

## DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS EN TRES SISTEMAS DE MANEJO AGRONÓMICO DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE LÍBANO, TOLIMA, COLOMBIA

### DIVERSITY OF ARTHROPODS IN THREE SYSTEMS OF AGRONOMIC MANAGEMENT OF COFFEE IN THE MUNICIPALITY OF LÍBANO, TOLIMA, IN COLOMBIA

<sup>1</sup> **Mauricio García Arboleda**

<sup>2</sup> **Nancy Barrera Marín**

<sup>1</sup> *PhD en Agroecología, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira (Valle), Colombia. Docente T.C.O Universidad de Cundinamarca, Grupo de Investigación DOPyS Desarrollo Organizacional Prospectivo y Sostenible.*

<sup>2</sup> *Bióloga. M.Sc. Ph.D en Ciencias Biológicas Profesora Asociada. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira*

<sup>1</sup> mauriciogarcia@ucundinamarca.edu.co

<sup>2</sup> nbarrera2@yahoo.com

#### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue recolectar, codificar e identificar taxonómicamente los individuos artrópodos, hallados en 45 muestras de tres fincas, bajo el cultivo de café, sembradas en sistema orgánico, convencional o mixto, en el municipio del Líbano (Tolima, Colombia), durante el año 2014, en una investigación sobre la exergia. Se obtuvo que los artrópodos de la muestra de suelo (incluyendo el mantillo y la hojarasca superficial) de la finca convencional (Tipo I) presentan mayor índice de diversidad que la finca orgánica y esta última mayor índice que la finca mixta. A pesar de ello, la finca orgánica presenta una mayor población de artrópodos que duplica las poblaciones de la finca convencional y quintuplican

las de la finca mixta. Esto demuestra la alta interacción entre los artrópodos, 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 estándar de la naturaleza.

**Palabras clave:** Biomasa, Convencional, Diversidad, Índices, Mixta, Orgánico, Transecto.

#### ABSTRACT

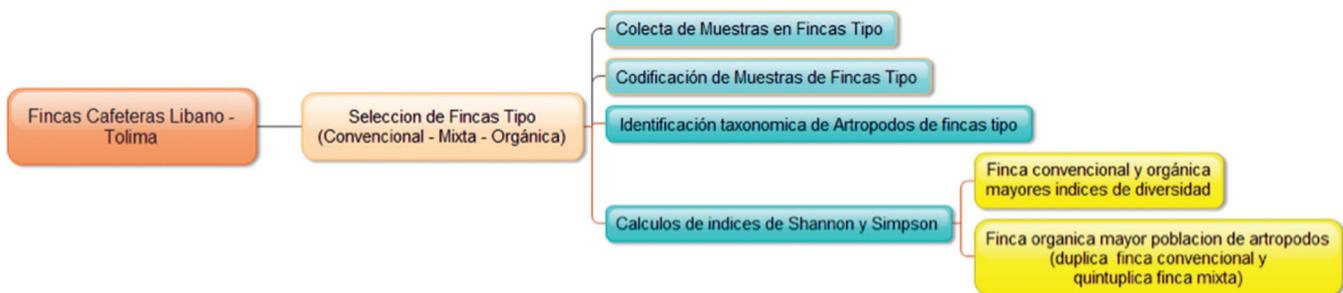
The purpose of this research was to collect, codify and taxonomically identify the arthropod individuals found in 45 samples of three farms, under coffee cultivation, planted in

organic, conventional and mixed system, in the municipality of Líbano (Tolima, Colombia) during 2014, in an investigation on the exergy. It was obtained that soil arthropods (including mulch and surface leaf litter) of the conventional farm (Type I) had a higher index of diversity than the organic farm and the latter had a higher index than the mixed farm. In spite of this, the organic farm has a greater population of arthropods that double the populations of

conventional farms and five times those of the mixed farm, which demonstrates the high interaction between arthropods and the dynamics of organic matter, in the role of transformation of lignocelulitic macromolecules and diversity residue, towards more mineralized forms and in search of the standard C / N ratio of nature.

**Keywords:** Biomass, Conventional, diversity, indexes, Mixed, organic, transect.

### Resumen Grafico: Diversidad de Artrópodos en tres sistemas de manejo agronómico de café en el Municipio de Líbano – Colombia.



