

Revista Cubana de
Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 11, número 2; 2023

*Macroinvertebrados edáficos en sistemas productivos de Coffea
arábica en Garzón, Huila, Colombia*

*Edaphic macroinvertebrates in productive systems of Coffea arabica in Garzón, Huila,
Colombia*

*Macroinvertebrados do solo em sistemas de produção de Coffea arabica em Garzón, Huila,
Colômbia*

Fernando Vargas Castro^{1*} , Gelber Rosas Patiño¹ , Verence Sánchez Castillo¹ 

¹Universidad de la Amazonia, Facultad de Ingeniería. Florencia, Colombia.

*Autor para correspondencia: ferveragro@yahoo.com

*Recibido:*01/06/2023.

*Aprobado:*03/08/2023.

RESUMEN

Los sistemas agroforestales son una alternativa cada vez más implementada para la producción de café en Colombia debido a los múltiples beneficios socioeconómicos y ambientales. En ellos, se genera un hábitat ideal para la macrofauna del suelo. El objetivo de esta investigación fue evaluar la incidencia de dos sistemas productivos de café sobre el



comportamiento poblacional de los macroinvertebrados edáficos. Para ello, se evaluó la composición, riqueza, abundancia y distribución vertical de las familias de macroinvertebrados del suelo en sistemas de Bosque secundario (B.s), Sistemas agroforestales de café (S.A.F.c) y en Monocultivo de café (M.c), en cuatro estratos (hojarasca, 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm). Se identificaron 22 órdenes y 53 familias de macroinvertebrados edáficos, presentándose la mayor abundancia de Lumbricidae, Formicidae, Porcellionidae y la menor de Forficulidae, Geophilidae y Polydesmidae siendo B.s > S.A.F.c > M.c, salvo Forficulidae, Polydesmidae y Porcellionidae que se encontraron en mayor abundancia en M.c que en S.A.F.c; en todos los sistemas la abundancia fue mayor en los primeros 10 cm del suelo ($p < 0,05$). La riqueza mostró un comportamiento similar, aunque sin efectos estadísticamente significativos. Si bien hay macroinvertebrados del suelo tolerantes a las perturbaciones ocasionadas por los cambios de cobertura boscosa para establecer sistemas productivos de café, algunas familias de macroinvertebrados son susceptibles a estos cambios de cobertura lo que las convierte en indicadores potenciales de alteraciones en el suelo.

Palabras clave: abundancia, café, fauna edáfica, riqueza, sistema agroforestal.

SUMMARY

Agroforestry systems are an increasingly implemented alternative for coffee production in Colombia due to the multiple socioeconomic and environmental benefits. They generate an ideal habitat for soil macrofauna. The objective of this research was to evaluate the incidence of two coffee production systems on the population behavior of edaphic macroinvertebrates. In order to do this, the composition, richness, abundance and vertical distribution of soil macroinvertebrate families in Secondary Forest (Bs), Coffee Agroforestry Systems (SAFc) and Coffee Monoculture (Mc) systems were evaluated in four strata (leaf litter, 0-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm). 22 orders and 53 families of edaphic macroinvertebrates were identified, presenting the highest abundance of Lumbricidae, Formicidae, Porcellionidae and the lowest of Forficulidae, Geophilidae and Polydesmidae, with Bs > SAFc > Mc, except Forficulidae, Polydesmidae and Porcellionidae, which were



found in greater abundance in Mc than in SAFc; in all systems the abundance was higher in the first 10 cm of the soil ($p < 0.05$). Wealth showed a similar behavior, although without statistically significant effects. Although there are soil macroinvertebrates that are tolerant to the disturbances caused by forest cover changes to establish coffee production systems, some families of macroinvertebrates are susceptible to these cover changes, which makes them potential indicators of soil disturbances.

Keywords: abundance, coffee, edaphic fauna, richness, agroforestry system

RESUMO

Os sistemas agroflorestais são uma alternativa cada vez mais implementada para a produção de café na Colômbia devido aos múltiplos benefícios socioeconômicos e ambientais. Eles criam um habitat ideal para a macrofauna do solo. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o impacto de dois sistemas de produção de café no comportamento populacional de macroinvertebrados edáficos. Para tanto, foram avaliadas a composição, riqueza, abundância e distribuição vertical de famílias de macroinvertebrados do solo em sistemas florestais secundários (B.s), sistemas agroflorestais cafeeiros (S.A.F.c) e em monocultura de café (M.c), em quatro estratos (folha serapilheira, 0- 10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm). Foram identificadas 22 ordens e 53 famílias de macroinvertebrados edáficos, sendo a maior abundância de Lumbricidae, Formicidae, Porcellionidae e a menor de Forficulidae, Geophilidae e Polydesmidae sendo B.s > S.A.F.c > M.c, exceto Forficulidae, Polydesmidae e Porcellionidae que foram encontrados em maior abundância em Mc do que em S.A.F.c; Em todos os sistemas a abundância foi maior nos primeiros 10 cm do solo ($p < 0,05$). A riqueza apresentou comportamento semelhante, embora sem efeitos estatisticamente significativos. Embora existam macroinvertebrados do solo que são tolerantes às perturbações causadas pelas alterações na cobertura florestal para estabelecer sistemas de produção de café, algumas famílias de macroinvertebrados são suscetíveis a essas alterações na cobertura, o que os torna potenciais indicadores de alterações no solo.



MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

Se encuentra localizada a 15 Km al Este del municipio de Garzón - Huila (Colombia). Se identificaron nueve fincas con una superficie promedio de 1,0 ha. Estas se ubicaron entre las coordenadas 02°20'52" de latitud norte y 75°54'17" de longitud oeste del Greenwich, en una altitud de 1 460 a 1 668 m.s.n.m. Todas las fincas se encuentran dentro de la zona de vida de Bosque Húmedo-Premontano (Bh-P) conforme a la clasificación de Holdridge. Predominan temperaturas medias entre los 18 °C y 24 °C y las precipitaciones anuales oscilan entre 2 000 y 3 500 mm. Los suelos de la zona son superficiales a profundos, bien drenados, ligeramente ácidos y de una fertilidad moderada (IGAC, 1994 y 2014).

Sistemas evaluados

Se evaluaron monocultivos de café (MC) con una distancia de plantación de 1,2 m x 1,8 m y densidad de 4 630 árboles por hectárea, sistemas agroforestales de café y plátano (*Musa paradisiaca* L.) (SAFC), establecidos a una distancia de 1,2 m x 1,8 m y 5,6 m x 3 m, respectivamente, y superficies de bosque secundario (BS) medianamente intervenido como control positivo. Los cafetales correspondieron a plantaciones de la variedad Catimor, establecidas hace 11 años, con dos años del último zoqueo (poda total de los tallos a 30 centímetros del suelo para estimular el rebrote de nuevos tallos).

El manejo agronómico de MC y SAFC fue realizado por los productores siguiendo las recomendaciones de los asistentes técnicos de la zona, así: aplicaciones de 100 cm³ de glifosato en 20 L de agua para el control de arvenses, dos veces al año y podas con guadañadora cada cuatro meses; el control de plagas se realizó mediante aplicaciones de plaguicidas a base de Fenilpirazol, Clorpirifos y Tiametoxam + Ciproconazol, en dosis de 25 ml por 20 L de agua, con aplicaciones anuales en SAFC y semestrales en MC. La fertilización se realizó con urea, fosfato diamónico (DAP) y óxido de calcio (CaO). En cada caso se empleó una dosis de 50 gramos por planta, cada cuatro meses.

El bosque secundario (B.s) tiene 40 años aproximadamente; Ararat y Prager (2002) encontraron en estos bosques de la zona, especies como *Goupia glabra* A. (cedro blanco), *Cedrela odorata* L. (cedro rosado), *Erythrina poeppigiana* W. (cachingo), *Persea caerulea* R&P



(aguacatillo), *Chrysophyllum cainito* L. (caimo), *Inga marginata* W. (guamo) y *Jacaranda copaia* A. (gualandai).

Establecimiento del diseño y muestreo en campo

Se estableció un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) en arreglo factorial con cuatro (4) replicas. El factor A correspondió a los sistemas evaluados (M.c, S.A.F.c y B.s) y el factor B a las cuatro profundidades de muestreo de invertebrados (hojarasca, 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm).

Los muestreos, se llevaron a cabo en el mes de octubre de 2018 (se contó con permiso de colecta, según Resolución 01140 de 2016), en época lluviosa, antes de iniciar la segunda cosecha significativa de café del año para evitar perturbaciones antrópicas.

Los macroinvertebrados edáficos se recolectaron mediante el método sugeridos por Velásquez y Lavelle, (2019). En cada sistema se recogieron tres monolitos (de 25 x 25 cm) o submuestras por replica; los monolitos se dividieron en cuatro estratos: hojarasca, 0-10, 10-20 y 20-30 cm. Para la recolección de los macroinvertebrados edáficos emplearon pinzas entomológica y pinceles. Estos se conservaron en alcohol al 70 %, con excepción de las lombrices las cuales se conservaron en viales con formol al 5 %. Posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Entomología de la Universidad de la Amazonía (LEUA) para su caracterización a nivel de orden y familia. Se utilizaron las claves y descripciones taxonómicas de Ruiz *et al.*, (2008) y Borrór *et al.* (1992).

Variables de respuesta y análisis de los datos de biológicos

Para el análisis de la población de macroinvertebrados se determinaron los valores de riqueza (número de familias), abundancia específica (individuos m⁻²), densidad (número de individuos m⁻²) y distribución vertical de los macroinvertebrados en función de la abundancia en cada perfil o estrato del suelo. Se calcularon y presentaron los resultados generales en cada uno de los sistemas.

