



## Inventario de la macrofauna del suelo en sistemas de Manejo Sostenible de Tierras en Cuba occidental

Inventory of soil macrofauna in Sustainable Land Management systems in western Cuba

Griselda de la C. Cabrera Dávila\*, Carlos Camilo Capote-Alvarez

Instituto de Ecología y Sistemática, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CIT-MA), La Habana, Cuba.

\*Correspondencia: [grisel.caridad1@gmail.com](mailto:grisel.caridad1@gmail.com)

Recibido: 23 de agosto de 2025

Aceptado: 16 de noviembre de 2025

**Conflicto de intereses:** No existen conflictos de intereses entre los autores

**CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES:** **GCCD:** conceptualización, metodología, análisis formal, investigación y redacción del borrador original. **CCCA:** análisis formal, redacción del borrador original y validación. Ambos autores participaron en la revisión y edición final del documento.



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons



<https://cu-id.com/2402/v224e11>

### RESUMEN

El conocimiento de la composición de la macrofauna edáfica constituye una herramienta clave para evaluar la calidad biológica del suelo y la efectividad de las prácticas de Manejo Sostenible de Tierras (MST). El estudio presentó un inventario taxonómico y funcional de la macrofauna del suelo en cinco fincas bajo MST en la Llanura Sur de Pinar del Río, con usos agroforestal, forestal y agrícola. El muestreo se realizó durante los periodos de lluvia y seca entre 2018 y 2023, mediante el método TSBF, con extracción de monolitos de 25 x 25 x 20 cm y recolección manual de organismos. Se encontró una composición de tres phylum, siete clases, 15 órdenes, 30 familias, y a niveles inferiores fue posible identificar 19 géneros y 15 especies. El registro de la lombriz nativa *Protozapotecia angelesae* significó un hallazgo del estudio, al ampliar su distribución hacia nuevas localidades del occidente cubano, en sistemas sostenibles con baja perturbación del suelo. Las fincas agroforestales y forestales con mayor cobertura vegetal y menor disturbio, mostraron la mayor riqueza taxonómica y predominio del gremio detritívoro (Tierra Brava: 20 familias, 12 detritívoros; Roberto Amarán: 16 familias, 10 detritívoros y Cascajales: 17 familias, ocho detritívoros), mientras que los sistemas agrícolas intensivos presentaron una marcada simplificación de la comunidad edáfica (Manolo: ocho familias, cuatro detritívoros y Pilón: dos familias, una detritívora). Para el país no existen antecedentes sobre reseñas taxonómicas de la macrofauna del suelo en áreas de MST, por lo que el trabajo constituyó el primer aporte en este sentido.

**Palabras clave:** biodiversidad edáfica, composición taxonómica, grupos funcionales del suelo, prácticas sostenibles

### ABSTRACT

Knowledge of soil macrofauna composition is a key tool for evaluating soil biological quality and the effectiveness of Sustainable Land Management (SLM) practices. This study presents a taxonomic and functional inventory of soil macrofauna from five farms under SLM in the Southern Plains of Pinar del Río, with agroforestry, forestry, and agricultural uses. Sampling was conducted during the rainy and dry seasons between 2018 and 2023 using the TSBF method with 25 x 25 x 20 cm monolith extraction and manual collection of organisms. The macrofauna composition included three phyla, seven classes, 15 orders, and 30 families. At lower levels, 19 genera and 15 species were identified. The record of the native earthworm *Protozapotecia angelesae* was a significant finding, as it expanded its distribution to new locations in western Cuba, within sustainable systems with low soil disturbance. Agroforestry and forestry farms with greater vegetation cover and less disturbance showed the greatest taxonomic richness and a predominance of detritivores (Tierra Brava: 20 families, 12 detritivores; Roberto Amarán: 16 families, 10 detritivores; and Cascajales: 17 families, eight detritivores), while intensive agricultural systems presented a marked simplification of the soil community (Manolo: eight families, four detritivores; and Pílon: two families, one detritivore). There are no previous taxonomic reviews of soil macrofauna in MST areas in the country, so this work constituted the first contribution in this regard.

**Keywords:** soil biodiversity, soil functional groups, sustainable practices, taxonomic composition

## INTRODUCCIÓN

La macrofauna del suelo, constituida por invertebrados de tamaño superior a los 2 mm de diámetro que habitan el perfil edáfico, representa un componente biológico fundamental cuya composición y abundancia son indicadores sensibles de la salud del suelo y de la integridad ecológica del ecosistema. Este grupo, que incluye a ingenieros del suelo como lombrices (Crassidellata), termitas (Blattodea, Isoptera) y hormigas (Formicidae), y también una gran diversidad de artrópodos, desempeña roles funcionales insustituibles en la dinámica del suelo. Sus actividades de bioturbación, fragmentación de materia orgánica, formación de galerías y regulación de ciclos biogeoquímicos, son procesos elementales que sostienen la fertilidad, la estructura y la productividad de los agroecosistemas. Estas funciones son importantes para la sostenibilidad de estos sistemas y su resiliencia frente a perturbaciones como eventos climáticos, erosión o prácticas agrícolas intensivas (Lavelle *et al.*, 2006; Jouquet *et al.*, 2014; Brown *et al.*, 2015; Hopwood *et al.*, 2021; Mamabolo *et al.*, 2024a).

El Manejo Sostenible de Tierras (MST) constituye un enfoque fundamental para garantizar el uso racional y responsable de los recursos terrestres (suelo, agua, biodiversidad y vegetación), asegurando su productividad a largo plazo sin comprometer los servicios ecosistémicos ni el bienestar de las generaciones futuras. A nivel mundial, el MST se ha convertido en un eje central de políticas y programas internacionales orientados a la lucha contra la desertificación, la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático. El MST se presenta como una estrategia clave para enfrentar estos desafíos mediante prácticas que integran criterios ambientales, económicos y sociales, basados fundamentalmente en la conservación de suelos, el uso eficiente del agua, la agroecología y la restauración de ecosistemas degradados; enfatizando su papel en la sostenibilidad ambiental, la seguridad alimentaria y la resiliencia de los sistemas productivos a escala local, nacional y global (González-Sánchez *et al.*, 2021; Qiu *et al.*, 2024; Sadiq *et al.*, 2025; FAO, 2026).

