

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

DOI 10.47864/SE(53)2023p18-25_170

Sociedad Colombiana
de la Ciencia del Suelo
LOMBRICES (Annelida: Oligochaeta) Y SU RELACIÓN CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO BAJO CAFE, BOSQUE Y BARBECHO

 Ramiro Ramírez Pisco¹, Alexander Antonio Ramírez Franco², Andrés Mauricio Otalvaro Duque², Edna Ivonne Leiva Rojas³

1. Profesor Asociado,
Escuela de Geociencias,
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional
Sede Medellín. ✉
rramirez@unal.edu.co
2. Ingeniero Agrónomo,
Universidad Nacional de
Colombia Sede
Medellín
3. Profesora Asociada,
Departamento de
Ciencias Agronómicas,
Facultad de Ciencias
Agrarias
Universidad Nacional
Sede Medellín.

PALABRAS**CLAVES:**

Cobertura vegetal,
diversidad,
oligoquetos,
propiedades físicas
del suelo.

RESUMEN

Durante la continua actividad de las lombrices de tierra al interior del suelo, se generan galerías, macroporos y turriculos, que modifican su funcionamiento, en donde se incrementa la aireación y el almacenamiento de agua, esto repercute en el desarrollo de las raíces de las plantas y de otros organismos. Con el propósito de identificar la relación entre la presencia de lombrices y los cambios físicos ocurridos en el medio edáfico, se seleccionaron tres condiciones de manejo del suelo entre ellos bajo cultivo de café, de bosque y en barbecho, en el municipio de Envigado (Antioquia, Colombia). En el suelo se evaluó: densidad aparente, conductividad hidráulica, resistencia a la penetración (impedancia mecánica) y estabilidad de los agregados, a las lombrices se les determinó el número de individuos, el peso y su longitud, evidenciando diferencia significativas en cada una de estas variables, tanto con el manejo como en profundidad, es así como, en café en los primeros 10 cm de profundidad se alojó el mayor número de individuos. Mientras que en el bosque de 10 a -20 cm se presentaron los de mayor tamaño y peso. Además, este estudio halló la especie Martiodrilus (Martiodrilus) heterostichon (Schmarda, 1861), con ejemplares que superaban los 40 cm de longitud y 2 cm de diámetro aún en estado inmaduro. La mayoría de las lombrices halladas son epigeas y endogeas. Las características físicas del suelo no evidenciaron diferencias significativas. Los grupos carboxílicos fueron la fracción ionizable predominante en comparación con los grupos fenólicos y alcohólicos. Se obtuvo dos fracciones a través del sephadex: una correspondiente a moléculas con peso molecular superior a 50000 daltons y otra que comprende moléculas con tamaño molecular en un rango de 1000 a 50000 daltons

Earthworms (Annelida: Oligochaeta) and its relationship with soil physical properties under coffee, forest and fallow
KEY WORDS:

Plant cover, diversity,
oligochaetes,
physical properties of
the soil.

ABSTRACT

During the continuous activity of earthworms inside the soil, galleries, macropores, and turricules are generated, and affect soil processes, where aeration and water storage are increased, this has an impact on the development of plant roots. and other organizations. Three soil management conditions were selected to identify the relationship between the presence of worms and the physical changes that occurred in the soil environment, including coffee cultivation, forest, and fallow, in the municipality of Envigado (Antioquia). , Colombia). In the soil, the following were evaluated: apparent density, hydraulic conductivity, resistance to penetration (mechanical impedance), and stability of the aggregates. The number of individuals, weight and length were determined for the worms, showing significant differences in each of them. These variables, both with management and depth, is how, in coffee, the largest number of individuals were housed in the first 10 cm of depth. While in the forest from 10 to -20 cm the largest size and weight were present. Additionally, this study found the species Martiodrilus (Martiodrilus) heterostichon (Schmarda, 1861), with specimens exceeding 40 cm in length and 2 cm in diameter even in an immature state. Most of the worms found are epigeous and endogeas. The physical characteristics of the soil did not show significant differences.

Rec : 09/11/2023

Acep : 05/12/2023

INTRODUCCIÓN

Las lombrices de tierra junto a otros
macroinvertebrados conforman un grupo que muchos



autores han denominado “los ingenieros del suelo”, ya que causan importantes modificaciones físicas en él (galerías, hoyos y depósitos de excrementos) modificando el ambiente para otros organismos y alterando la disponibilidad de hábitats y alimentos para otros animales y las plantas (Lavelle 1997, Brown et al. 2000).