Además, se validaron los supuestos de normalidad y de homogeneidad de las varianzas de los datos mediante un análisis residual exploratorio (gráfico de Q-Q plot, la prueba Shapiro-Wilk y gráfico de valores predichos frente a residuos). Los datos que presentaron una distribución normal y homogeneidad de varianza (riqueza), se analizaron mediante la



prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$) y los datos que no presentaron una distribución normal, se analizaron mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Se empleó un análisis multivariado con el objetivo de reducir la información y facilitar su interpretación. Para el caso de la diversidad, se realizó un análisis de correspondencia (AC) basado en la presencia - ausencia de las familias de macrofauna del suelo. Este permitió identificar aquellas familias exclusivas o compartidas entre sistemas. Todos los análisis se realizaron con el software InfoStat, versión 2018.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados edáficos

La riqueza taxonómica estuvo representada por dos phylum, siete clases, 22 órdenes y 53 familias de macroinvertebrados edáficos. La mayor riqueza se presentó en B.s, seguido de S.A.F.c y M.c. A pesar de ello, los sistemas evaluados no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,072$) en la riqueza de grupos taxonómicos (Tabla 1). Este tipo de comportamiento puede corresponder a un esfuerzo de muestreo o de potencia estadística insuficiente, sin embargo, estos resultados presentan una tendencia en la cual la riqueza disminuye a medida que aumenta el grado de perturbación y las diferencias en la vegetación como ocurre con la alta heterogeneidad de B.s y la homogeneidad de M.c. Lo anterior coincide con reportes de Delgado *et al.* (2011) y Cabrera *et al.* (2011) quienes indican que la riqueza de especies es más alta en el bosque y en los sistemas agroforestales que en sistemas de producción sin presencia de árboles, gracias a la diversidad de la vegetación, la disponibilidad de alimento para las especies, la compleja estructura de la vegetación que provee sitios de hábitat y brinda mejor protección que en sistemas agropecuarios más simples. Rojas *et al.* (2021) también afirman que los agroecosistemas cafeteros con vegetación compleja, ayudan a mantener una alta riqueza de macroinvertebrados lo que permite una mayor similaridad con el bosque, como es el caso de S.A.F.c (Tabla 1).



Tabla 1. - Abundancia (individuos m⁻²) y riqueza de la macrofauna del suelo en los sistemas productivos de café (M.c y S.A.F.c) y en bosque secundario (B.s) en el departamento del Huila

Familia	M.c	S.A.F.c	B.s	p-valort†	p-valort††
Amaurobiidae	1,33 ± 1,33	2,67 ± 1,8	-	ns	
Anisolabididae	1,33 ± 1,33	5,33 ± 5,33	-	ns	
Araneidae	2,67 ± 2,67	-	-		
Bdellidae	-	-	5,33 ± 1,54		
Cantharidae	-	1,33 ± 1,33	-		
Carabidae	4 ± 2,28	1,33 ± 2,28	10,67 ± 4,55	ns	ns
Cheliferidae	-	-	5,33 ± 1,54		
Chthoniidae	-	1,33 ± 1,33	-		
Cixiidae	1,33 ± 1,33	-	-		
Clubionidae	-	2,67 ± 2,67	-		
Coccinellidae	-	1,33 ± 1,19	5,33 ± 2,37		ns
Crhysomelidae	8 ± 6,95	10,67 ± 6,95	5,33 ± 13,9	ns	ns
Cryptopidae	8 ± 3,96	10,67 ± 3,96	16 ± 7,93	ns	ns
Curculionidae	-	8 ± 3,68	-		
Cybaeidae	1,33 ± 1,33	2,67 ± 1,8	-	ns	
Cydniidae	-	5,33 ± 4,1	10,67 ± 10,67		ns
Dictynidae	12 ± 9,26	4 ± 2,09	-	ns	
Ectobiidae	8 ± 6,3	9,33 ± 6,3	42,67 ± 12,59	ns	ns
Elateridae	1,33 ± 1,33	4 ± 2,87	-	ns	
Forficulidae	1,33B ± 1,19	-	10,67A ± 2,37		**
Formicidae	205,33b ± 75,99	325,33a ± 75,99	138,67 ± 151,99	*	ns
Geometridae	2,67 ± 1,8	-	-		
Geophilidae	1,33B ± 3,33	1,33B ± 3,33	21,33A ± 6,67	ns	*
Gryllidae	-	-	10,67 ± 1,54		
Hubbardiidae	2,67 ± 2,67	-	-		
Isotomidae	21,33 ± 8,22	5,33 ± 8,22	5,33 ± 16,44	ns	ns
Julidae	-	-	10,67 ± 1,54		
Labiduridae	6,67 ± 5,38	16 ± 16	-	ns	
Largidae	-	8 ± 2,83	-		
Lepidopsocidae	1,33 ± 1,33	-	-		
Linyphiidae	17,33 ± 8,77	25,33 ± 8,77	10,67 ± 17,54	ns	ns
Lumbricidae	165,33 bB ± 43,38	352aB ± 43,38	666,67A ± 133,7	**	*
Lycosidae	1,33 ± 1,33	-	-		
Mycetophagidae	2,67 ± 1,8	5,33 ± 3,01	-	ns	
Nabidae	1,33 ± 1,33	1,33 ± 1,33	-	ns	