En el caso de Cuba, el MST adquiere una relevancia particular debido a las características edafoclimáticas del país y a la vulnerabilidad de sus suelos frente a procesos de degradación como la erosión, la compactación, la salinización y la pérdida de materia

orgánica. Estas problemáticas, unidas a los efectos del cambio climático y a la necesidad de fortalecer la soberanía alimentaria, han impulsado el desarrollo de políticas y programas nacionales orientados a la conservación y mejoramiento de los suelos, la reforestación, el manejo integrado de cuencas hidrográficas y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles. Estas acciones buscan no solo elevar la productividad agrícola, sino también proteger el medio ambiente y contribuir al desarrollo local y nacional de forma sostenible (Urquiza *et al.*, 2011; 2014).

Por otra parte, la metodología de MST con el objetivo de conservar los recursos naturales, está enfocada a mantener y potenciar la biodiversidad del suelo, un componente clave de los ecosistemas terrestres. En este contexto, la conservación e incremento de la fauna edáfica adquiere una relevancia estratégica. Los sistemas de manejo sostenible, por ejemplo, aquellos con prácticas de agricultura de conservación, diversificación de cultivos, agroforestería, conservación de la cobertura vegetal y manejo orgánico modifican positivamente las condiciones del hábitat edáfico; en contraste con sistemas de manejo intensivo que suelen provocar la degradación de los procesos ecológicos en el suelo. Las prácticas sostenibles favorecen comunidades de macrofauna más diversas y funcionales, que a su vez retroalimentan los beneficios de este manejo mediante el mejoramiento de la infiltración, la reducción de la erosión y el reciclaje eficiente de nutrientes; lo que se asocia a una mejor calidad del suelo y a la sostenibilidad de la productividad y estabilidad de los ecosistemas (Caló *et al.*, 2022; Ortiz *et al.*, 2023; Moulin-Rouyard *et al.*, 2024; Mamabolo *et al.*, 2024b; North *et al.*, 2025; Pinto dos Ramos *et al.*, 2025).

Realizar un inventario taxonómico de la macrofauna en estas áreas no se limita a la catalogación biológica, ya que el conocimiento de su composición permite utilizar estos organismos como bioindicadores de la calidad del suelo y de la sostenibilidad del manejo, aportando información valiosa sobre el estado funcional de los agroecosistemas. Además, se logra cuantificar el impacto de las prácticas de MST sobre la biodiversidad del suelo, fundamentar científicamente estrategias de manejo que potencien los servicios ecosistémicos provistos por esta fauna y apoyar la toma de decisiones en los sistemas productivos (Urquiza *et al.*, 2014; Ortiz *et al.*, 2023; Moulin-Rouyard *et al.*, 2024; Mamabolo *et al.*, 2024b)

El objetivo principal de este estudio fue ofrecer un inventario que abarcó la composición taxonómica y funcional de la macrofauna del suelo en sistemas declarados bajo manejo sostenible de tierras en la Llanura Sur de Pinar del Río, como una de las áreas de intervención de MST en la región occidental de Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El Programa de Asociación de País CCP-OP15 sobre MST en Cuba contempló cinco áreas de intervención distribuidas en las diferentes regiones del país (Llanura Sur Occidental de Pinar del Río, Llanura Habana-Matanzas, Pre-Montaña Guamuhaya, Cuenca del Cauto y Franja Costera Sur Guantánamo-Maisí). El presente trabajo consideró solamente los sistemas o fincas MST evaluadas en el área de intervención de la Llanura Sur de Pinar del Río en la región occidental.

### Fincas MST de la Llanura Sur Occidental de Pinar del Río:

#### *Finca Tierra Brava*

Sitio de réplica, perteneciente a la CCS “Niceto Pérez”, del municipio Los Palacios, ubicado en las coordenadas -83.296716 W y 22.595267 N; este sitio con un área de 32 ha y de uso agroforestal, fundamentalmente frutales (Fig. 1A). Los frutales predominantes fueron: *Mangifera indica* L (mango, 13 ha), *Annona muricata* L. (guanábana, 6 ha), *Persea americana* Mill. (aguacate, 1 ha), *Annona squamosa* L. (anón, 0.75 ha), *Averrhoa carambola* L. (carambola, 0.5 ha) y *Citrus limon* (L.) Osbeck (limón, 0.4 ha). El suelo característico se clasificó como Ferralítico Rojo Amarillento Lixiviado. La finca localizada en la ladera de la Meseta del Rosario, presentó un relieve ondulado, con pendientes entre 1 y 3%. Estas características permitieron el fácil laboreo del suelo, la cría y pastoreo de ganado menor dentro de los campos de frutales y la reducción del escurrimiento cuando ocurren las lluvias; lo que contribuyó al mantenimiento de la cobertura del suelo durante todo el año y la infiltración del agua hacia el manto freático. Los frutales se encontraron fertilizados con productos biológicos y además, con fertilización *in situ* del silvopastoreo de ovinos, que aconteció sobre todo en las áreas sembradas de mango. Se practicó el uso de cobertura seca, además de la propia cobertura natural que entró al sistema a través del desarrollo del sotobosque en las plantaciones de frutales.

En el período de seca el muestreo de la macrofauna del suelo se realizó en una plantación de mango, con crecimiento de gramíneas arvenses de modo espontáneo, las cuales eran controladas por el pastoreo de ganado menor (ovino-caprino). También se trabajó en un área sembrada de guanábana sin pastoreo, con el crecimiento de las arvenses que se controlaban a través de corte manual. En la lluvia, el estudio se continuó en la plantación de mango, y ya en esta ocasión se percibió la utilización de barreras muertas (piedras, troncos, rastrojos) para evitar la pérdida de suelo y procesos erosivos.

### *CPA Roberto Amarán*

Sitio demostrativo en el municipio Pinar del Río, ubicado en las coordenadas -83.775704 W y 22.437324 N. Formado por 32 fincas y un área total de 201.56 ha, cuyos usos principales respondieron a las actividades forestal, frutales y cultivos varios (Fig. 1B). El riego estuvo limitado en algunos terrenos, pero se apreció un manejo adecuado para la preservación del suelo y la biodiversidad. El suelo predominante fue Fersialítico Pardo Rojizo, con un estado avanzado de degradación por erosión y otros factores limitantes como la pendiente ondulada del terreno. En plantaciones realizadas fundamentalmente con la función de fajas forestales hidrorreguladoras y en las cercas estuvieron representadas especies como: *Albizia procera* (Roxb.) Benth. (algarrobo), *Cedrela odorata* L. (cedro), *Tectona grandis* L.f. (teca), *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. (caoba antillana), *Pinus caribaea* Morelet (pino macho), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth (piñón florido), entre otras. Enriquecieron la vegetación del área, plantaciones de frutales de mango, *Psidium guajava* L. (guayaba), *Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn (mamey colorado) y *Cocos nucifera* L. (coco). Además, se utilizaron barreras vivas con *Saccharum officinarum* L. (caña de azúcar) y *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone (yerba de elefante), combinadas en algunos sitios con barreras muertas, que se complementaron con los frutales en un adecuado sistema de protección y conservación del suelo.