Estos organismos tienen la capacidad de habitar la mayoría de los suelos. Cambios en éste y en la cobertura vegetal producen modificaciones en la diversidad de especies, número, biomasa, niveles de actividad y migraciones en el perfil del suelo de las lombrices de tierra. (Mather y Christensen, 1988)

Varios autores coinciden en que el régimen de humedad y la temperatura son los principales factores ambientales que determinan la distribución y abundancia de las lombrices de tierra. (Andersen, 1987; Scullion y Ramshaw, 1987; Lal, 1988; Terhivuo 1989). Otros factores determinantes en esta distribución son el contenido de materia orgánica del suelo (Satchell, 1967; Ljungstrom et al., 1972,1973; Calvin y Díaz, 1985; Momo et al., 1993; Terhivuo 1989), el laboreo y la vegetación (Ramírez et al., 2016. Lee, 1985. Lal, 1988. Doston y Kalisz, 1989).

Satchel (1967) y posteriormente confirmado por Fragoso (1985), indicaron la importancia de la vegetación sobre las lombrices de tierra y discrepan los diferentes efectos de la cobertura vegetal, encontrando correlaciones negativas entre el contenido de polifenoles de las hojas y el número de lombrices. Westernacher y Graff 1987, estudiaron el efecto de varios cultivos sobre el hábitat de las lombrices y encontraron que existe migración de las mismas desde suelos desnudos hacia ambientes vegetados, especialmente cuando las plantas producen aumento en la materia orgánica del suelo.

Rombke 1987, marca la importancia de la vegetación, tanto la hojarasca como las raíces como alimento, al igual que Lavelle et al. (1989) opinan que la vegetación es importante para las lombrices por su valor energético que modifica la tasa de crecimiento de éstos organismos y su posibilidad de dejar descendencia: Andersen (1987) midió la velocidad de crecimiento de lombrices con hojarasca de distintos árboles como sustrato.

También se da la controversia sobre si las lombrices aportan beneficios al suelo o si por el contrario ellas solo están presentes en suelos de calidad, se da el caso que existen suelos sanos donde no están presentes las lombrices (Tomlin et al. 1995; Shipitalo y Gibbs 2000). A pesar del aumento de la literatura científica sobre las lombrices, aún falta mucho por saber sobre su biología y ecología (Edwards y Bohlen 1992, Lee 1985). Por esta razón, se hace necesario, promover el estudio de

estos invertebrados que de una u otra forma siempre estarán relacionados con la agricultura.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se adelantó en el Municipio de Envigado a los 6° 9' 25.815''N y -75° 35' 34.751'' W, ubicado al Sudeste de la ciudad de Medellín, en la parte noroccidental de la Cordillera Central de los Andes colombianos. Los sistemas estudiados correspondieron a cultivo de café, barbecho (una zona no intervenida luego de la producción de café) y bosque (Figura 1).

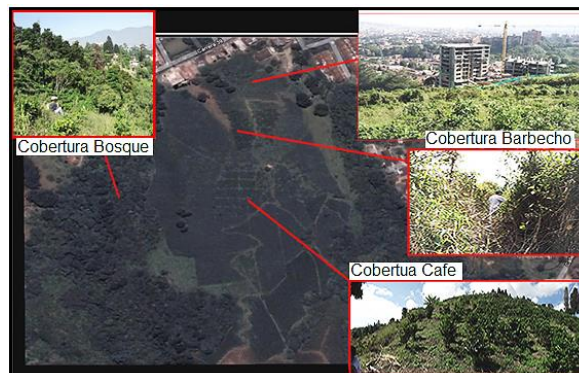


Figura 1: Caracterización de los sitios de muestreo. (A) Cobertura de café, (B) Cobertura de barbecho y (C) Cobertura de bosque

El diseño experimental fue de parcelas con muestreo completamente aleatorizado. Los muestreos se realizaron en forma de zig-zag, (Fig. 2). Para la extracción de los individuos se empleó el método estándar propuesto por el Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) con monolito de 30x30x30cm, dividido en tres estratos de 0-10cm, 10-20cm y 20-30cm de profundidad. Posteriormente se cuantificó la abundancia (número de individuos) y la biomasa (gramos de peso fresco y la longitud de los individuos). Se realizó un muestreo inicial y otro luego de 40 días, cada uno con tres repeticiones.



Figura 2: Área y sitios de muestreo (Municipio de Envigado-Antioquia). (A) Cobertura de café, (B) Cobertura de barbecho y (C) Cobertura de bosque

Se determinó en las profundidades de 0-10 cm, 10 a 20 cm y de 20 a 30 cm conductividad hidráulica, densidad aparente, resistencia a la penetración y estabilidad estructural de 0 a 10 cm (IGAC, 2004).

Una vez separado cada estrato del monolito, se procedió a la extracción de las lombrices de forma manual, luego fueron fijados en una solución de formaldehído al 4% para conservarlas y posteriormente llevarlas al laboratorio.