## INTRODUCCIÓN

Este artículo se fundamenta en la evaluación de la diversidad de artrópodos en la zona cafetera de Colombia, Municipio del Líbano (Tolima) en tres diseños de producción de café con manejos agronómicos diferentes, y diferente estructura de agrobiodiversidad, en donde se realizó el cálculo de Índices de Diversidad aplicado a dichas poblaciones de Artrópodos (García A, 2016) en el marco de una herramienta de Termodinámica denominada Análisis Exergoecológico (Szargut, Valero, Stanek, & Valero, 2005)

En gran parte de las comunidades de pequeños campesinos cafeteros, la racionalidad de intervención del agroecosistema es inherente a su acervo cultural, por lo tanto, las tecnologías externas y la memoria biocultural convergen

en la administración del territorio, generando diferentes matices y patrones de intervención que, dependiendo su grado de intensificación, pueden emerger en propuestas integrales de habitación armónica con el entorno cafetero (García, 2011). La intensificación de prácticas culturales autóctonas les facilita a los pequeños agricultores fortalecer sus sistemas de producción mejorando así la sustentabilidad (Giraldo, Nieto, Quiceno & Sanclemente, 2018). Es decir, las tecnologías aplicadas en los sistemas productivos influyen notoriamente en la diversidad de los diferentes actores y composición de los agroecosistemas. Estas diferencias podrían deberse a la heterogeneidad heredada de la misma génesis del suelo, como a los cambios generados por el uso de diferentes tecnologías para la producción agrícola, en cada sistema de cultivo (Sanclemente,

Yacumal, & Patiño, 2017). Desde otras perspectivas, el estudio de la variabilidad espacial es el principal insumo para el manejo específico por sitio, con el fin de optimizar los recursos, al reducir los costos de producción de los cultivos y el impacto negativo sobre el ambiente (Lince & Sadeghian, 2016)

Para Zhang (2011), según un informe estadístico, los artrópodos representan el 90 % de las especies mundiales, citando a Pimental *et al.*, (1992). En las praderas templadas, los artrópodos poseen una enorme biomasa (1.000 kg/ha), seguido de las plantas (20.000 kg/ha) y los microorganismos (7.000 kg/ha), los cuales son mucho más altos que la de los mamíferos (1,2 kg/ha), las aves (0,3 kg/ha), y los nematodos (120 kg/ha), (Pimental *et al.*, 1992; Chen y Ma, 2001). Los artrópodos gobiernan las estructuras y funciones de los ecosistemas naturales, pero siempre son ignorados por los investigadores, (Wilson, 1987,). (Zhang, 2011).

Ahora como considera Nicholls (2008), citando a Altieri (2004):

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, pág. 180).

Un gran número de estudios, se han dedicado a encontrar la relación entre la diversidad de artrópodos y la composición de las plantas. Se ha concluido que las arvenses influyen en la diversidad de insectos dentro de un sistema

cultivo – arvenses – insectos, (Altieri y Letourmeau, 1984), Altieri (1994), Altieri (1995).

Según Szentriralyi y Kozar (1991), Sheng *et al.*, (1997) (en Zhang, 2011, pág. 38), una comunidad con la más compleja composición de especies de plantas contendrá la mayor diversidad de insectos. Algunos estudios forestales describen como significativa la relación entre la comunidad de plantas y la comunidad de insectos, según Dong *et al.*, (2005), Jia *et al.*, (2006), (en Zhang, 2011, pág. 38).

Sin embargo, existe una correlación positiva entre la comunidad de plantas y la de insectos depredadores y parásitos, y, por el contrario, una correlación negativa entre la comunidad de plantas frente a la comunidad de insectos defoliadores, según Dong *et al.*, (2005). La población de artrópodos dominantes en las tierras cultivadas está regulada negativamente por la diversidad de la vegetación, pero una regulación positiva pudiera ocurrir en algunos casos, según Andow (1991), (en Zhang, 2011, pág. 38).

Muchas evidencias han revelado, que las relaciones entre los artrópodos y la composición vegetal son más complejas que significativas; los mecanismos que producen estas relaciones, no pueden ser explicados claramente, y estas son, generalmente, relaciones de forma no lineal, según Schultz y Wieland (1997) y Pastor - Bárcenas *et al.*, (2005), (en Zhang, 2011, pág. 38).

Para lo anterior, Zhang (2011), ha propuesto evaluar el modelo de redes neuronales artificiales (ANN) frente al modelo análisis multivariado (MAM) y al modelo de respuesta de superficie (RSM), en búsqueda de explicar la función no lineal de las relaciones entre la abundancia de artrópodos y la composición vegetal en las praderas.