En la seca la fauna edáfica se evaluó en un área sembrada de guayaba, con bastante tiempo de establecimiento y con pendiente. En ese momento se estaba planificando cambiar el cultivo y disminuir la pendiente. En esta área no se percibió un buen manejo de la cobertura del suelo. Además, se trabajó otra área sembrada de mamey y guayaba,

## Cabrera Dávila y Capote-Alvarez: Macrofauna edáfica en sistemas de manejo sostenible, Cuba

con muy pobre cobertura. El muestreo de lluvia se llevó a cabo, igualmente, en el área de guayaba, pero recién demolida al momento del muestreo. Además, se trabajó el área sembrada con mamey y guayaba, pero con mejor cobertura del suelo, con respecto al muestreo anterior.

**Finca Cascajales**

Sitio de réplica, perteneciente a la CCS “Lenin”, del municipio Consolación del Sur, ubicado en las coordenadas -83.463269 W y 22.583955 N; con un área total de 8.04 ha y de esta 2.96 ha dedicadas al uso forestal (Fig. 1C). El suelo principal clasificó como Pardo Mullido Carbonatado, subtipo Típico, Plastogénico Gleysoso, con pendiente ondulada y de baja fertilidad natural y reservas nutricionales. El área forestal correspondió a una plantación mixta o área boscosa de más de 15 años de establecida, con adecuada cobertura a partir de la hojarasca del sistema y con cierto grado de pendiente; donde se incluyeron especies forestales como pino, *Hibiscus elatus* Sw. (majagua), teca, caoba, cedro, *Gmelina arborea* Roxb. (yemelina), y frutales como coco, aguacate, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (naranja) y mango. También hubo incidencia de especies exóticas invasoras como *Mimosa pigra* L. (aroma). Se realizó el enriquecimiento de los parches boscosos con especies nativas amigables con la fauna asociada al área, y se ejecutaron otras acciones como el empleo de cercas vivas, cortinas rompevientos y el uso de materiales orgánicos. Tanto en la lluvia como en la seca se trabajó en el área boscosa con más de 15 años de establecimiento, observándose al momento del muestreo una adecuada cobertura a partir de la hojarasca del sistema.

**Finca Manolo**

Sitio demostrativo, perteneciente a la CCS “Raúl Gómez García” del municipio Sandino, ubicado en las coordenadas -84.166513 W y 21.964975 N. Con un área total de 13.42 ha, principalmente de uso agrícola y manejo de agricultura convencional, y con el cultivo principal de *Nicotiana tabacum* L. (tabaco) (Fig. 1D). El suelo se caracterizó de poca fertilidad, con valores muy bajos en el contenido de materia orgánica, muy baja capacidad de intercambio catiónico, ácidos, una pedregosidad alta de 4 a 15% y rocosidad entre el 11 y el 25%, que dificultaron las labores agrotécnicas. A estas limitantes productivas se sumó la salinidad de las fuentes de abasto de agua para el riego.

En la evaluación durante la seca, el muestreo de la macrofauna se realizó en un área bajo barbecho, con

anterioridad sembrada de tabaco. Posteriormente en el momento de lluvia, el muestreo se ejecutó en un área recién sembrada de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol). Ya en este momento se estaba aplicando la siembra de los cultivos en terrazas.

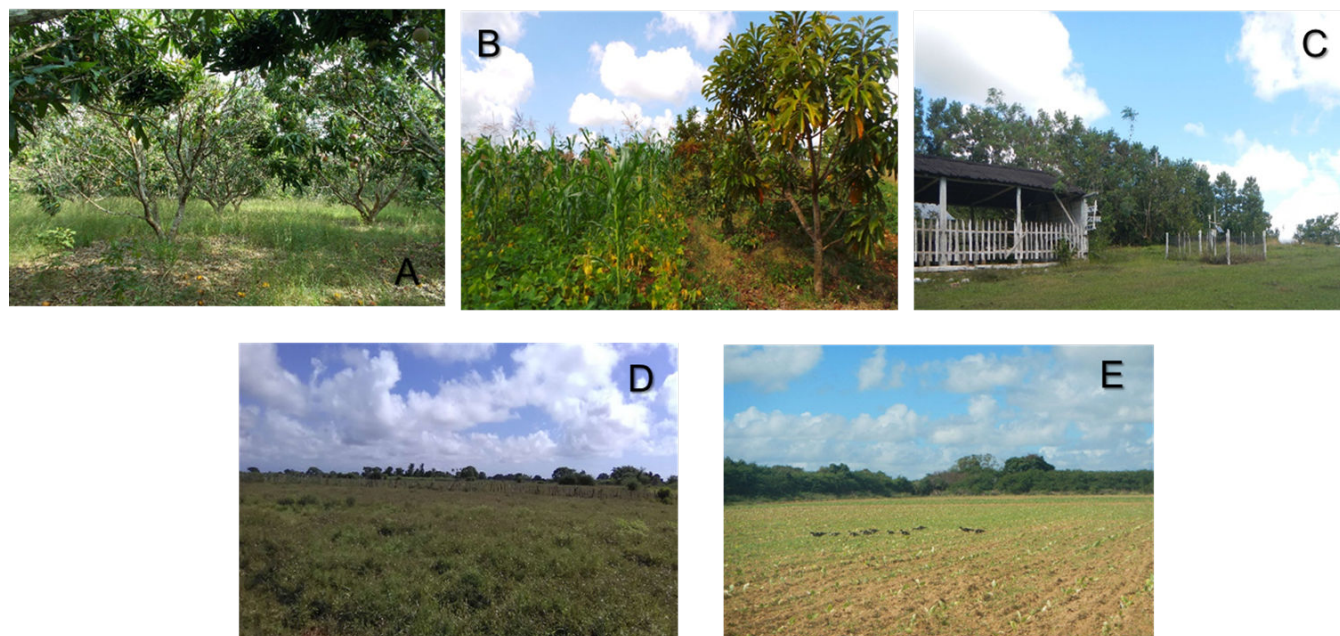
**Finca Pilón**

Sitio demostrativo, perteneciente a la CPA “Jesús Suárez Soca”, ubicada en la parte centro-norte del municipio Consolación del Sur, en las coordenadas -83.471873 W y 22.511028 N, y principalmente de uso agrícola, cuyo cultivo principal fue el tabaco (Fig. 1E). Área total de 623 ha, de las que el 81.5% estuvo destinado al uso agrícola y el resto estuvo ocupado por áreas forestales, cuerpos de agua y construcciones. Al cultivo del tabaco se le dedicaron 226 ha, que representó el 33.1% del área cultivada. Otros cultivos de importancia fueron los frutales, cítricos y cultivos varios. El suelo que predominó fue Ferralítico Amarillento Lixiviado, con mediana a baja fertilidad natural, con menos de 3% de contenido de materia orgánica. Existieron problemas de riego, drenaje y uso excesivo de fertilizantes químicos.