Después de 15 a 20 días las lombrices se transfirieron a alcohol al 70% y se almacenaron en recipientes viales. Finalmente se empacó en una caja el material de investigación, se hizo el registro de la colecta y se envió a la Universidad Tecnológica de Pereira al Doctor Alexander Feijoo Martínez para la identificación de los individuos.

Para el análisis estadístico de los datos se procedió a calcular el promedio del peso y longitud de los individuos en los muestreos y posteriormente se elaboró la matriz con los datos para el programa computacional.

Se realizó análisis de varianza de diversidad de Oligoquetos, para la comparación de medias se utilizó el Test de Duncan con $p < 0,05$, empleando para esto el programa SAS®.

RESULTADOS Y DISCUSION

Población de Oligoquetos

Se colectaron un total de 370 lombrices en las coberturas de café, bosque y barbecho, la mayoría de especies encontradas en la cobertura de bosque se agruparon en la familia Glossoscolecidae (Martiodrilus) (Fig. 5), los individuos de las coberturas de café y barbecho se agruparon en desconocido por presentar estructuras poco visibles o por no haber encontrado adultos (Fig. 3), la prevalencia de individuos inmaduros puede presentarse porque los cambios en el suelo provocados por el uso agrícola retardan la maduración de los individuos (Lemiti et al., 2014). La mayoría de lombrices se agruparon en las categorías ecológicas epigeas y endogeas, estas habitan en la capa de 0-20 cm en todas las coberturas vegetales con una distribución promedio vertical a 7,5 cm de profundidad que por lo general ocupan la rizosfera a 5 cm de profundidad del suelo (Feijoo et al, 2007) y una pequeña parte clasificada como anecicas presentes en la cobertura de bosque.

Respecto a la cantidad de individuos en las coberturas, se presentó de mayor a menor número en la siguiente forma; Café > Barbecho > Bosque. En relación con las capas del suelo, predominó mayor cantidad de individuos en las capas de 0-10 cm y 10-20 cm en todas las zonas muestreadas, siendo mínima la presencia de individuos en la capa de 20-30 cm.

La abundancia fue mayor en el cafetal en la profundidad de 0-10 cm del primer muestreo (día 0) con un total de 22 lombrices (Fig. 4) presentando una diferencia altamente significativa ($p < 0,05$ con una confiabilidad del 95%) respecto a las condiciones de bosque y barbecho, en la capa de 10-20 cm se colectaron solamente 2 individuos y de 20-30 cm no se encontró. Los números más bajos se encontraron en el segundo muestreo (día 40) de la cobertura de bosque con menos de 3 individuos.

La producción agrícola intensiva son algunas de las actividades que afectan a la biodiversidad de los suelos. Pero el nivel de mortalidad de la edafofauna directamente está asociada con el laboreo del suelo, depende tanto de la severidad y frecuencia de la perturbación como de las prácticas de producción (Lee, 1987; Rovira et al, 1987; Curry et al., 2008) respecto a las poblaciones de lombrices se ha concluido que la estructura de la diversidad está determinada por la perturbación antrópica (Masin et al., 2018, Ramírez et al., 2013).

Los resultados encontrados de mayor diversidad en la cobertura de café, muestran que el sistema de producción del café en Colombia de cero labranza con condiciones topográficas del terreno con pendientes mayores al 50% que impiden la mecanización y controlan la erosión, hacen que la perturbación del suelo sea menor y permite la conservación de las lombrices (Masin et al, 2018). Los cultivos de café a su vez ha permitido la formación de islas biogeográficas o refugios críticos, que hacen necesario comprender los diferentes modelos surgidos a partir de la transformación del paisaje (Feijoo et al, 2007).



Figura 3. Individuos colectados en las coberturas de café y barbecho.

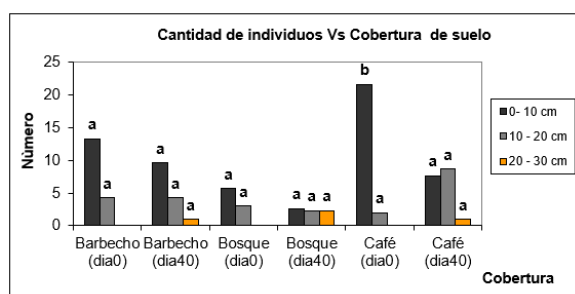


Figura 4. Número de individuos en las coberturas de Café, Bosque y Barbecho en profundidades de 0-10cm; 10-20cm y 20-30cm del suelo, para el primer día de muestreo (t0) y a los 15 días (t15) en el municipio de Envigado, Antioquia. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En cuanto a la biomasa peso y longitud de las lombrices (Fig. 6 y 7) se encontraron diferencias altamente significativas entre las coberturas ($p < 0,05$ con un 95% de confianza) con altos valores en la capa de 10-20 cm en el bosque. Estas variables están asociadas principalmente con el tamaño de la especie identificada *Martiodrilus* (*Martiodrilus*) *heterostichon* (Schmarda, 1861) (Fig. 5), de la familia Glossoscolecidae, esta familia endémica de la región andina, pero se distribuye desde México y el Caribe hasta las riberas del río Sama en la frontera entre Perú y Chile con diversas especies y tamaños (Righi, 1972, Feijoo y Quintero, 2002).