Zhang (2011), explica que las ANN, son funciones de aproximadores universales de relaciones no lineales, según Acharya *et al.*, (2006), Bianconi *et al.*, (2010), Nour *et al.*, (2006), Zhang y Barrion (2006), y Zhang *et al.*, (2007), (en Zhang, 2011, pág. 38); las ANN, podrían ofrecer ventajas como modelos más simplificados y automatizados, respecto a modelos de síntesis y analíticos, tipo insumo – producto (*input-output*), según Abdel – Aal (2004) y Tan *et al.*, (2006); este modelo ANN, es considerado ser más eficaz en predicción de series de tiempo, que procedimientos previos basados en la teoría de los sistemas dinámicos, según Ballester *et al.*, (2002), (en Zhang, 2011, pág. 38).

En su estudio, el autor concluyó que la abundancia de artrópodos en las praderas, está gobernada por el tipo de familias de plantas y por sus grados de cobertura (composición de la planta); el modelo de redes neuronales artificiales, fue superior al modelo multivariado de regresión y al modelo de respuesta de superficie, en el modelado de la abundancia de artrópodos y de la composición vegetal. (Zhang, 2011, pág. 45).

El método utilizado en esta investigación consistió en el diseño de transectos para cada finca Tipo en donde se realizó la colecta de muestras, captura de individuos de artrópodos (mediante la metodología del embudo Berlesse) y la posterior caracterización, conteo y cálculo de índices de diversidad.

Como resultado de esta investigación se evidencia el efecto que tienen los tres tipos de manejo agronómico sobre la diversidad y poblaciones de los artrópodos, encontrando que la finca Tipo I (Convencional) presenta los mejores índices de diversidad de artrópodos, seguida de la Finca Tipo II (Orgánica) y por último la Finca Tipo III (Mixta), las

poblaciones de artrópodos en la Finca Orgánica duplican la Finca Convencional y quintuplican la Finca Mixta.

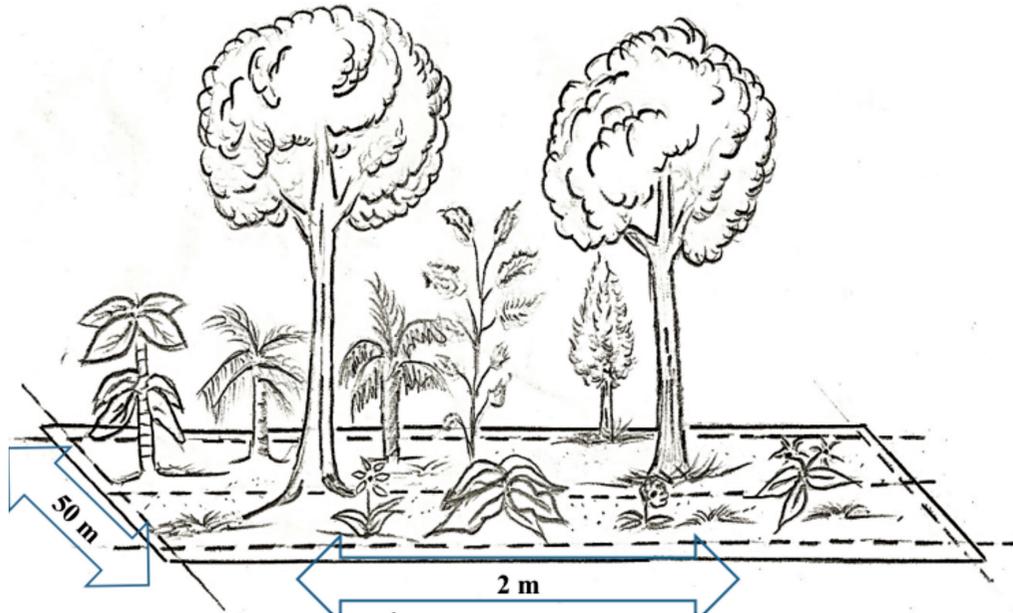
## MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro de la evaluación de la exergia para tres sistemas de producción de café (Convencional Tipo I, Orgánica Tipo II y Mixto Tipo III), en tres fincas de la vereda la Marcada del municipio del Líbano (Tolima- Colombia), en 2014, la toma de individuos de artrópodos, se realizó mediante cuadrante de madera de un metro cuadrado, el cual fue aleatoriamente lanzado tres veces dentro de cada uno de los cinco transectos correspondientes a cada finca evaluada, denominada finca Tipo (Alvarez, y otros, 2006). Los individuos fueron colectados, clasificados, codificados e identificados taxonómicamente en el Laboratorio de entomología de la Universidad del Tolima, mediante la metodología del embudo Berlesse.