El muestreo en la seca se efectuó en un área ocupada de tabaco, de solo 15 días de sembrado y rotado con *Zea mays* L. (maíz); y en otra con suelo completamente desnudo, que tuvo anteriormente tabaco y estaba siendo sometida a preparación para una nueva siembra de este cultivo. Para el período lluvioso la recolecta se desarrolló en áreas bajo barbecho, pero con una baja cobertura del suelo.

**Metodología y Procesamiento**

El estudio de la macrofauna se efectuó en los períodos de lluvia y seca de los años 2018 y 2019 en todas las fincas, y además en la lluvia de 2023 en la finca Tierra Brava. Para la recolección de la macrofauna edáfica se siguió el método estándar declarado por el Programa Internacional “Biología y Fertilidad del Suelo Tropical” o TSBF (Anderson e Ingram, 1993). Se extrajeron de tres a cuatro monolitos de suelo de 25 x 25 cm x 20 cm de profundidad en las áreas trabajadas, distanciados en al menos 20 m. La macrofauna se recolectó manualmente *in situ* y se preservó en alcohol 75%, excepto las lombrices que se conservaron en una solución 3:1 de formol 4% y alcohol 70%, respectivamente (Lavelle *et al.*, 2003; Cabrera Dávila *et al.*, 2017a). (Fig. 2). Su identificación se realizó hasta nivel de orden y familia principalmente,



**Figura 1.** Fincas MST trabajadas en la Llanura Sur de Pinar del Río. A: Tierra Brava, B: Roberto Amarán, C: Cascajales, D: Manolo, E: Pilón.

**Figure 1.** MST Farms worked in the Southern Plain of Pinar del Río. A: Tierra Brava, B: Roberto Amarán, C: Cascajales, D: Manolo, E: Pilón.



**Figura 2.** Muestreo de la macrofauna edáfica en campo.

**Figure 2.** Sampling of soil macrofauna in the field.

aunque en algunos grupos fue posible llegar hasta el nivel taxonómico de especie. Se revisaron los trabajos de Borror y Delong (1976), Matic *et al.* (1977), Sims (1980), Pérez-Asso (1995, 1996, 1998), Hoffman *et al.* (1996), Rodríguez (1999), Sánchez Ruiz (2001), Espinosa y Ortea (2009), Brusca *et al.* (2016) y Misirlioğlu *et al.* (2023). También se consultaron varios especialistas cubanos, investigadores del Instituto de Ecología y Sistemática, que colaboraron en la identificación de los ejemplares.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El inventario taxonómico en los sistemas trabajados de MST arrojó una composición de tres phylum, siete clases, 15 órdenes y 30 familias de macroinvertebrados edáficos, y a niveles inferiores fue posible identificar 19 géneros y 15 especies; constituyendo esta reseña el primer aporte taxonómico sobre la macrofauna del suelo en áreas cubanas bajo MST.

Los phyla reconocidos se agruparon en Annelida, Arthropoda y Mollusca, y de estos Arthropoda fue el grupo dominante, con presencia de varias clases como Insecta, Arachnida, Diplopoda, Chilopoda y Malacostraca. A nivel de clases, Insecta y Clitellata (Oligochaeta) mostraron una mayor representación de táxones inferiores ([Anexo 1](#)). La identificación lograda a nivel de especies reveló una comunidad dominada principalmente por organismos tolerantes, de características oportunistas y con alta capacidad de colonización, propio de los ecosistemas estudiados con diferente grado de disturbio, manejo del suelo y limitada estabilidad ecológica, aun cuando se implementan prácticas de manejo sostenible ([Doran y Zeiss, 2000](#); [Moulin-Rouyard et al., 2024](#); [Huera-Lucero et al., 2025](#); [Pintos dos Ramos et al., 2025](#)).

Funcionalmente, se encontraron 16 familias (14 géneros y 9 especies identificadas) con función detritívora, las cuales representaron casi la mitad de las familias halladas en todo el estudio (53.3%), seis familias depredadoras identificadas solo a este nivel taxonómico (20%), seis herbívoras (un género identificado) que abarcaron también un 20% de la comunidad, y dos familias omnívoras (cinco géneros y seis especies identificadas) que constituyeron un 6.66% del total ([Anexo 1](#)). Se constató de modo general un predominio del gremio de detritívoros, lo que confirmó que el manejo de la materia orgánica, la cobertura vegetal y la entrada de hojarasca en algunas áreas fueron condiciones determinantes para lograr el establecimiento y permanencia de estos organismos ([Rousseau et al., 2013](#); [Noguera-Talavera et al., 2017](#); [Brown et al., 2024](#); [Moulin-Rouyard et al., 2025](#)). Para este tipo de sistemas de manejo sostenible es posible mantener estables las actividades de descomponedores, herbívoros y depredadores en la red trófica del suelo, lo que permite que el ecosistema sea más resiliente frente a las perturbaciones ([Hopwood et al., 2021](#); [Betancur-Corredor et al., 2024](#); [Mamabolo et al., 2024a](#); [Sadiq et al., 2025](#)).