Noctuidae	5,33 ± 2,27	17,33 ± 6,67	-	ns	
Nymphalidae	13,33 ± 13,33	5,33 ± 5,33	-	ns	
Parajulidae	-	17,33 ± 17,33	-		
Pentatomidae	1,33 ± 1,33	-	-		
Pisauriidae	-	13,33 ± 4,33	-		
Polydesmidae	8B ± 3,17	2,67B ± 3,17	21,33A ± 6,35	ns	*
Porcellionidae	13,33B ± 7,68	10,67B ± 7,68	80A ± 15,36	ns	*
Ptiliidae	-	5,33 ± 4,10	-		
Salticidae	-	-	5,33 ± 5,33		
Scarabaeidae	8 ± 8,36	13,33 ± 8,36	48 ± 16,72	ns	ns
Siphonotidae	-	8 ± 8	-		
Spirobolidae	-	1,33 ± 1,19	5,33 ± 2,37		ns
Staphylinidae	45,33 ± 14	52 ± 14	53,33 ± 28,01	ns	ns
Superstitioniidae	-	-	5,33 ± 1,54		
Tetragnathidae	2,67 ± 3,16	6,67 ± 3,16	5,33 ± 6,32	ns	ns
Theridiidae	4 ± 4,35	8 ± 4,35	16 ± 8,69	ns	ns
Trogositidae	-	1,33 ± 1,33	-		
Trombidiidae	1,33 ± 1,33	-	-		
Abundancia total	586,67bB ± 130,41	969,33aA ± 130,41	1216A ± 260,81	*	*
Riqueza	8,58 ± 0,84	10,17 ± 0,84	13 ± 1,69	ns	ns

* = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; ns = no significativo. † corresponde a las comparaciones entre los sistemas productivos; †† corresponde a las comparaciones entre B.s, M.c y S.A.F.c.

Medias ± error estándar. Medias seguidas por la misma letra en minúscula no difieren significativamente entre M.c y S.A.F.c; y medias seguidas por la misma letra en mayúscula no difieren significativamente entre B.s, M.c y S.A.F.c según la prueba LSD de Fisher $p < 0,05$. El análisis de correspondencia (Figura 1) demostró que ocho familias (Araneidae, Lycosidae, Hubbardiidae, Trombidiidae, Cixiidae, Pentatomidae, Geometridae y Lepidopsocidae) se encontraron asociadas a un solo sistema, el M.c; diez familias (Clubionidae, Pisauriidae, Chthoniidae, Parajulidae, Siphonotidae, Cantharidae, Curculionidae, Ptiliidae, Trogositidae y Largidae) sólo fueron registradas en S.A.F.c, mientras que Salticidae, Superstitioniidae, Cheliferidae, Bdellidae, Julidae y Gryllidae sólo fueron registradas en B.s (Figura 1). La escasa representatividad de las familias reportadas señala que son más susceptibles a las perturbaciones ambientales. También se registraron familias asociadas a M.c y S.A.F.c



(Tabla 1 y Figura 1), esto puede deberse a que *C. arábica* se encuentra cubriendo la mayor parte del suelo proporcionando un hábitat similar en los dos sistemas ideal para estos organismos (Campera *et al.*, 2022).