La selección de las fincas se basó en los siguientes criterios: **Finca Convencional**, para el caso del estudio es denominada **Finca Tipo I**, y está caracterizada por estar diseñada en Monocultivo de café, el manejo convencional del sistema productivo, la aplicación de fertilizantes y plaguicidas químicos de síntesis y no tiene en el diseño, especies vegetales asociadas al cultivo; **Finca Orgánica**, para el caso del estudio es denominada **Finca Tipo II**, y está caracterizada por estar diseñada en Policultivo y/o Asociaciones de café, el manejo ecológico del sistema productivo, la aplicación de Abonos Orgánicos, caldos minerales, Inoculantes microbiales, Hongos antagonistas, control biológicos y arreglos alelopáticos y simbióticos. Por lo anterior este sistema en su diseño tiene varias especies vegetales asociadas al cultivo del café; y **Finca Mixta**, para el caso del estudio es denominada **Finca Tipo III**, y está caracterizada por estar diseñada

en arreglos Plátano – Café, o Café – Aguacate, el manejo limpio del sistema productivo, la aplicación racional de fertilizantes y

plaguicidas químicos de síntesis y este sistema en su diseño tiene una o dos especies vegetales asociadas al cultivo del café.



**Figura 1.** Esquema de transecto para las fincas tipo.

Fuente: Autor

Para este componente de la biomasa de los sistemas evaluados, se recurrió también a los indicadores de diversidad, por transectos: 1) Clasificación de especies en el transecto; y, 2) índices de diversidad de especies:

$$\text{Shannon: } H' = \sum_{i=1}^s (P_i)(\text{LN } P_i) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde ni= número de individuos en el sistema o muestra que pertenecen a la especie "i" y N= número de individuos.

$$\text{Simpson: } \lambda = \sum_{i=1}^s \frac{ni(ni-1)}{N(N-1)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde ni= número de individuos en el sistema o muestra que pertenecen a la especie "i" y N= número de individuos.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las siguientes tablas se puede observar los datos de taxonomía y conteo en campo, así como los índices de Shannon y Simpson, que estuvieron para el índice de Shannon cercano a dos (2) y para Simpson por encima del 0,5.

#### Calculo de Índice de Shannon y Simpson.

#### Índice Finca Tipo I – Convencional:

**Tabla 1.** Listado de especies y cálculos índices Shannon y Simpson, Finca Tipo I (Convencional).

Phyllum	Clase	Orden	Familia	n	Pi * LN Pi	n*(n-1)	
<b>ANNELIDA</b>	Oligochaeta			1	3	-0,03140492	6
<b>ARTHROPODA</b>	Arachnida – Subclase Acari			2	100	-0,32531655	9900
<b>ARTHROPODA</b>	Arachnida	Araneae		3	3	-0,03140492	6
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum –</b> <b>MYRIAPODA</b>	Chilopoda (N.V cien- piés)			4	2	-0,02260519	2
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum –</b> <b>MYRIAPODA</b>	Diplopoda	Julida	Nemasomati- dae	5	10	-0,07990995	90
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum –</b> <b>MyRIAPODA</b>	Diplopoda	Polidesmida (N.V mil pies con Caparazón)		6	1	-0,01272882	0
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum –</b> <b>MYRIAPODA</b>	Diplopoda	Polixenida (N.V mil pies con pelos urticantes)		7	6	-0,05425246	30
<b>ARTHROPODA</b>	Symphyla			8	19	-0,12673585	342
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum</b> <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Collembola	Entomobriidae	9	87	-0,30795503	7482
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum</b> <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Collembola	Isotomidae	10	16	-0,11238255	240
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum</b> <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Collembola	Poduridae	11	11	-0,08574372	110
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum</b> <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Collembola	sminthuridae	12	2	-0,02260519	2
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum</b> <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Collembola	NI	13	1	-0,01272882	0
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum</b> <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Diplura	japigydae	14	13	-0,09686496	156
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	SUBORDEN Machiloidea =Mi- crocoryphia		15	11	-0,08574372	110
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Dermaptera		16	1	-0,01272882	0