El análisis por finca evaluada mostró diferencias en cuanto a la riqueza taxonómica y funcional de la macrofauna, en función del uso y manejo del suelo dentro de cada finca. Las áreas con uso agroforestal y forestal que tuvieron una mayor heterogeneidad del hábitat y mejores condiciones edafo-climáticas por la influencia de la cobertura arbórea, presentaron la mayor diversidad y predominio de organismos detritívoros,

tales fueron los casos de Tierra Brava, Roberto Amarán y Cascajales. Así, Tierra Brava alcanzó un total de 20 familias y de estas 12 detritívoras, Roberto Amarán 16 familias con 10 de ellas detritívoras, y Cascajales 17 familias con 8 detritívoras. En contraste, las fincas con manejo agrícola y suelos más desprotegidos como Manolo y Pílon, mostraron una reducción significativa de la diversidad taxonómica y funcional, con apenas ocho familias y cuatro detritívoras en la finca Manolo, y dos familias con una sola detritívora en la finca Pílon ([Anexo 1](#)). Este patrón confirmó la estrecha relación entre la cobertura vegetal, el nivel de disturbio del suelo y la biodiversidad edáfica ([da Silva et al., 2021](#); [Potapov et al., 2022](#); [Betancur-Corredor et al., 2024](#); [Brown et al., 2024](#)).

Especialmente el gremio de detritívoros ha sido considerado un eficiente indicador de perturbación del suelo y de su calidad debido a su sensibilidad a las actividades humanas y su asociación a la estabilidad, la cobertura vegetal, la materia orgánica y la humedad del suelo ([De la Rosa y Negrete-Yankelevich, 2012](#); [Vasconcellos et al., 2013](#); [Pinzón et al., 2014](#); [de Vries et al., 2023](#)). Muchos autores plantean la importancia de la evaluación de la composición de los macroinvertebrados edáficos de un ensamble y su clasificación en grupos tróficos ya que brindan información amplia, no sesgada y funcional sobre los efectos del manejo del suelo, para con este conocimiento recomendar prácticas más sustentables ([Navarrete et al., 2011](#); [Coimbra et al., 2013](#); [Tapia-Coral et al., 2016](#); [Noguera-Talavera et al., 2017](#); [Hurtado et al., 2024](#)).

Los resultados obtenidos son consistentes con la literatura internacional sobre la macrofauna del suelo en sistemas de manejo sostenible. Estudios realizados en agroecosistemas tropicales principalmente de América Latina reportan valores similares de riqueza taxonómica, con registros que oscilan entre dos y cuatro phyla, de cinco a 10 clases y entre 20 y 40 familias en sistemas agroforestales, silvopastoriles o de agricultura conservacionista. Otras investigaciones señalan que los sistemas agroforestales bajo principios de MST favorecen una mayor abundancia de detritívoros, que han representado entre el 60 y el 80% de la macrofauna total, en coincidencia con lo observado en este estudio sobre todo para las fincas de manejo agroforestal. Por el contrario, la literatura también demuestra que los sistemas agrícolas intensivos presentan una fuerte simplificación de la comunidad edáfica,

con pérdida de grupos sensibles y predominio de taxones generalistas como algunas especies omnívoras, lo que también se correspondió con lo hallado en las fincas Manolo y Pílon (Lavelle *et al.*, 2006, 2014; Kitamura *et al.*, 2020; Caló *et al.*, 2022; Ortiz *et al.*, 2023; Moulin-Rouyard *et al.*, 2024, 2025; Mamabolo *et al.*, 2024a, b; Pintos do Ramos *et al.*, 2025; Sanjuan de Medeiros-Sarmento *et al.*, 2025).

Las lombrices de tierra y las hormigas fueron dos de los grupos de la macrofauna mayormente representados en los agroecosistemas de estudio. Ambos revisten gran importancia por su función en la transformación y funcionalidad del suelo, catalogados por ello como ingenieros del ecosistema (Lavelle *et al.*, 2006). La composición de especies de ambos grupos mostró relación con el manejo desarrollado en los diferentes sistemas productivos. En cuanto a las lombrices se determinaron cinco géneros y cinco especies pertenecientes a las familias Acanthodrilidae, Benhamiidae, Megascolecidae y Rhinodrilidae (Misirlioğlu *et al.*, 2023). La mayoría de las especies fueron exóticas, excepto *Pontoscolex cynthiae* y *Protozapotecia angelesae* consideradas especies nativas (Rodríguez *et al.*, 2007), halladas fundamentalmente en los sistemas agroforestales con menor perturbación sobre el suelo (Anexo 1). Para el caso de *P. angelesae*, su hallazgo en sistemas sostenibles en la provincia de Pinar del Río, específicamente en las fincas Tierra Brava, Amarán y Cascajales, amplió su distribución a otras localidades del occidente del país. Anteriormente solo se conocía de sistemas seminaturales localizados en el Instituto de Ecología y Sistemática (La Chata) en el municipio Boyeros en La Habana (Martínez, 2002). En dicho estudio se encuentra a la especie por primera vez en ecosistemas menos perturbados que los sistemas productivos de esta investigación, dígase en un pastizal naturalizado, un policultivo y un bosque secundario semideciduo, donde se define el último ecosistema como localidad tipo de la especie (Martínez, 2002; Fragoso y Rodríguez, 2017).

La distribución de las lombrices mostró un claro gradiente asociado al nivel de perturbación del suelo. Las fincas con manejo agroforestal y forestal, caracterizadas por menor frecuencia de laboreo y aporte constante de residuos orgánicos, presentaron mayor riqueza específica (Tierra Brava con cuatro especies, Amarán con seis y Cascajales con tres especies), con la coexistencia de *P. angelesae*, *P. cynthiae*,

*Dichogaster* sp. y *Onychochaeta* spp., indicativas de suelos con mejor estructura, contenido de materia orgánica y estabilidad ambiental. Sin embargo, las fincas de manejo agrícola con períodos de suelo desnudo y disturbio físico recurrente, exhibieron una simplificación drástica de las comunidades de lombrices, principalmente en la finca Pílon (Manolo con tres especies y Pílon con una especie); estas comunidades representadas por especies más tolerantes y oportunistas como *Polypheretima elongata* (Anexo 1), que se señala en la literatura con amplia plasticidad y distribución mundial, al igual que *P. corethrurus*. Ambas especies exóticas han sido señaladas dominando las comunidades de lombrices en fincas intensivas (Ortiz-Gamino *et al.*, 2016; Ortiz-Ceballos *et al.*, 2019; Misirlioğlu *et al.*, 2023; Thounaojam *et al.*, 2025). La reducción de la diversidad de lombrices es uno de los primeros signos de degradación del suelo. Estos resultados reafirman a este grupo como uno de los más afectados por la labranza, la compactación, la pérdida de materia orgánica y el uso excesivo de insumos químicos, y al mismo tiempo como un indicador confiable de procesos de recuperación edáfica bajo prácticas sostenibles (Fragoso y Brown, 2007; Brown y Domínguez, 2010; Bartz *et al.*, 2013; 2014; Santos *et al.*, 2017; 2019; Ferreira *et al.*, 2023; Zoungrana *et al.*, 2024).