Los ambientes de bosque primario o secundario, cultivos multiestrata con sombra y cobertura superficial albergan muchas especies nativas y peregrinas de la familia Glossoscolecidae, como la *Martiodrilus* agrícola, *Martiodrilus* (*Botaria*) *euzonus*, M. (B) *bicolor*, M. (*Martiodrilus*) *heterostichon* y *Maipure* *ecuadoriensis* que están en la categoría de especies nativas peregrinas y se hallaron en las tres coberturas estudiadas, se ha evaluado que se mueven en varios sistemas vegetales que se distribuyen a la largo de la Cordillera de los Andes en Colombia y Ecuador (Feijoo y Quintero, 2002, Feijoo et al., 2004).

El género *Martiodrilus*, con 22 especies, ocupa la mayor diversidad de ambientes y gradientes altitudinales, desde selvas y pastizales en el páramo (M. sp 1 y M. (*Martiodrilus*) *heterostichon*) hasta sistemas de cultivo (M. agrícola y M. (B.) *euzonus*). Tres especies (M. (C.) *columbianus*, M. *olivaceus* y M. *psikakao*) son de gran tamaño y se han encontrado por encima de los 1600 m. de altitud en selvas o paramos de la Cordillera Central; otras especies de gran tamaño (50 – 120 cm), aún no determinadas, se colectaron en los departamentos del Valle, Caldas, Caquetá, Putumayo y Nariño a orillas de los cursos bajos de los ríos (50 y 300 m.s.n.m.), o por encima de los 2500 m.s.n.m. (Feijoo et al. 2004)

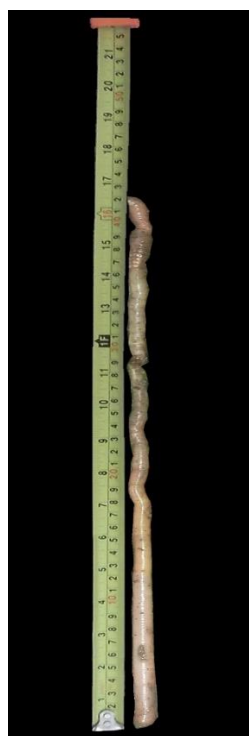


Figura 5. Fotografía de *Martiodrilus* (*Martiodrilus*) *heterostichon* (Schmarda, 1861) colectada en cobertura de bosque. Longitud: 42 cm.

La especie *Martiodrilus* (*Martiodrilus*) *heterostichon* (Schmarda, 1861) es endémica para Colombia y Ecuador, dentro de las categorías ecológicas es considerada como endoanécica, se puede localizar desde 10 hasta 70 cm de profundidad, presenta pocos pigmentos corporales por el gran tamaño de los septos o tabiques en el interior del cuerpo, y posiblemente esto explica parte de las razones de su tamaño corporal (Fig. 5). (Feijoo et al. 2004,)

Respecto a la diversidad (número de individuos) y la biomasa (peso y longitud), la especie nativa encontrada en la cobertura de bosque puede explicar la dinámica poblacional de las lombrices en las coberturas de café, bosque y barbecho. Los suelos que se encuentran con coberturas de bosque albergan mayor cantidad de especies además de las especies nativas, debido a que no presenta una intervención antrópica lo que ha permitido que las lombrices tengan una mayor longevidad reflejado en la colecta con una mayor cantidad de individuos en estado adulto (presencia del clitelo), también en un mayor peso y longitud de los mismos (Fig. 5).

Por el contrario los suelos con coberturas vegetales de café y barbecho mostraron individuos de menor peso y longitud pero un mayor número de individuos (Fig. 3), estos sistemas a pesar de la perturbación y de su fragilidad por ser montañosos con mayor susceptibilidad a la degradación antropogénica, el manejo tradicional de perennes, pastizales y cafetales

hace que estos ambientes sean propicios para la conservación de la biodiversidad, la recolonización y la multiplicación natural de las especies y, además han permitido la formación de islas biogeográficas o refugios críticos, que hacen necesario comprender los diferentes modelos surgidos a partir de la transformación del paisaje (Feijoo et al., 2007).