Continuación tabla 1

Phyllum	Clase	Orden	Familia	n	Pi * LN Pi	n*(n-1)	
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Blattodea	Blattidae	17	1	-0,01272882	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hemiptera	Cydnidae	18	3	-0,03140492	6
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hemiptera	Gelastocoridae	19	3	-0,03140492	6
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hemiptera	Pentatomidae	20	1	-0,01272882	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hemiptera	NI	21	1	-0,01272882	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hemiptera	Miridae	22	1	-0,01272882	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Psocoptera		23	2	-0,02260519	2
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Nitidulidae	24	1	-0,01272882	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Ptilidae	25	1	-0,01272882	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Scolitidae	26	1	-0,01272882	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Scydmaenidae	27	3	-0,03140492	6
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Staphilinidae	28	13	-0,09686496	156
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	NI	29	2	-0,02260519	2
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hymenoptera	Formicidae	30	152	-0,36352648	22952
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Lepidoptera	NI (Polilla pequeña)	31	1	-0,01272882	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Diptera	Cecydomidae	32	4	-0,03950547	12
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Diptera	Phoridae	33	2	-0,02260519	2
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Díptera	Psychodidae	34	1	-0,01272882	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Diptera	NI (moscas, zancudos)	35	7	-0,06107426	42
<b>TOTALES</b>				<b>486</b>	<b>2,25867238</b>	<b>41662</b>	

Índice de Shannon	Índice de Simpson
H = 2,258	D = (Sum n(n-1)) / (N (N-1))
Hmax = LN (35) = 3,555	D = 41662 / (486 (486 -1))
Uniformidad = H / Hmax = (2,258) / (3,555) = 0,63	D = 41662 / 235710
Uniformidad = 0,63	D = 0,18
Índice de Diversidad de Shannon = 2,258	Índice de diversidad de Simpson = 1 - D
	Índice de diversidad de Simpson = 0,82

## Índice Finca Tipo II – Orgánica:

**Tabla 2.** Listado de especies y cálculos índices Shannon y Simpson, Finca Tipo II (Orgánica).

Phyllum	Clase	Orden	Familia	n	Pi * LN Pi	n*(n-1)	
<b>ANNELIDA</b>	Oligochaeta			1	1	-0,00382873	0
<b>ARTHROPODA</b>	Arachnida – Subclase Acari			2	270	-0,27149013	72630
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum -</b> <b>MYRIAPODA</b>	Chilopoda (N.V cienpiés)			3	16	-0,03888877	240
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum -</b> <b>MYRIAPODA</b>	Diplopoda	Julida	Nemasomatidae	4	16	-0,03888877	240
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum –</b> <b>MyRIAPODA</b>	Diplopoda	Polidesmida (N.V mil pies con Caparazón)		5	34	-0,06971467	1122
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum –</b> <b>MYRIAPODA</b>	Diplopoda	Polixenida (N.V mil pies con pelos urticantes)		6	8	-0,02224074	56
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum –</b> <b>CRUSTACEA</b>	Malacostraca	Isopoda		7	36	-0,07277786	1260
<b>ARTHROPODA</b>	Symphyla			8	73	-0,12155279	5256
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum</b> <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Collembola	Entomobriidae	9	153	-0,19766768	23256
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum</b> <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Collembola	Isotomidae	10	138	-0,18546925	18906
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum</b> <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Diplura	Campodeidae	11	2	-0,00695837	2
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum</b> <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Diplura	japigydae	12	45	-0,08590855	1980
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	SUBORDEN Machiloidea =Mi- croscoryphia		13	14	-0,03497041	182
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hemiptera	Cydnidae	14	17	-0,0407996	272
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hemiptera	NI	15	2	-0,00695837	2
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hemiptera	Miridae	16	1	-0,00382873	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hemiptera	Pseudococcidae	17	3	-0,00982414	6

Continuación tabla 2

Phyllum	Clase	Orden	Familia	n	Pi * LN Pi	n*(n-1)	
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Ptilidae	18	8	-0,02224074	56
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Scarabaeidae	19	6	-0,017551	30
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	scydmaenidae	20	4	-0,01251855	12
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Staphilinidae	21	10	-0,02667565	90
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Tenebrionidae	22	1	-0,00382873	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	NI	23	1	-0,00382873	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hymenoptera	Formicidae	24	1099	-0,32710085	1206702
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Diptera	Drosophilidae	25	2	-0,00695837	2
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Diptera	Muscidae	26	1	-0,00382873	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Diptera	Psychodidae	27	1	-0,00382873	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Diptera	NI (moscas, zancudos)	28	21	-0,04816173	420
<b>TOTALES</b>					1983	-1,68828936	1332722

