílico al 70 % en los frascos de la estructura del embudo (figura 4.7).



**FIGURA 4.7** Preparación de la solución alcohólica para el embudo Berlesse



Fuente: Los autores

En cada embudo se realizó la respectiva adecuación de los frascos con solución de alcohol, que se constituyeron en las trampas de la migración de los artrópodos de las muestras de suelo (figura 4.8).

**FIGURA 4.8** Ensamble del aditamento de solución alcohólica de embudo Berlesse



Fuente: Los autores

Las muestras de suelo se depositaron en cada una de las bandejas que tienen los embudos, diseñadas con una malla en la parte baja para permitir la migración de los artrópodos a través del perfil de dicha muestra (figura 4.9).

**FIGURA 4.9** Contenedor de muestra de embudo Berlesse y aplicación de muestra



Fuente: Los autores

A continuación, se disgregó cada muestra manualmente en cada contenedor de los embudos y adicionalmente se colocaron los bombillos en la tapa del embudo, cuya función era la de calentar la muestra de suelo y además influir en las poblaciones de artrópodos de manera que las obligara a migrar hacia la parte baja de la muestra de suelo buscando la oscuridad y una menor temperatura del suelo. Cada embudo fue debidamente rotulado según las muestras colectadas para las fincas convencional, orgánica y mixta (figura 4.10).

**FIGURA 4.10** Adecuación de muestra y bombillo de embudo Berlesse



Fuente: Los autores

Después de observar por varios días se procedió a separar todos los frascos, debidamente rotulados, y se llevaron al área de estereoscopios; allí se realizó la observación y debida comparación con las claves de clasificación para finalmente establecer la caracterización de cada una de las especies colectadas en los recipientes. Esta información fue debidamente sistematizada y estableció la familia y las poblaciones por cada familia para llegar a totalizar el número de colémbolos por cada finca tipo en el total de transectos.

#### 4.2.4 ANÁLISIS DE SUELOS

Paralelamente a la toma de la muestra para caracterización de colémbolos se realizó la toma de muestra para análisis de suelos, la cual se realizó bajo los parámetros de una muestra de suelo convencional. Las muestras se empacaron y rotularon con la información de cada finca tipo, la cual era producto de la sumatoria de submuestras en cada uno de los cinco (5) transectos.

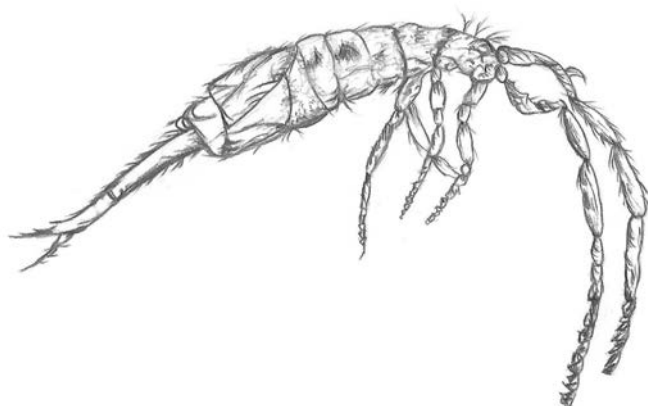
### 4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

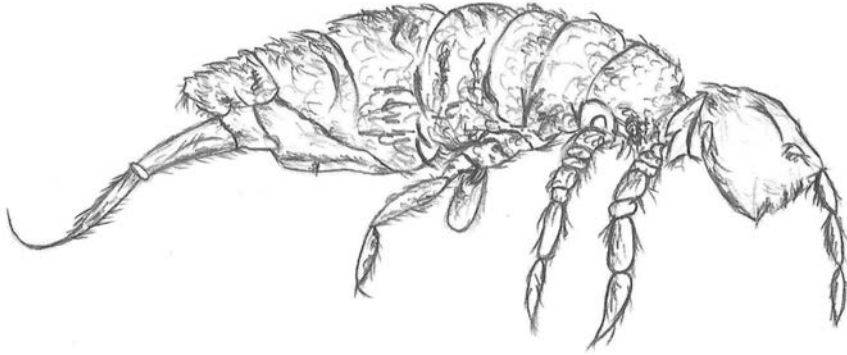
#### 4.3.1 CARACTERIZACIÓN DE COLÉMBOLOS

A continuación se presentan las tablas de poblaciones de colémbolos encontradas en los sistemas evaluados; las familias más importantes son la Entomobryidae e Isotomidae por función agroecosistémica en torno a la materia orgánica (figuras 4.11 y 4.12).