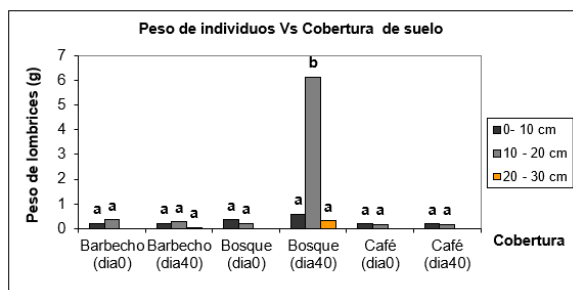


Figura 6. Peso de los individuos en las coberturas de Café, Bosque y Barbecho en profundidades de 0-10cm; 10-20cm y 20-30cm del suelo, para el primer día de muestreo (t0) y a los 15 días (t15) en el municipio de Envigado, Antioquia. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

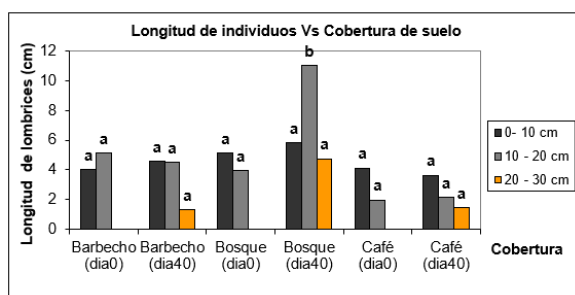


Figura 7. Longitud de los individuos en las coberturas de Café, Bosque y Barbecho en profundidades de 0-10cm; 10-20cm y 20-30cm del suelo, para el primer día de muestreo (t0) y a los 15 días (t15) en el municipio de Envigado, Antioquia. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Evaluación de las propiedades físicas del suelo

Las pruebas realizadas para la Densidad aparente (Da) no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las coberturas de café, bosque y barbecho, pero es notorio que en el suelo de bosque es menor la densidad que la de cultivo de café, también se puede apreciar una tendencia de aumento de Da a medida que se profundiza en el suelo (Fig. 8), lo que implica una disminución del espacio poroso.

Las pruebas de Conductividad hidráulica, no arrojaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las coberturas, aunque se observa una mayor movilidad del agua en los suelos con actividad agrícola de café (Fig. 9), en este sentido hay reporte de especies de la familia

Glossoscolecidae, que están asociadas al movimiento hídrico en los suelos laboreados (Gutiérrez-Sarmiento y Cardona, 2014), como en este caso que se halló mayor abundancia de individuos en el suelo agrícola con café. En las capas de 0-10 y 10-20 cm del suelo cultivado con café se encontró la mayor cantidad de lombrices epigeas, entonces se puede asociar que la acción del movimiento de estos especímenes en la búsqueda de alimento entre y dentro de las capas del suelo, facilite el movimiento del flujo del agua a través de estas capas (Lee 1985), por lo que hay mayor conductividad hidráulica en esta cobertura (Fig. 9).

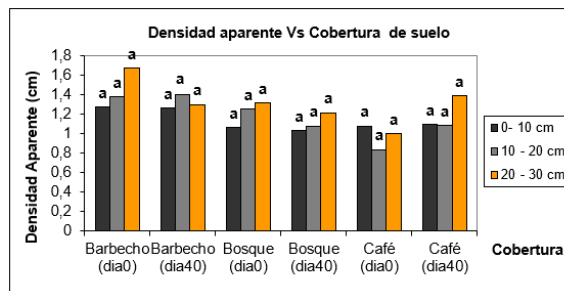


Figura 8. Densidad aparente en las coberturas de Café, Bosque y Barbecho en profundidades de 0-10cm; 10-20cm y 20-30cm del suelo, para el primer día de muestreo (t0) y a los 15 días (t15) en el municipio de Envigado, Antioquia. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

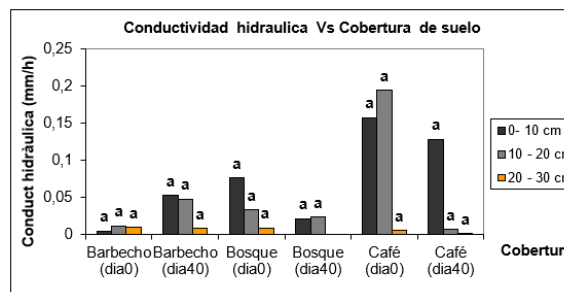


Figura 9. Conductividad Hidráulica en las coberturas de Café, Bosque y Barbecho en profundidades de 0-10cm; 10-20cm y 20-30cm del suelo, para el primer día de muestreo (t0) y a los 15 días (t15) en el municipio de Envigado, Antioquia. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La resistencia a la penetración presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las coberturas, con valores más altos en el barbecho, mayores a 4 Kg cm⁻², en cambio la de menor resistencia fue el bosque menor de 2,5 Kg cm⁻², sin diferencias entre las capas en estos dos sistemas, comparativamente diferente al cultivo de café donde hubo menor resistencia en la capa superficial de 0-10 cm y mayor en la de 10-20 cm, puede presentarse este endurecimiento sub-superficial por la labranza y el pisoteo (Fig. 10),