Índice de Shannon	Índice de Simpson
H = 1,688	D = (Sum n(n-1)) / (N (N-1))
Hmax = LN (28) = 3,332	D = 1332722 / (1983 (1983-1))
Uniformidad = H / Hmax = (1,688) / (3,332) = 0,51	D = 1332722 / 3930306
Uniformidad = 0,51	D = 0,339
Índice de Diversidad de Shannon = 1,688	Índice de diversidad de Simpson = 1 - D
	Índice de diversidad de Simpson = 0,66

### Índice Finca Tipo III – Mixta:

**Tabla 3.** Listado de especies y cálculos índices Shannon y Simpson, Finca Tipo III (Mixta).

Phyllum	Clase	Orden	Familia	n	Pi * LN Pi	n*(n-1)	
<b>ANNELIDA</b>	Oligochaeta			1	1	-0,00883677	0
<b>ARTHROPODA</b>	Arachnida – Subclase Acari			2	88	-0,25159331	7656
<b>ARTHROPODA</b>	Arachnida	Araneae (araña, pseudoes- corpiones)		3	1	-0,00883677	0
<b>ARTHROPODA</b> <b>Subphyllum -</b> <b>MYRIAPODA</b>	Chilopoda (N.V cienpiés)			4	4	-0,02794363	12

Continuación tabla 3

Phyllum	Clase	Orden	Familia	n	Pi * LN Pi	n*(n-1)	
<b>ARTHROPODA</b> Subphyllum - <b>MYRIAPODA</b>	Diplopoda	Julida	Nemasoma- tidae	5	9	-0,05312901	72
<b>ARTHROPODA</b> Subphyllum - <b>MyRIAPODA</b>	Diplopoda	Polidesmida (N.V mil pies con Caparazón)		6	6	-0,03866739	30
<b>ARTHROPODA</b> Subphyllum - <b>MYRIAPODA</b>	Diplopoda	Polixenida (N.V mil pies con pelos urticantes)		7	2	-0,01582268	2
<b>ARTHROPODA</b> Subphyllum - <b>CRUSTACEA</b>	Malacostraca	Isopoda		8	3	-0,02210999	6
<b>ARTHROPODA</b>	Symphyla			9	7	-0,0436713	42
<b>ARTHROPODA</b> Subphyllum <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Collembola	Entomobriidae	10	119	-0,29227536	14042
<b>ARTHROPODA</b> Subphyllum <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Collembola	Isotomidae	11	92	-0,25756934	8372
<b>ARTHROPODA</b> Subphyllum <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Collembola	Poduridae	12	18	-0,08960028	306
<b>ARTHROPODA</b> Subphyllum <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Diplura	Campodeidae	13	3	-0,02210999	6
<b>ARTHROPODA</b> Subphyllum <b>-HEXAPODA</b>	Entognatha	Diplura	japigydae	14	10	-0,05762555	90
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	SUBORDEN Machiloidea =Microcoryphia		15	7	-0,0436713	42
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hemiptera	Cydnidae	16	11	-0,06198836	110
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hemiptera	Gelastocoridae	17	2	-0,01582268	2
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Psocoptera		18	1	-0,00883677	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Ptilidae	19	2	-0,01582268	2
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Scarabaeidae	20	4	-0,02794363	12
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Scydmaenidae	21	10	-0,05762555	90
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	Staphilinidae	22	24	-0,11024892	552
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Coleoptera	NI	23	7	-0,0436713	42
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hymenoptera (Microhymenoptera)		24	1	-0,00883677	0

Continuación tabla 3

Phyllum	Clase	Orden	Familia	n	Pi * LN Pi	n*(n-1)	
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Hymenoptera	Formicidae (hormigas)	25	313	-0,36462444	97656
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Diptera	Tachinidae	26	1	-0,00883677	0
<b>ARTHROPODA</b>	INSECTA	Diptera	NI (moscas, zancudos)	27	3	-0,02210999	6
<b>TOTALES</b>					<b>749</b>	<b>-1,9798305</b>	<b>129150</b>

Índice de Shannon	Índice de Simpson
H = 1,979	D = (Sum n(n-1)) / (N (N-1))
Hmax = LN (27) = 3,295	D = 129150 / (749 (749 -1))
Uniformidad = H / Hmax = (1,979) / (3,295) = 0,6	D = 129150 / 560252
Uniformidad = 0,6	D = 0,23
Índice de Diversidad de Shannon = 1,979	Índice de diversidad de Simpson = 1 - D
	Índice de diversidad de Simpson = 0,77