**FIGURA 4.11** *Familia Entomobryidae*



Fuente: Los autores

**FIGURA 4.12** Familia Isotomidae

Fuente: Los autores

**TABLA 4.1** Listado especies de colémbolos y población por cada especie, finca tipo 1 (convencional – San Felipe)

Phyllum	Clase	Orden	Familia	n
HEXAPODA	Collembola	Entombryidae	Entomobryidae	87
HEXAPODA	Collembola	Isotomidae	Isotomidae	16
HEXAPODA	Collembola	Poduridae	Poduridae	11
HEXAPODA	Collembola	Sminthuridae	Sminthuridae	2
HEXAPODA	Collembola	NI	Collembola	1
<b>TOTALES</b>				117

Fuente: Los autores

La finca convencional registra cinco (5) especies de colémbolos con una población total de 117 unidades en donde predominan las familias Entomobryidae e Isotomidae con 87 y 16 unidades respectivamente (tabla 4.1).

**TABLA 4.2** Listado especies de colémbolos y población por cada especie, finca Tipo 2 (orgánica – San Luis)

Phyllum	Clase	Orden	Familia	n	n
HEXAPODA	Collembola	Entombryidae	Entomobryidae	9	153
HEXAPODA	Collembola	Isotomidae	Isotomidae	10	138
<b>TOTALES</b>					291

Fuente: Los autores

La finca orgánica registra dos (2) especies de colémbolos con una población total de 291 unidades en donde predominan las familias Entomobryidae e Isotomidae con 153 y 138 unidades respectivamente (tabla 4.2).

**TABLA 4.3** Listado especies de colémbolos y población por cada especie, finca tipo 3 (mixta – La Granja)

Phyllum	Clase	Orden	Familia	n
<b>HEXAPODA</b>	Collembola	Entombryidae	Entomobryidae	119
<b>HEXAPODA</b>	Collembola	Isotomidae	Isotomidae	92
<b>HEXAPODA</b>	Collembola	Poduridae	Poduridae	18
<b>TOTALES</b>				229

Fuente: Los autores

La finca mixta registra tres (3) especies de colémbolos con una población total de 229 unidades en donde predominan las familias Entomobryidae e Isotomidae con 119 y 92 unidades respectivamente (tabla 4.3)

### 4.3.2 ANÁLISIS QUÍMICO-FÍSICO DE MUESTRAS DE SUELO

Con el fin de poder relacionar las características físicas y químicas del suelo de la fincas convencional, orgánica y mixta con las poblaciones de colémbolos, se realizó el análisis de suelo completo, que involucra textura, contenidos de elementos mayores, elementos menores, capacidad de intercambio catiónico y la variable más observada para este estudio, que es el contenido de materia orgánica. Para el caso del presente estudio, por la naturaleza del accionar de los colémbolos, se presentan los resultados de los contenidos de materia orgánica y los elementos mayores, que están relacionados con la estructura agroecosistémica y el manejo agronómico de cada finca tipo (tabla 4.4).

En este sentido, el manejo de la finca convencional ha tenido aplicaciones de fertilizantes convencionales como la 17-6-18-2 en cantidades para el último año de 100 gr /planta año, que corresponden a una dosis de 1,5 t.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>. De otra parte, para el manejo de arvenses utilizan el herbicida Round Up.

La finca orgánica ha tenido aplicaciones de compostaje en cantidades de 1 a 2 kg.planta<sup>-1</sup>, cerca de 3 a 5 t.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>. Adicionalmente, se manejan minerales derivados de

roca tanto por aplicación edáfica como por aplicación foliar. Para el manejo de arvenses se utiliza guadaña o machete y se dejan como cobertura viva las arvenses nobles.

Por último, la finca mixta ha tenido aplicaciones de fertilizante similar a la convencional, pero su manejo de arvenses es de tipo mecánico y el arreglo del sistema involucra plátano en barreras.