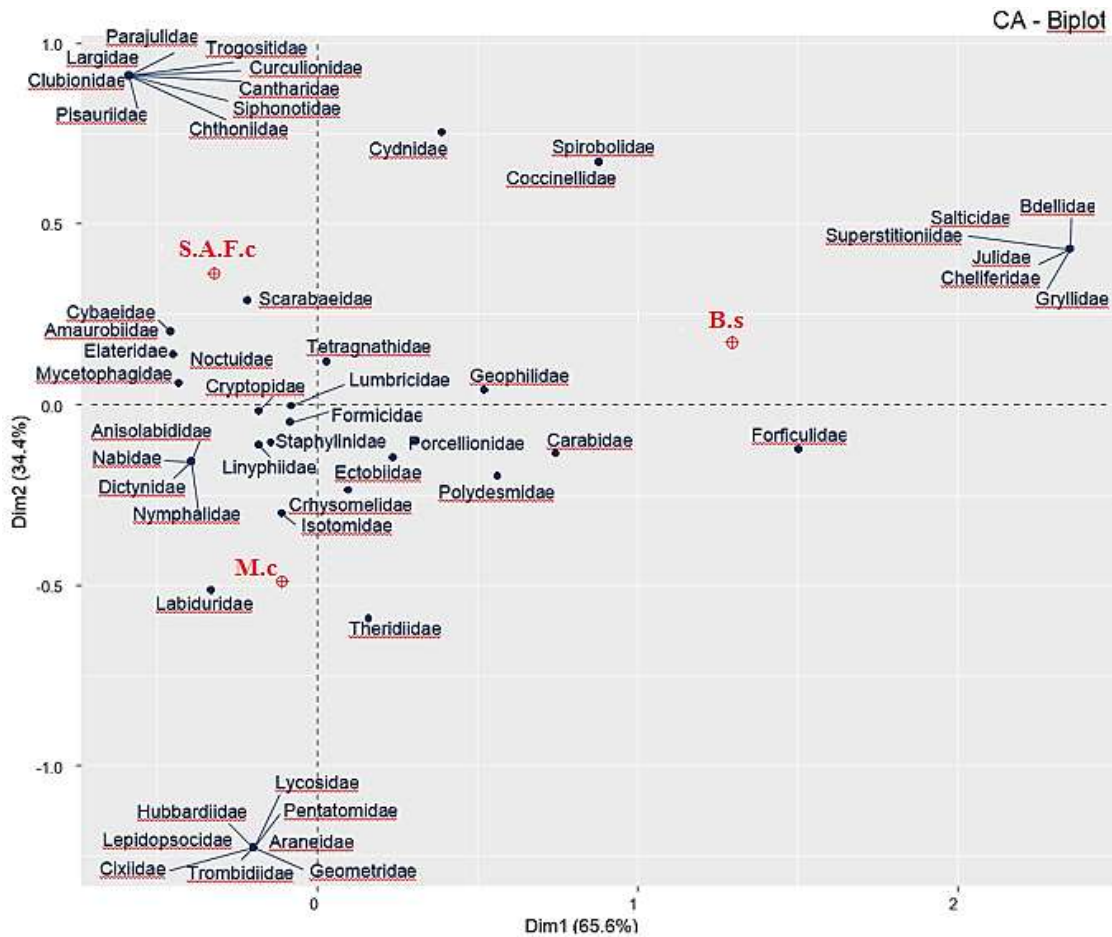


Fig. 1. - Análisis de correspondencia de la macrofauna del suelo en sistemas productivos de café y bosque secundario de Garzón, Huila

Abundancia de individuos por sistema

Se registraron 22.320 individuos m^{-2} (Figura 2), con un promedio general de 826,7 individuos m^{-2} por monolito. La mayor abundancia en promedio se presentó en el B.s, seguido del S.A.F.c, siendo estos dos sistemas similares estadísticamente, pero presentando diferencias significativas con M.c ($p < 0,014$) (Tabla 1).