En los sistemas agrícolas, la biodiversidad realiza servicios que van más allá de la producción de alimentos, fibras, combustibles e ingresos (Altieri, 2010). Es así como los servicios ecosistémicos se configuran a partir de beneficios potenciales asociados a las funciones de los ecosistemas, que se concretan en servicios reales una vez son demandados, usados o disfrutados; es decir, cuando la sociedad les asigna valores instrumentales (Corredor, Fonseca, & Páez, 2012). En este sentido, de acuerdo a lo citado por Ruiz, Lavelle y Jiménez (2008), la macro fauna es un grupo Funcional debido a que se constituye en un grupo de organismos que cumplen la misma función y tienen impacto similar dentro del suelo, citando a Gitay y Noble (1997) (Ruiz, Lavelle, & Jiménez, 2008, pág. 35). No existe, un único sistema de clasificación, debido a que los criterios usados para clasificar los organismos del suelo y el grado de subdivisión aplicados son una función de quine orienta la investigación (Ruiz, Lavelle, & Jiménez, 2008, pág. 36). De otra parte, se argumenta que, dentro de un suelo, existe

un balance complejo y dinámico entre los diferentes grupos de organismos y los diferentes hábitos de alimentación. La Predación y la Competencia, son los principales factores que controlan dicho equilibrio, como se vio en la clasificación anterior de la biomasa encontrada (Ruiz, Lavelle, & Jiménez, 2008, pág. 23).

Se considera que la Predación tiene un importante papel debido a que establece un balance entre el número de individuos y la cantidad de recursos disponibles. La competencia es otra forma de mantener las poblaciones de fauna del suelo, en balance con los recursos del suelo (Ruiz, Lavelle, & Jiménez, 2008, pág. 23). Se resalta que otro efecto biológico de la macro fauna del suelo, es la eliminación del material muerto (Jiménez, Lavelle y Ruiz, 2008). Este trabajo es realizado por los Necrófagos (alimento de animales muertos o muriéndose) y los Coprófagos (alimento del excremento), tales como las larvas Dípteras y Coleóptera, y las larvas y los adultos de Lepidóptera. Ellos limpian la superficie del suelo e incorporan

material orgánico. Además la macro fauna del suelo disemina bacterias y esporas a través de la dispersión de excremento (Ruiz, Lavelle, & Jiménez, 2008, pág. 24). En este sentido, en cuanto a la incorporación de materia orgánica tanto por los artrópodos así como los microorganismos, la alta relación Carbono/Nitrógeno es un aspecto que influye notoriamente en la dinámica de descomposición de un residuo (Sanclemente Reyes, Garcia Arboleda, & Valencia Trujillo, 2011).

Los Artrópodos del suelo de la finca convencional (Tipo I) presenta mayor índice de diversidad que la finca orgánica y esta última mayor índice que la finca mixta. A pesar de ello, la finca orgánica presenta una mayor población de artrópodos (1982 Individuos) que supera en 2,6 veces las poblaciones de finca mixta (748 Individuos) y en 4,1 veces la población de la finca convencional (483 Individuos). Lo cual demuestra la alta interacción entre los artrópodos 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 estándar de la naturaleza.

Como se anotó al inicio, debería buscarse en trabajos de este tipo con los mismos parámetros y variables, un mayor número de transectos para evitar yerros en el conteo por cuadrantes; dado que, a diferencia de las otras muestras tomadas en esta investigación, la ubicación, identificación y conteo de poblaciones de artrópodos requiere cierta especificidad de tiempo y espacio para su colección en campo.

Es importante desarrollar investigaciones similares en otros sistemas productivos y en otras matrices territoriales, con el fin de validar y seguir refinando la metodología en el sector agropecuario, evaluando su inserción como elemento de evaluación de gradientes

de sustentabilidad en el desarrollo del sector y específicamente en la agroecología.

La metodología implica el conocimiento transdisciplinario o la integración de equipos de trabajo de varias disciplinas, debido a la complejidad del proceso en donde están involucrados aspectos de Agroecología, Termodinámica, Biología, Agronomía, Estadística, Economía y Administración.

## CONCLUSIONES

La estructura agroecosistémica de la Finca Orgánica establece una alta funcionalidad en la generación de biomasa in situ, lo cual influye enormemente en la intensa dinámica poblacional de artrópodos en sus diferentes roles de gestión de macromoléculas de celulosa, hemicelulosa y lignina para ser incorporadas en el componente suelo del agroecosistema.

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.