Respecto a las hormigas, se identificaron cuatro géneros y cinco especies (*Nylanderia fulva*, *Solenopsis geminata*, *Tetramorium simillimum*, *T. bicarinatum* y *Wasmannia auropunctata*) asociadas al ambiente edáfico y la mayoría presentes en casi todas las fincas. Las especies inventariadas fueron de hábito trófico omnívoro, de características generalistas y oportunistas, con una gran tolerancia y plasticidad ecológica frente al disturbio. Todas estas especies se caracterizan como vagabundas, las cuales resisten ambientes abiertos con menor disponibilidad de recursos, elevada temperatura en el suelo, relacionadas con sistemas de manejo convencional, con aplicación de agroquímicos y laboreo mecánico (Fontenla y Matienzo, 2011; Portuondo y Matos, 2022).

Sobre todo en los sistemas agrícolas más simplificados, degradados y expuestos como las fincas Manolo y Pílon, se registraron principalmente aquellas especies con características también de invasoras, como *N. fulva* (hormiga loca), *S. geminata* (hormiga brava) y *W. auropunctata* (santanilla o santanica), que presentan un alto poder de expansión y son capaces de desplazar

a otros artrópodos edáficos, incluyendo la macrofauna nativa, por lo que algunos autores señalan su presencia ligada a alteraciones periódicas del suelo o al mal manejo agrícola. Desde una perspectiva de manejo, las hormigas oportunistas pueden considerarse indicadoras tempranas del estado del suelo y del nivel de perturbación, mientras que la presencia de especies invasoras resalta la necesidad de fortalecer prácticas que aumenten la cobertura vegetal, la heterogeneidad estructural y la conectividad del paisaje, elementos fundamentales para limitar su expansión y favorecer comunidades edáficas más equilibradas (Matienzo *et al.*, 2010; Alfonso *et al.*, 2010; Chanatásig-Vaca *et al.*, 2011; Wetterer, 2013; Chávez-Suárez *et al.*, 2016; Castellarini *et al.*, 2024; Budiaman *et al.*, 2025).

En conjunto, los resultados sobre lombrices y hormigas reflejan que las lombrices de tierra son indicadores sensibles de la calidad biológica y física del suelo, estrechamente vinculadas al contenido de materia orgánica, la estructura y el nivel de disturbio mecánico (Ferreira *et al.*, 2023; Zoungrana *et al.*, 2024), mientras que las hormigas aportan información sobre el nivel de alteración del hábitat y de la heterogeneidad del sistema, reflejando la persistencia de perturbaciones (Chanatásig-Vaca *et al.*, 2011; Castellarini *et al.*, 2024). Ambos grupos evidencian su sensibilidad a los cambios del medio, lo que los convierte en bioindicadores contrastantes y complementarios para una evaluación más robusta del estado del suelo y de la sostenibilidad del manejo (Cabrera Dávila *et al.*, 2017b), permitiendo distinguir entre sistemas realmente consolidados bajo MST o que se encuentran en etapas tempranas e intermedias de transición.

### CONCLUSIONES

Este estudio constituye el primer inventario taxonómico de la macrofauna del suelo en áreas cubanas bajo MST y aporta información relevante para futuras evaluaciones de la sostenibilidad del manejo, el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad edáfica y la toma de decisiones orientadas a mejorar la salud y productividad de los suelos. El inventario permite ampliar la distribución de la lombriz nativa *Protozapotecia angelesae* en el occidente de Cuba y se evidencia su afinidad por suelos manejados de forma sostenible, resaltando su valor como bioindicador de suelos en procesos de conservación y recuperación. El Manejo Sostenible de Tierras en la Llanura Sur de Pinar del Río demuestra una influencia significativa sobre la composición

taxonómica y funcional de la macrofauna edáfica. Los sistemas agroforestales y forestales, caracterizados por mayor cobertura vegetal, menor disturbio mecánico y un aporte continuo de materia orgánica, como las fincas Tierra Brava, Roberto Amarán y Cascajales, poseen comunidades más diversas y funcionalmente equilibradas. También reflejan el predominio del gremio detritívoro, confirmando su utilidad como indicador sensible de la calidad del suelo y del grado de sostenibilidad del manejo aplicado. En contraste, los sistemas agrícolas intensivos como Manolo y Pílon presentan una marcada simplificación de la macrofauna, con reducción de la riqueza taxonómica y predominio de especies oportunistas y tolerantes al disturbio, reflejando procesos de degradación edáfica.

### AGRADECIMIENTOS

Los resultados fueron obtenidos gracias al trabajo en el Proyecto PS211LH003-012 (2020-2023): Indicadores ambientales de Biodiversidad para evaluar áreas de uso agrícola y agroforestal bajo Manejo Sostenible de tierras (MST), y al apoyo logístico del Programa CPP-OP15 (AMA). Se agradece también al equipo que trabajó en el levantamiento de la biodiversidad en las áreas de MST, especialmente a la colega Ana América Socarrás, por su apoyo en el muestreo de la macrofauna edáfica.

### LITERATURA CITADA

- Alfonso J, Matienzo Y, Vázquez LL. 2010. Fauna de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a un sistema de producción agrícola urbano. *Fitosanidad*. 14: 153-158.
- Anderson JM, Ingram JSI. 1993. *Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods*. CAB International. Wallingford.
- Bartz MLC, Brown GG, da Rosa MG, Filho OK, James SW, Decaëns T, *et al.* 2014. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. *Applied Soil Ecology*. 83: 59-70.
- Bartz MLC, Pasini A, Brown G. 2013. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. *Applied Soil Ecology*. 69: 39-48.
- Betancur-Corredor B, Zaitsev AS, Russell DJ. 2024. The impact of multiple agricultural land uses in sustaining earthworm communities in agroecosystems: A global meta-analysis. *Scientific Reports*. 14: 30160