**TABLA 4.4** *Contenidos de materia orgánica y elementos mayores en las fincas tipo 1 (convencional), tipo 2 (orgánica) y tipo 3 (mixta)*

	<b>Finca concencional Tipo 1 (San Felipe)</b>	<b>Finca orgánica Tipo 2 (San Luis)</b>	<b>Finca mixta Tipo 3 (La Granja)</b>
Materia orgánica (%)	4,25	18,5	11,4
<b>Elementos</b>			
Fosforo (mg/kg)	10,82	17,34	18,48
Potasio (cmol/kg)	0,94	0,48	1,06
Calcio (cmol/kg)	3,15	1,13	2,91
Magnesio (cmol/kg)	0,45	0,26	0,4

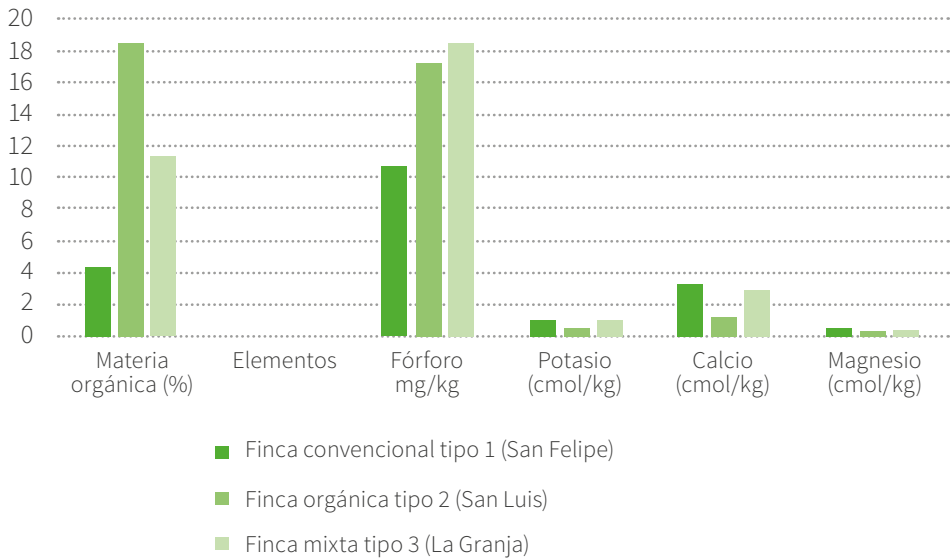
Fuente: Los autores

Según el rol de los colémbolos en la descomposición de la materia orgánica se puede apreciar que la finca orgánica, con una mayor población de colémbolos por unidad de volumen de suelo, presenta una diferencia significativa en cuanto a las familias de Entomobryidae e Isotomidae (153 y 138 individuos respectivamente) con la finca mixta (119 y 92 respectivamente) y la finca convencional (87 y 16 respectivamente).

Así, la finca orgánica expresa una mayor cantidad de materia orgánica (18,5 %) frente a la finca mixta (11,4 %) y la convencional (4,25 %). Se aprecia cómo el manejo agronómico influye positivamente en las poblaciones de colémbolos y ello influye en la funcionalidad de concentración de la materia orgánica; además la estructura del sistema productivo pues la finca orgánica cuenta con una entrada adicional de materia orgánica producto del deshoje de los árboles presentes en el diseño. De otra parte, el manejo de las arvenses influye en el manejo adecuado de las concentraciones de ácidos húmicos en la finca orgánica y la mixta pues este se resume en guadañadas que dejan una cubierta orgánica que incrementa paulatinamente los contenidos de materia orgánica del suelo frente al manejo convencional de la finca convencional, que se realiza con glifosato, un insumo altamente disgregante de los agregados del

suelo, de tal forma que los ácidos húmicos y fúlvicos quedan expuestos fácilmente a la acción de erosión por acción de la lluvia, lo que genera una disminución paulatina de la materia orgánica (figura 4.13).