El diámetro medio ponderado en húmedo (DMPH) (Fig. 11) no arroja diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las diferentes coberturas, por otro lado los valores de DMPH para barbecho se encuentran entre 3,5 y 4,4 mm; en bosque entre 3,5 y 4 mm; y para Café entre 2,6 y 4 mm. Se puede calificar a bosque y barbecho como una estructura estable y a la de cultivo de café como moderadamente estable, según la tabla para clasificación de la Estabilidad Estructural del IGAC (1990),

La estabilidad estructural juega un papel importante en la relaciones suelo-agua-planta-atmosfera, dado que tiene relación con el espacio poroso, que son características susceptibles de modificarse con las labores agrícolas, en este sentido es recomendable que el suelo del cultivo de café tenga una labranza mínima para disminuir el efecto sobre su estabilidad moderada, de lo contrario puede provocarse un daño representativo a la estructura pasaría a ser inestable y fácilmente erosionable por las lluvias (Ramírez, 2016).

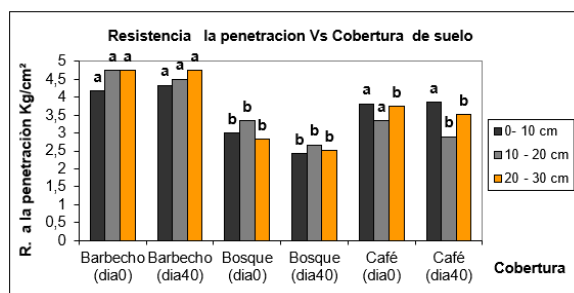


Figura 10. Resistencia a la penetración en las coberturas de Café, Bosque y Barbecho en profundidades de 0-10cm; 10-20cm y 20-30cm del suelo, para el primer día de muestreo (t0) y a los 15 días (t15) en el municipio de Envigado, Antioquia. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

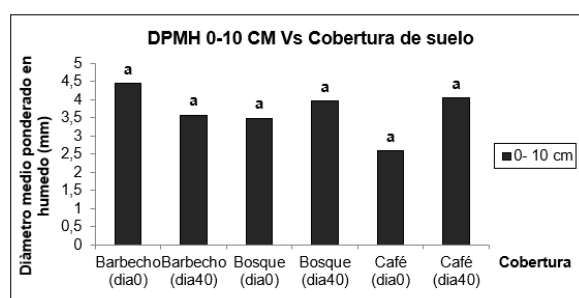


Figura 11. Diámetro medio ponderado en las coberturas de Café, Bosque y Barbecho en profundidad de 0-10cm del suelo, para el primer día de muestreo (t0) y a los 15 días (t15) en el municipio de Envigado, Antioquia. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el suelo de barbecho la estabilidad estructural fue mejorada al abandonar las labores de producción

cafetera, que permitieron la recolonización del suelo con las especies de lombrices locales, ya que con un mayor número de individuos generaron un proceso de recuperación del suelo con la construcción de galerías, túriculos, y formación de agregados (Ramírez y Guzman, 2013) así se puede decir que actúa como indicadores biológicos de los cambios en los sistemas de uso edáfico (Lemiti et al., 2014; Ramírez et al. 2011, Feijoo et al., 2006))

Las lombrices de tierra influyen en la estructura física del suelo con la producción de agregados órgano-minerales en sus excretas, que posiblemente son los que forman en el cultivo de café, que son inestables cuando están frescos pero, una vez secos son más estables que los agregados del suelo circundante. Así mismo el tamaño de los agregados en las excretas, determina en gran medida, los efectos causados en la estructura del suelo (Ramírez et al, 2013. Blanchart et al, 1993; Shipitalo y Protz, 1989).

Es posible que en el suelo cafetero, con mayor número de individuos, las lombrices de tierra formen diferentes escalas de porosidad, macroporos (> 1 mm) en las redes de madrigueras que actúan como trayectorias de flujos preferenciales (Bouche y Al-Addan, 1997; Trojan y Linden, 1998), relacionadas con la mayor conductividad hidráulica. En una escala más pequeña, estos especímenes modifican el espacio de los poros entre partículas minerales y orgánicas, es decir, la microporosidad y la estabilidad estructural del suelo (Shipitalo y Protz, 1989; Blanchart et al, 1993; Chauvel et al, 1999), que lo hace moderadamente inestable.