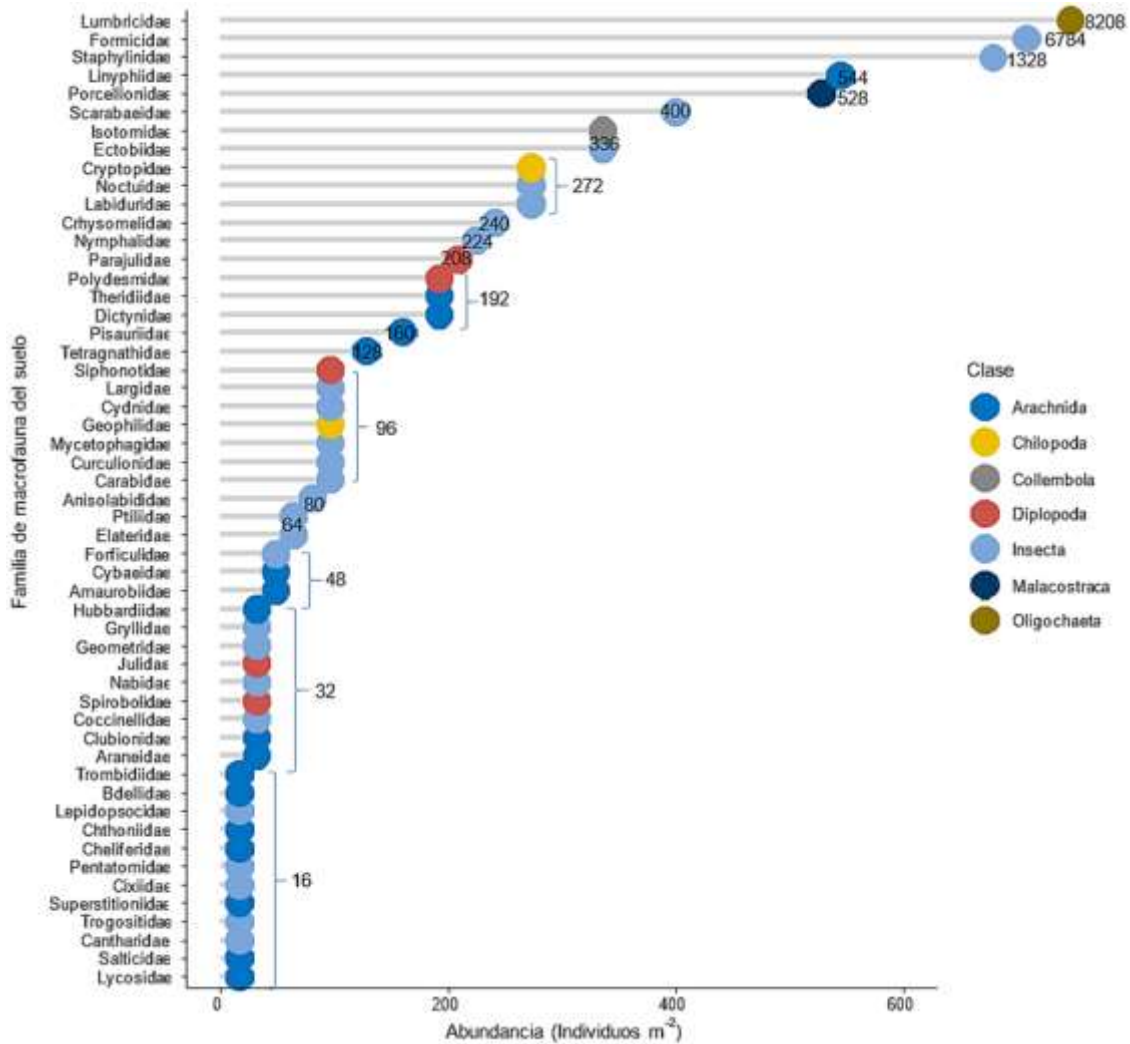


Fig. 2. - Abundancia total de macrofauna del suelo (a nivel de familia) en sistemas productivos de café y bosque secundario

Se presentaron diferencias ($p < 0,049$) entre los sistemas productivos de café (Tabla 1, Figura 2), evidenciando que las comunidades de macroinvertebrados presentes en los sistemas de uso del suelo están determinadas por la disposición de recursos para su supervivencia y los niveles de intervención del suelo en el desarrollo de las actividades agrícolas. Los resultados demuestran que existe una relación positiva directa entre sistemas menos disturbados con la abundancia de macroinvertebrados edáficos como lo argumentaron otros autores (Delgado *et al.*, 2011).



En este sentido, se sugiere que el principal factor que influyó en el patrón de abundancia fue la heterogeneidad vegetal; el resultado obedece a que la diversificación de los sistemas productivos con otras especies vegetales mejora la abundancia de macroinvertebrados (Delgado *et al.*, 2011), aunque estos efectos también están condicionados por la aplicación de insecticidas y fertilizantes.

Las familias taxonómicas que presentaron la mayor abundancia en los tres sistemas fueron: Lumbricidae, Formicidae, Staphylinidae, Porcellionidae, Scarabaeidae y Ectobiidae. De igual manera, Rojas *et al.* (2021) encontraron que en la mayoría de la macrofauna hallada en sistemas cafeteros de Colombia dominan en abundancia las lombrices de tierra y las hormigas. Estas seis (6) familias representaron el 80,7% de los macroinvertebrados edáficos identificados en todo el estudio, mientras que los grupos de “Otros” correspondientes a 47 familias representaron el 19,3% de los grupos taxonómicos al presentar baja densidad en los sistemas evaluados (> 2%).

Sin embargo, tan sólo tres familias (Lumbricidae, Formicidae y Porcellionidae) de las más abundantes y tres de la categoría de “otros” (Forficulidae, Geophilidae y Polydesmidae) presentaron diferencias significativas ($p < 0,01$) evidenciando un uso potencial como bioindicadores de calidad de suelo y perturbaciones antrópicas en sistemas cafeteros. La abundancia de Lumbricidae presentó diferencias estadísticas significativas entre los sistemas evaluados, alcanzó mayor valor en el B.s, seguido del S.A.F.c y menor abundancia en M.c ($p < 0,01$) (Tabla 1). Este orden taxonómico se caracteriza por participar en la regulación de la dinámica de la materia orgánica y del ciclo biogeoquímico de los nutrientes, en la neutralización de las toxinas generadas por los productos agroquímicos y en la modificación de la estructura del suelo.

Por otro lado, las familias de Geophilidae, Polydesmidae y Porcellionidae fueron similares estadísticamente dentro de las mismas familias tanto en el S.A.F.c como en el M.c, no obstante, se encontraron diferencias significativas frente al B.s (Tabla 1), con $p < 0,031$, $p < 0,045$ y $p < 0,036$ respectivamente; lo anterior se debe a que estas familias requieren ambientes húmedos debido a su pérdida de agua, atributo que proporciona el B.s.



Respecto a la familia Formicidae presentó mayor abundancia en el S.A.F.c frente al M.c con encontrándose diferencias significativas entre sí ($p < 0,046$) (Tabla 1). La familia de Forficulidae presentó mayor abundancia en el B.s frente al M.c encontrándose diferencias significativas entre sí ($p < 0,001$) (Tabla 1); principalmente a que son organismos sensibles al uso del suelo debido que en muchas ocasiones viven en túneles profundos (Cabrera, 2011). El grupo Otros corresponde a los 47 grupos familias restantes que individualmente aportan menos del 2 % cada uno. La abundancia de individuos en S.A.F.c no presentó diferencias estadísticas con B.s, resultado similar presentó Delgado *et al.* (2011) en un sistema agroforestal de café con banano evidenciando que la macrofauna presente en los diferentes sistemas de uso del suelo está determinada por la disposición de recursos para su supervivencia y por la intensidad de las actividades agrícolas, lo que sugiere que los sistemas agroforestales con café pueden ser una opción viable para conservar la abundancia de macroinvertebrados edáficos.