La alta dinámica de la materia orgánica mejora la estabilidad de la humedad del suelo aspecto importante en los artrópodos del orden collembola, razón por la cual sus poblaciones son mucho más altas en la finca Orgánica, seguidas por la finca Mixta y por último la finca convencional.

## LITERATURA CITADA

- Altieri, M. (2010). El estado del arte de la Agroecología: revisando avances y desafíos. En T. León Sicard, & M. A. Altieri, *Vertientes del pensamiento agroecológico* (págs. 77 - 104). Bogotá D.C: Opciones Gráficos Editores Ltda.
- Alvarez, M., Cordoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., . . . Villarreal, H. (2006). *Manual de Metodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad. Programa Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos*. Bogotá D.C: Ramos López Editorial.

- Corredor, E. S., Fonseca, J. A., & Páez, E. M. (2012). Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental - RIAA*, 77 - 83.
- García A, M. (2016). *Análisis exergético a sistemas de producción de café y su relación con la sustentabilidad (Tesis de Doctorado)*. Universidad Nacional, Palmira, Colombia.
- García, A. M. (2011). Alternativas para el diagnóstico de contexto como elementos para la formulación de proyectos agropecuarios. En J. Mora Delgado, & V. Holguin, *Medios de vida y materiales orgánicos en fincas campesinas* (págs. 77 - 88). Ibagué - Tolima.
- Giraldo, R., Nieto, L.E., Quiceno, A. y Sanclemente, O.E. (2018). Evaluación de sustentabilidad en agroecosistemas campesinos del corregimiento de San Isidro, Pradera, Valle del Cauca, Colombia. En E. Arnés y M. Astier (Ed.), *Sostenibilidad en sistemas de manejo de recursos naturales en países andinos*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Quito, Ecuador. ISBN UNESCO: 978-92-3-300101-5. Pp.125- 150. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366841>
- Gruner, D. S. (2003). Regressions of Length and Width to Predict Arthropod Biomass in the Hawaiian Islands. *Pacific Science*, 57(3), 325-336. Obtenido de <http://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/handle/10125/2681/vol57n3-325-336.pdf?sequence=1>
- Lince, L. A., & Sadeghian, S. (2016). Producción de café (*Coffea arabica* L.) en respuesta al manejo específico por sitio de la fertilidad del suelo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental - RIAA*, 25 - 37.
- Nicholls, C. I. (2008). *Control Biológico de Insectos: un enfoque agroecológico*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Pedersen et al, u. (2 de enero de 2013). <http://bios.au.dk/en>. (A. University, Ed.) Obtenido de [http://bios.au.dk/fileadmin/dmu.dk/en/animalsplants/almass/landscape/Relationships\\_between\\_insect\\_biomass\\_and\\_plant\\_biomass\\_and\\_height\\_in\\_ALMaSS\\_2\\_Jan\\_2013.pdf](http://bios.au.dk/fileadmin/dmu.dk/en/animalsplants/almass/landscape/Relationships_between_insect_biomass_and_plant_biomass_and_height_in_ALMaSS_2_Jan_2013.pdf).
- Ruiz, N., Lavelle, P., & Jiménez, J. (2008). *SOIL MACROFAUNA FIELD MANUAL*. Roma: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Recuperado el 25 de agosto de 2015
- Sanclemente, O. E., Yacumal, V., & Patiño, C. 2017. Solubilización de fosfatos por bacterias nativas aisladas en tres Agroecosistemas del Valle del Cauca (Colombia). *Temas Agrarios*, 61 - 69. doi:<https://doi.org/10.21897/rta.v2212.945>
- Sanclemente Reyes, O. E., García Arboleda, M., & Valencia Trujillo, F. L. (2011). Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la hoja de caña (*Sacharum officinarum*). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13 -19.
- Szargut, J., Valero, A., Stanek, W., & Valero, A. (2005). [www.exergoecology.com](http://www.exergoecology.com). (CIRCE, Ed.) Recuperado el enero de 2013, de [http://www.exergoecology.com/papers/towards\\_int\\_re.pdf](http://www.exergoecology.com/papers/towards_int_re.pdf)
- Zhang, W. (January de 2011). Simulation of arthropod abundance from plant composition. (I. A. Sciences, Ed.) *Computational Ecology and Software*, 1(1), 37-48. Recuperado el 15 de enero de 2014, de <http://www.iaees.org/publications/journals/ces/articles/2011-1%281%29/Simulation-of-arthropod-abundance-from-plant-composition.pdf>

**Conflicto de Intereses**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

**Licencia de Creative Commons**

Revista de Investigación Agraria y Ambiental is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