CONCLUSIONES

- La mayor cantidad de lombrices se presentó en la capa superficial de 0-10 cm de suelo con cultivo de café y disminuyó con la profundidad, presentando diferencias significativas con el bosque y el barbecho. La mayor biomasa (peso) y longitud de lombrices se encontró en la capa de 10-20 cm en el bosque.
- La densidad aparente, la conductividad hidráulica y la estabilidad estructural no presentaron diferencias entre las coberturas de café, bosque y barbecho.
- La resistencia a la penetración fue significativamente mayor en el barbecho, menor en el bosque y en el cultivo de café en la primera capa de 0-10 cm.
- Las poblaciones de lombrices de tierra modifican algunas propiedades físicas del suelo, como la resistencia y la porosidad. Así mismo la modificación del uso del suelo afecta las características de los individuos, como su tamaño, su peso y su madurez.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSEN N.C. 1987. Investigation of the ecology of earthworms (Lumbricidae) in arable soil. Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.

- BLANCHART, E., A. BRUAND y P. LAVELLE. 1993. The physical structure of casts of *Millosonia anomala* (Oligochaeta: Megascolecidae) in shrub savanna soils (Côte d'Ivoire). *Geoderma* 56, 119–132.
- BOUCHE', M.B. y F. AL-ADDAN. 1997. Earthworms, water infiltration and soil stability: some new assessments. *Soil Biology & Biochemistry* 29.
- BROWN, G.G., I. BAROIS y P. LAVELLE. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edafic functional domains. *Europe Journal of Soil Biology* 36.
- CALVIN E.B y D.J. DÍAZ-COSIN, 1985. Earthworms Tambre Valley (Galicia, Spain). Relationship between soil factors. *Revue Ecologie et Biologie du Sol* 22.
- CHAUVEL, A., M. GRIMALDI, E. BARRO, E. BLANCHART, T. DESJARDINS, M. SARRAZIN y P. LAVELLE. 1999. An Amazonian earthworm compacts more than a bulldozer. *Nature* 398, 32–33
- CURRY, JP; P. DOHERTY; G. PURVIS y O. SCHMIDT. 2008. Relationships between earthworm populations and management intensity in cattle-grazed pastures in Ireland. *Applied Soil Ecology* 39: 58-64.
- DOSTON D.B y P.J. KALISZ. 1989. Characteristics and ecological relationship of earthworm assemblages in undisturbed forest soils in the southern Appalachians of Kentucky, USA. *Pedobiology* 33.
- EDWARDS, C.A. y P.J. BOHLEN. 1992. Effects of toxic chemicals on Earthworm. *Reviews of environmental contamination and toxicology*. 125: 23-99.
- FEIJOO A., M. ZUÑIGA, H. QUINTERO y P. LAVELLE. 2007. Relaciones entre el uso de la tierra y las comunidades de lombrices en la cuenca del río La Vieja, Colombia. Publicado en *Revista Pastos y Forrajes*, Vol. 30, No. 2.
- FEIJOO, M. A., H. QUINTERO., C. FRAGOSO. 2006. Earthworm Communities in Forest and Pastures of the Colombian Andes. 2006. *Caribbean Journal of Science* Vol 42 (3): 301-310
- FEIJOO, M. A., H. QUINTERO., C. FRAGOSO y A. MORENO. 2004. Patrón de distribución y listado de especies de las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) en Colombia. *Acta Zoologica Mexicana*, año/vol. 20, numero 002. Xalapa, México. pp. 197-220.
- FEIJOO, M. A. y H. QUINTERO. 2002. Las lombrices de tierra: recursos de uso potencial en la fertilidad del suelo en Colombia. *Rev. Scientia et Techne*, 7 (18): 117-122.
- FRAGOSO C. 1985. General ecology earthworms of the region Boca Del Chajul, Lacandona Jungle, Chiapas. Doctoral Thesis. Autonomous University of Mexico (UNAM).
- GUTIÉRREZ-SARMIENTO, M.C y CARDONA C.M. 2014. Caracterización ecológica de las lombrices (*Pontoscolex corethrurus*) como bioindicadoras de suelos compactados bajo condiciones de alta humedad del suelo con diferentes coberturas vegetales (Zipacón, Cundinamarca). *Revista Científica*, vol 19(2):41-55
- IGAC. 1990. Métodos analíticos del Laboratorio de Suelos.
- LAL R. 1988. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agricultural Ecosystems and Environment* 24.
- LAVELLE P., I. BAROIS., A. MARTIN., Z. ZAIDI y R. SCHAEFER. 1989. Management of earthworm populations in Agro-ecosystem. A possible way to maintain soil quality. En: Charholm M y Bergstrom K. *ecology of arable lands*. Kluwer, Dordrecht.
- LEE K.E. 1985. Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, North Ryde.
- LEE, KE. 1987. Peregrine species of earthworms. In: AM Bonvicini and P Omodeo (eds.). *On Earthworms Selected Symposia and Monographs U. Z. I., 2, Mucchi, Modena, Italy*: 315-328.
- LEMTIRI, A.; COLINET, G.; ALABI, T.; CLUZEAU, D.; ZIRBES, L.; HAUBRUGE, E.; FRANCIS, F. . 2014. Impacts of earthworms on soil components and dynamics. A review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 18(1):121-133.
- LJUNGSTROM, P.O., J. ORELLANA y J. PRIANO. 1973. Influence of some edaphic factors on earthworms distribution in Santa Fe Province (Argentina). *Pedobiology* 13.
- LJUNGSTROM P.O., J. PRIANO y J. ORELLANA. 1972. Relationships between earthworms and soil composition. *Journal of the Association of coastal natural sciences* 3..
- MASIN, C.E. MOMO, F.R. ZALAZAR, C.S. y RODRIGUEZ, AR. 2018. Conocimiento actual sobre riqueza y distribución de lombrices de tierra en la provincia de Santa Fé, Argentina. *Revista de Biología*