Distribución vertical de la abundancia de macroinvertebrados en general y para cada sistema

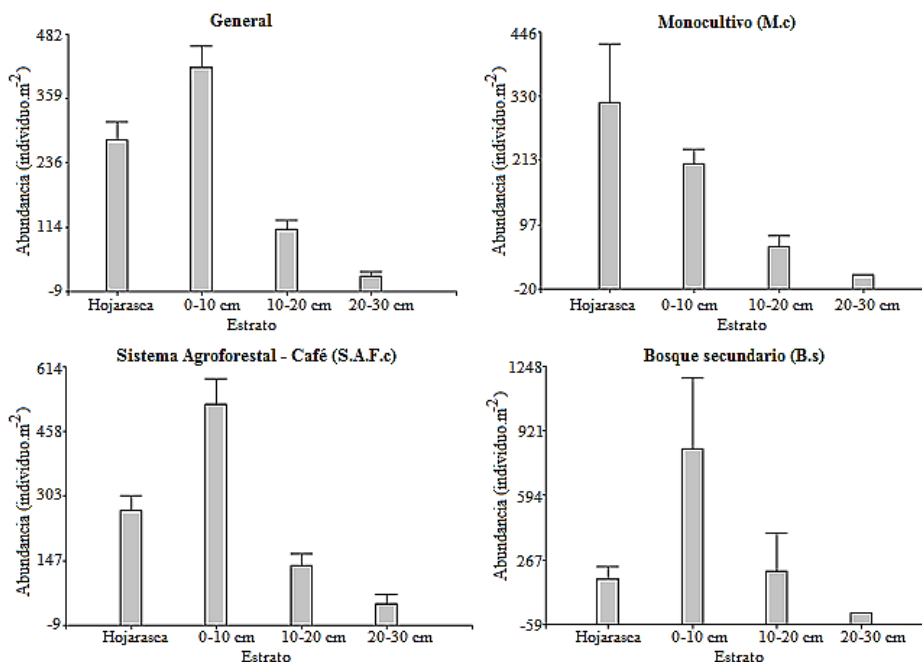


Fig. 3. - Distribución vertical de la macrofauna del suelo en bosque y sistemas productivos de café en Garzón, Huila



General.

La mayor abundancia se encontró en el estrato de 0-10 cm, con diferencias significativas respecto al estrato de hojarasca y demás profundidades (Figura 3); esto concuerda con los hallazgos de Olayemi *et al.* (2022) quienes establecen que la macrofauna se encuentra confinada en la parte superior, en los primeros centímetros del suelo. De igual manera se presentó diferencias significativas en la hojarasca con relación a las profundidades de 10-20 cm y 20-30 cm. Estos dos últimos estratos fueron estadísticamente similares entre sí.

M.c.

Se encontró mayor abundancia en el estrato de hojarasca debido, probablemente, al mayor aporte de hojarasca en la parte superficial incidiendo de esta manera en la formación de un hábitat más propicio para el desarrollo de estos organismos, sin embargo, es estadísticamente similar a la profundidad de 0-10 cm, no obstante, se presentó diferencia estadística significativa en hojarasca respecto a los estratos de 10-20 cm y 20-30 cm; también entre el estrato de 0-10 cm respecto al estrato de 20-30 cm (Figura 3). Esta disminución de macrofauna en los estratos profundos puede deberse que a medida que se profundiza en el perfil del suelo disminuyen la porosidad, el contenido de oxígeno y de materia orgánica que proporciona el hábitat y alimento (Vanolli *et al.*, 2023).

Lo anterior sustenta lo mencionado por Armbrrecht y Perfecto (2001), que el monocultivo de café es un caso ejemplar de cómo la intensificación de la agricultura afecta negativamente a la biodiversidad tropical, porque al reducir la presencia de los árboles de sombra se disminuye la fauna asociada a los cultivos. En parte, esto se explica por la disminución de la complejidad estructural del cultivo y, por tanto, de los nichos ecológicos de la fauna residente en él (Rodríguez *et al.*, 2019). En este contexto de simplificación, es posible estudiar cómo se afectan las relaciones interespecíficas entre los macroinvertebrados que habitan los agroecosistemas y cómo estas relaciones pueden favorecer o perjudicar los intereses del agricultor.

S.A.F.c.

Se encontró mayor abundancia en el estrato de 0-10 cm, presentándose diferencias estadísticas significativas con respecto al estrato de hojarasca y demás profundidades. De igual manera se presentaron diferencias significativas en la hojarasca con relación a las



profundidades de 10-20 cm y 20-30 cm, estas dos últimas profundidades a pesar de tener abundancias distintas fueron estadísticamente similares (Figura 3). Doblas (2009) señalan que una de las causas que conlleva a tener mayor presencia de organismos en los primeros estratos (superficial y 0-10 cm) se debe a la cantidad de materia orgánica debido a la cobertura vegetal la cual aporta biomasa y genera microhábitats favorables para la vida de la macrofauna. Duran *et al.* (2023), sugieren que la mayor complejidad estructural y composición botánica de los sistemas agroforestales promueven la riqueza y diversidad de la macrofauna edáfica al mejorar las condiciones físicas, el contenido de materia orgánica del suelo potenciando esta al mejorar sus procesos de agregación y porosidad.