## Cabrera Dávila y Capote-Alvarez: Macrofauna edáfica en sistemas de manejo sostenible, Cuba

- Borror D, DeLong DM. 1976. *An introduction to the study of Insects*. New York.
- Brown GG, Demetrio WC, Gabriac Q, Pasini A, Korasaki V, Oliveira LJ. 2024. Soil macrofauna in Brazilian land-use systems. *Biodiversity Data Journal*. 12: e115000.
- Brown GG, Domínguez J. 2010. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas. 3º Encontro latinoamericano de Ecología e Taxonomia de Oligoquetas. *Acta Zoológica Mexicana*. 2: 1-18.
- Brown GG, Niva CC, Zagatto MRG, Ferreira S, Nadolny HS, Cardoso GBX, *et al.* 2015. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. En: Parron LM, García J, Oliveira E, Brown GG, Prado RB. (eds.), *Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica*, 121-154, Embrapa, Brasília, DF.
- Brusca R, Moore W, Shuster SM. 2016. *Invertebrates*. 3rd Edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers Sunderland, Massachusetts.
- Budiaman, Nuraeni S, Nurhaini, Prastiyo. 2025. Composition and role of ants (Formicidae) as indicators of habitat conditions in different stands in urban forest, Makassar, South Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*. 26: 145-152.
- Cabrera Dávila G, Socarrás AA, Gutiérrez E, Tcherva T, Martínez-Muñoz CA, Lozada A. 2017a. Capítulo 14. Fauna del suelo. En: Mancina CA, Cruz DD. (eds.), *Diversidad Biológica de Cuba. Métodos de Inventario, Monitoreo y Colecciones Biológicas*, 254-283, AMA, La Habana.
- Cabrera Dávila G, Socarrás AA, Hernández G, Ponce de León D, Menéndez YI, Sánchez JA. 2017b. Evaluación de la macrofauna como indicador del estado de salud en siete sistemas de uso de la tierra, en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 40: 118-126.
- Caló LO, Caldeira MVW, da Silva CF, Camara R, Castro KC, de Lima SS, *et al.* 2022. Epigeal fauna and edaphic properties as possible soil quality indicators in forest restoration areas in Espírito Santo, Brazil. *Acta Oecologica*. 117: 103870.
- Castellarini F, Cuezso F, Luna E, Buffa L, Orecchia E, Mario A. 2024. Local and landscape drivers of ground-dwelling ant diversity in agroecosystems of Dry Chaco. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 367: 108955.
- Chanatásig-Vaca CI, Huerta E, Rojas P, Ponce-Mendoza A, Mendoza J, Morón A, *et al.* 2011. Efecto del uso de suelo en las hormigas (Formicidae: Hymenoptera) de Tikinmul, Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.). 27: 41-461.
- Chávez-Suárez L, Labrada Y, Álvarez A. 2016. Macrofauna del suelo en ecosistemas ganaderos de montaña en Guisa, Granma, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 39: 111-115.
- Coimbra CM, Forestieri E, Silva MK, Gama-Rodrigues AC. 2013. Meso- and macrofauna in the soil and litter of leguminous trees in a degraded pasture in Brazil. *Agroforestry Systems*. 87: 993-1004.
- da Silva RM, da Silva RM, de Lima SS, de Souza JRM, de Souza JKM, Ribeiro GT, *et al.* 2021. Soil macrofauna as a bioindicator of soil quality in successional agroforestry systems. *Research, Society and Development*, 10: e580101019144.
- De la Rosa N, Negrete-Yankelevich S. 2012. Distribución espacial de la macrofauna edáfica en bosque mesófilo, bosque secundario y pastizal en la reserva La Cortadura, Coatepec, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83: 201-215.
- de Vries F, Lau J, Hawkes C, Semchenko M. 2023. Plant-soil feedback under drought: Does history shape the future? *Trends in Ecology & Evolution*. 38: 708-718.
- Doran JW, Zeiss MR. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*. 15: 3-11.
- Espinosa J, Ortea J. 2009. *Moluscos terrestres de Cuba*. UPC Print Vasa, Finlandia.
- FAO. 2026. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Soils Portal. Soil biodiversity. Disponible en: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/soil-biodiversity/en/> (consultado: enero de 2026).
- Ferreira T, James SW, Bartz MLC, Lima ACR, Dudas R, Brown GG. 2023. Distribution and diversity of earthworms in different land use systems in Rio Grande do Sul, Brazil. *Zootaxa*, 5225: 389-398.
- Fontenla JL, Matienzo Y. 2011. Hormigas invasoras y vagabundas de Cuba. *Fitosanidad*. 15: 253-259.
- Fragoso C, Brown GG. 2007. Ecología y taxonomía de las lombrices de tierra en latinoamérica: El Primer Encuentro Latino Americano de Ecología y Taxonomía de Oligoquetos (ELAETA01). En: Brown, GG, Fragoso C. (eds.), *Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia*, 33-75, Embrapa Soja, Londrina.
- Fragoso C, Rodríguez C. 2017. New acanthodrilid earthworms of genera *Protozapotecia* and *Trigaster* from Cuba (Annelida, Crassicitellata). *Acta Zoológica Mexicana*. 33: 67-75