Tropical, Vol. 66 (3):1171
[/span>](https://link.gale.com/apps/doc/A552969964/HRCA?u=anon~f69ef972&sid=googleScholar&xid=fd409531

<a href=)

MATHER J.G. y O. CHRISTENSEN. 1988. Surface movements of earthworm in agriculture land. *Pedobiology* 32.

MOMO F.R, C.M. GIOVANETTI y L. MALACALZA. 1993. Relationship between the abundance of different species of earthworms (Annelida, Oligochaeta) and some physiochemical parameters in a typical soil Pampean steppe. *Ecology Austral* 3.

RAMIREZ, R. 2016. Fertilidad integral. Actualización de la fertilidad del suelo En: Colombia ISBN: 978-958-8598-13-0 ed: Sociedad colombiana de la ciencia del suelo, p.41 - 56 ,2016

RAMÍREZ, R, GUZMAN, M.E. LEIVA, R. 2013. Dinámica de las poblaciones de lombrices en un andisol sometido a distintos sistemas de uso del suelo. *Revista Facultad de Agronomía* 66(2): 7045-7055.

RAMÍREZ R., S. PAREJA., F. ARTUNDUAGA., J. QUIROZ y E. LEIVA. 2011. Los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Suelo en Cultivos de Mora, Pasto y Aguacate. *Revista Facultad Nacional Agronomia. Medellín* 64(1):5793-5802.

RIGUI, H. 1972. Bionomic consideration upon the Glossoscolecidae (Oligochaeta). *Pedobiología*, 12: 254-260.

ROMBKE, J. 1987. Population dynamics of earthworms in a moder soil beech forest. En: Bonvicini Pagliai AMyP Omodeo (Eds) *Earthworms. Selected Symposia and Monographs*. Mucchi, Modena.

ROVIRA A.D., K.R.J. SMETTEM y K.E. LEE. 1987. Effects of rotation and conservation tillage on earthworms in a Red-brown earth under wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 38: 829-834.

SATCHEL. J.E., 1967. Lumbricidae. En: Burges A y F Raw (Eds) *Soil Biology*. Academic Press, London.

SCULLION. J. y G. RAMSHAW. 1987. Effects of various manorial treatments on earthworm's activity in grassland. *Biological Agriculture and Horticulture* 4.

SHIPITALO. M.J y R. PROTZ. 1989. Chemistry and micromorphology of aggregation in earthworm casts. *Geoderma* 45, 357–374.

SHIPITALO. M.J y F. GIBBS. 2000. Potential of Earthworms burrows to transmit it injected

animal wastes to tail drains. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 64 (6).

TERHIVUO. J., 1989. The lumbricidae (oligochaete) of southern Finland: species assemblages, numbers, biomass and respiration. *Annals Zoologici Fennici* 26.

TOMLIN, A.D., M.J. SHIPITALO., W.M. EDWARDS., y R. PROTZ. 1995. Earthworm and their influence on soil structure and infiltration. In *Earthworm Ecology and Biogeography in North America*. Hendrix, P.F., Ed.; Lewis Publisher: Chelsea, MI.

TROJAN, M.D y D.R. LINDEN. 1998. Macroporosity and hydraulic properties of earthworm-affected soils as influenced by tillage and residue management. *Soil Science Society of American Journal* 62.

WESTERNACHER. E. y O. GRAFF. 1987. Orientation behavior of earthworms (Lumbricidae) towards different crops. *Biology and Fertility of soils* 3: 131-133..