**FIGURA 4.13** *Contenidos de materia orgánica y elementos mayores en las fincas tipo 1 (convencional), orgánica (tipo 2) y mixta (tipo 3)*



Fuente: Los autores

Lo anterior demuestra la alta interacción entre los colémbolos como componente de la biodiversidad funcional del agroecosistema y la dinámica de la materia orgánica en el rol de transformación de macromoléculas lignocelulíticas y de residuo diversidad hacia formas más mineralizadas y en busca de la relación C/N acordes con las dinámicas propias de la naturaleza.

Es de anotar que el diseño agroecológico influye notoriamente en las poblaciones de colémbolos debido a que el gradiente de diversidad de especies vegetales además de activar una mayor cantidad de cadenas tróficas genera una mayor estabilidad de la humedad del suelo, aspecto que es crucial puesto que es el factor más importante en la dinámica de los colémbolos debido a su baja tolerancia a la desecación. Por esta razón, la finca orgánica presenta ventajas importantes en la generación de un sinnúmero de nichos para los colémbolos al tener en su diseño muchos actores vegetales de biodiversidad (mulch de hojarasca, arvenses nobles y mulch de guadañada) que coadyuvan al mantenimiento de un rango más estable de humedad del suelo.

## 4.4 CONCLUSIONES

---

La alta interacción entre los colémbolos como componente de la biodiversidad funcional del agroecosistema se ve favorecida en diseños con mayor ciclaje de la materia orgánica en el rol de transformación de macromoléculas lignocelulíticas y de residuo diversidad, hacia formas más mineralizadas y en busca de la relación C/N acordes con las dinámicas propias de la naturaleza puesto que la alta relación carbono/nitrógeno es un aspecto que influye notoriamente en la dinámica de descomposición de los residuos (Sanclemente, García y Valencia, 2011). El compostaje se maneja como técnica de habilitación de los residuos que imita la descomposición que sufren estos en la naturaleza (Valverde, Encinales, Vargas y García, 2020) con la ayuda de la macro y microfauna; dentro de estos los colémbolos realizan una función muy importante.

El diseño agroecológico influye notoriamente en las poblaciones de colémbolos debido a que el gradiente de diversidad de especies vegetales además de activar una mayor cantidad de cadenas tróficas genera una mayor estabilidad de la humedad del suelo, aspecto que es crucial porque es el factor más importante en la dinámica de los colémbolos debido a su baja tolerancia a la desecación. Como expresan García y Barrera (2019), los patrones de manejo antrópico de cada una de las fincas tipo influye en las poblaciones de artrópodos producto de la naturaleza de los insumos utilizados en la producción.

Por esta razón, la finca orgánica presenta ventajas importantes en la generación de un sinnúmero de nichos para los colémbolos al tener en su diseño muchos actores vegetales de biodiversidad (mulch de hojarasca, arvenses nobles y mulch de guadañada) que coadyuvan al mantenimiento de un rango más estable de humedad del suelo y unos niveles de materia orgánica acordes con la matriz territorial.

El conocimiento local es fundamental en la administración territorial de predios en los cuales las prácticas de manejo adecuadas redundan en el mejoramiento de los contenidos de los niveles de materia orgánica, lo cual está relacionado directamente con las altas poblaciones de individuos de colémbolos asociadas.



## 4.5 REFERENCIAS

---

Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A. y Villareal, H. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

García, M. (2016). *Análisis exergético a sistemas de producción de café y su relación con la sustentabilidad* (tesis doctoral). Universidad Nacional, Palmira, Colombia.

García, M. y Barrera, N. (2019). Diversidad de artrópodos en tres sistemas de manejo agronómico de café en el municipio de Líbano, Tolima, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(2), 37-50.

Gliessman, S. (2002). *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Catie.

Nicholls, C. (2008). *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico (Vol 2)*. Universidad de Antioquia.

Ruiz, N., Lavelle, P. y Jiménez, J. (2008). *Soil Macrofauna Field Manual*. Food And Agriculture Organization Of The United Nations.

Sanclemente, O., García, M. y Valencia, F. (2011). Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la hoja de caña (*Saccharum officinarum*). *Revista Investigación Agraria y Ambiental*, 2(2), 13-19.

Valverde Granja, A., Encinales, J., Vargas, G. y García, M. (2020). *Alternativas sostenibles para sistemas productivos de limón*. Ediciones Unibagué.