B.s.

El estrato que presentó mayor abundancia fue 0-10 cm de profundidad (Figura 3). Este comportamiento puede estar relacionado con el suelo que se forma por la adición de hojarasca, además, la presencia del árbol en los sistemas hace que las temperaturas y el impacto de la lluvia disminuyan en comparación a los terrenos abiertos, constituyéndose en alternativas para lograr la colonización (Lavelle *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

La abundancia y distribución de la macrofauna edáfica son atributos altamente sensibles cuando se sustituye el bosque por sistemas de producción de café. Sin embargo, la implementación del cultivo de café en sistemas agroforestales emerge como una estrategia importante para la conservación de estos organismos.

Las familias más abundantes (Lumbricidae, Formicidae y Porcellionidae) y menos abundantes (Forficulidae, Geophilidae y Polydesmidae) presentan una alta susceptibilidad a los cambios de coberturas en los sistemas.

En el sistema agroforestal de café, se observa la mayor diversidad de macroinvertebrados en los primeros 10 cm de suelo, mientras que en el monocultivo se encuentra la mayor diversidad en la hojarasca.



_en_CubaEvaluation_of_the_macrofauna_as_indicator_of_the_health_status_in_se
ven_land_use_systems_in_.

CABRERA, G., ROBAINA, N. y PONCE DE LEÓN, D., 2011. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes* [en línea], vol. 34, no. 3, Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269121083008.pdf>.

CAMPERA, M., BUDIADI, B., BUŠINA, T., FATHONI, B., DERMODY, J., NIJMAN, V., IMRON, M. y NEKARIS, K.A., 2022. Abundance and richness of invertebrates in shade-grown versus sun-exposed coffee home gardens in Indonesia. *Agroforestry Systems* [en línea], vol. 96, no. 5-6, DOI 10.1007/s10457-022-00744-9. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/360606929_Abundance_and_richness_of_invertebrates_in_shade-grown_versus_sun-exposed_coffee_home_gardens_in_Indonesia.

CERQUERA LOSADA, Ó.H., PÉREZ GÓMEZ, V.H. y SIERRA CHAVARRO, J., 2020. Análisis de la competitividad de las exportaciones del café del Huila. *Tendencias* [en línea], vol. 21, no. 2, [consulta: 12 junio 2023]. ISSN 0124-8693, 2539-0554. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7646596>.

DELGADO MIRANDA, G., BURBANO, A. y SILVA PARRA, A., 2011. Evaluación de la macrofauna del suelo asociada a diferentes sistemas con café *Coffea arabica* L. *Revista de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol. 28, no. 1, [consulta: 12 junio 2023]. ISSN 2256-2273, 0120-0135. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5104119>.

DOBLAS MIRANDA, E., SÁNCHEZ PIÑERO, F. y GONZÁLEZ MEGÍAS, A., 2009. Vertical distribution of soil macrofauna in an arid ecosystem: Are litter and belowground compartmentalized habitats? *Pedobiologia* [en línea], vol. 52, no. 6, [consulta: 12 junio 2023]. ISSN 0031-4056. DOI 10.1016/j.pedobi.2008.11.006. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031405609000043>.



DURAN, B. E.H., ANGEL, S. Y.K., BERMÚDEZ, M.F. y SUÁREZ, J.C., 2023. Agroforestry systems generate changes in soil macrofauna and soil physical quality relationship in the northwestern Colombian Amazon. *Agroforest Syst* 97, 927–938. <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00838-y>

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 1994. Estudio General de suelos del Departamento del Huila, Santafé de Bogotá.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI., 2014. Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Caquetá, escala 1.100.000. Bogotá. 410p.

LAVELLE, P., MATHIEU, J., SPAIN, A., BROWN, G., FRAGOSO, C., LAPIED, E., DE AQUINO, A., BAROIS, I., BARRIOS, E., BARROS, M. E., BEDANO, J. C., BLANCHART, E., CAULFIELD, M., CHAGUEZA, Y., DAI, J., DECAËNS, T., DOMINGUEZ, A., DOMINGUEZ, Y., FEIJOO, A., ... SUPP, S., 2022. Soil macroinvertebrate communities: A world-wide assessment. *Global Ecology and Biogeography*, 31, 1261–1276. <https://doi.org/10.1111/geb.13492>

OLAYEMI, P.O., SCHNEEKLOTH, J. P., WALLENSTEIN, M.D., TRIVEDI, P., CALDERÓN, F.J., CORWIN, J. y FONTE, S. J., 2022. Soil macrofauna and microbial communities respond in similar ways to management drivers in an irrigated maize system of Colorado (USA), *Applied Soil Ecology*, Volume 178. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104562>.

ROBAINA RODRÍGUEZ, N., MÁRQUEZ, S.M. y RESTREPO, L.F., 2019. The edaphic macrofauna in three components of the coffee plant arrangement associated with different management typologies, Antioquia, Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* [en línea], vol. 51, no. 2, Disponible en: <https://bibliotecas.uncuyo.edu.ar/explorador3/Record/I11-R107article-2597/Description#tabnav>.