- González-Sánchez EJ, Veroz-González O, Moreno-García M, Gómez -Ariza MR, Ordoñez-Fernández R, Trivino-Tarradas P, *et al.* 2021. Climate change adaptability and mitigation with conservation agriculture. En: *Rethinking Food and Agriculture*, 231-246, Woodhead Publishing, Cambridge.
- Hoffman PL, Golovatch SI, Adis J, de Morais JW. 1996. Practical keys to the orders and families of millipedes of the Neotropical region (Myriapoda: Diplopoda). *Amazoniana*. XIV: 1-35.
- Hopwood J, Frischie S, May E, Lee-Mäder E. 2021. *Farming with Soil Life. A Handbook for Supporting Soil Invertebrates and Soil Health on Farms*. The Xerces Society for Invertebrate Conservation. Portland.
- Huera-Lucero T, Torres B, Bravo-Medina C, García-Nogales B, Vicente L, López-Piñeiro A. 2025. Comparative analysis of soil biological activity and macroinvertebrate diversity in Amazonian Chakra agroforestry and tropical rainforests in Ecuador. *Agriculture*. 15: 830.
- Hurtado E, Velasquez E, Lavelle P. 2024. A global indicator of soil macroinvertebrate composition, abundance and diversity. *Applied Soil Ecology*. 193: 105138.
- Jouquet P, Blanchart E, Capowiez Y. 2014. Utilization of earthworms and termites for the restoration of ecosystem functioning. *Applied Soil Ecology*. 73: 34-40.
- Kitamura AE, Moraes RL, Alves MC, Menezes Z, Siqueira DS. 2020. Soil macrofauna as bioindicator of the recovery of degraded Cerrado soil. *Ciência Rural*. 50: e20190606.
- Lavelle P, Decaëns T, Aubert M, Barot S, Blouin M, Bureau F, *et al.* 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*. 42: 3-15.
- Lavelle P, Rodríguez N, Arguello O, Bernal J, Botero C, Chaparro P, *et al.* 2014. Soil ecosystem services and land use in the rapidly changing Orinoco River Basin of Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 185: 106-117.
- Lavelle P, Senapati B, Barros E. 2003. Soil Macrofauna. En: Schroth G, Sinclair FL (eds.), *Trees, Crops and Soil Fertility. Concepts and Research Methods*, 303-323, CABF Publishing, UK.
- Mamabolo E, Pryke JS, Gaigher R. 2024a. Soil macrofauna are important bioindicators of soil quality in agroecosystems under different management. *Ecological Indicators*. 167: 112723.
- Mamabolo E, Gaigher R, Pryke JS. 2024b. Conventional agricultural management negatively affects soil fauna abundance, soil physicochemical quality and multifunctionality. *Pedobiologia-Journal of Soil Ecology*. 104: 150961.
- Martínez MA. 2002. Comunidades de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) en tres ecosistemas con diferente grado de perturbación en Cuba. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana.
- Matic Z, Negrea ST, Martínez CF. 1977. Recherches sur les Chilopodes hypogés de Cuba. En: Orghidan T, Núñez Jiménez A, Decou V, Negrea ST, Bayés NV (eds.). *Résultats des expéditions biospeologiques Cubano- Roumaines à Cuba*.
- Matienzo Y, Alfonso J, Vázquez LL. 2010. Caracterización de la mirmecofauna y su relación con las prácticas adoptadas en un sistema de producción agrícola urbano. *Fitosanidad*. 14: 219-227.
- Misirlioglu M, Brown GG, James SW, Csuzdi C, Lapied E, Decaëns T, *et al.* 2023. Earthworms (Clitellata, Megadrili) of the world: an updated checklist of valid species and families, with notes on their distribution. *Zootaxa*. 5255: 417-438.
- Moulin-Rouyard C, Vaillant V, Angeon V, Diman JL, Vaillant J, Loranger-Merciris G. 2024. Soil Fauna and Ecosystem Services in Agroecological Cropping Systems: Focus on Experimental Open-Field Market Gardens. *Soil Systems*. 8: 26.
- Moulin-Rouyard AF, Villenave C, Saj S, Blanchart E. 2025. Soil macrofauna and nematofauna in agroforestry systems: A review of the impact of tree-crop interactions on soil biodiversity. *Agroforestry Systems*. 99: 142.
- Navarrete A, Vela-Correa G, López Blanco J, Rodríguez-Gamiño ML. 2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores del suelo. *ContactoS*. 80:29-37.
- Noguera-Talavera A, Reyes-Sánchez N, Mendieta-Araica B, Salgado-Duarte M. 2017. Macrofauna edáfica como indicador de conversión agroecológica de un sistema productivo de Moringa oleífera Lam. en Nicaragua. *Pastos y Forrajes*. 40: 265-275.
- North GC, Frelich LE, Guthmann A. 2025. Soil macrofauna communities vary by land use type and environmental conditions in the Serengeti-Mara ecosystem. *Applied Soil Ecology*. 206: 105897.
- Ortiz AI, Benayas JMR, Delgado LC. 2023. Agroforestry improves soil fauna abundance and

- composition in the Atlantic Forest of Paraguay. *Agroforestry Systems*. 97:1447-1463.
- Ortiz-Ceballos AI, Ortiz-Gamino D, Andrade-Torres A, Pérez-Rodríguez P, López-Ortega M. 2019. *Pontoscolex corethrurus*: A homeless invasive tropical earthworm? *PLoS ONE*. 14: e0222337.
- Ortiz-Gamino D, Pérez-Rodríguez P, Ortiz-Ceballos AI. 2016. Invasion of the tropical earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Rhinodrilidae, Oligochaeta) in temperate grasslands. *PeerJ*. 4: e2572.
- Pérez-Asso AR. 1995. A new milliped genus of the family Chelodesmidae (Diplopoda: Polydesmida) from Cuba. *Insecta Mundi*. 9: 171-176.
- Pérez-Asso AR. 1996. The genus *Nesobolus* (Diplopoda: Spirobolida: Rhinocricidae) in Cuba. *Insecta Mundi*. 10: 1-12.
- Pérez-Asso AR. 1998. Revisión y Nuevas especies del género *Spirobolellus* (Diplopoda: Spirobolellidae) en la Isla de Cuba. *Caribbean Journal of Science*. 34: 67-83.
- Pinto dos Ramos A, de Lima SS, dos Santos Ferreira C, Rodrigues da Silva LA, Dias A, Matos PS, et al. 2025. Macrofauna and soil properties in agroforestry system and secondary forest. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 49: e0240091.
- Pinzón S, Rousseau GX, Rocha A, Celentano D, Correa ML, Braun H. 2014. La macrofauna del suelo como indicadora de degradación de bosques ribereños en la amazonia oriental brasileira. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. 114: 49-60.
- Portuondo E, Matos DI. 2022. Claves para la identificación de las subfamilias, géneros y especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Cuba. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*. 70: 237-334.
- Potapov AM, Sun X, Barnes AD, Briones MJ, Brown GG, Cameron EK, et al. 2022. Global monitoring of soil animal communities using a common methodology. *Soil Organisms*. 94: 55-68.
- Qiu T, Shi Y, Peñuelas J, Liu J, Cui Q, Sardans J, et al. 2024. Optimizing cover crop practices as a sustainable solution for global agroecosystem services. *Nature Communications*. 15:10617.
- Rodríguez C. 1999. Lombrices de tierra (Oligochaeta: Moniligastrida y Haplotaxida) de Cuba. Tesis de Doctorado. Cuba. Facultad de Biología, Universidad de La Habana, La Habana.
- Rodríguez C, Borges S, Martínez MA, Fragoso C, James S, González G. 2007. Biodiversidad y Ecología de lombrices de tierra en las Islas Caribeñas. En: Brown GG, Fragoso C. (eds.), *Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia*, 79-98, Embrapa Soja, Londrina.
- Rousseau L, Fonte SJ, Téllez O, van der Hoek R, Lavelle P. 2013. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecological Indicators*. 27: 71-82.
- Sadiq FK, Anyebe O, Tanko F, Abdulkadir A, Manono BO, Matsika TA, et al. 2025. Conservation Agriculture for Sustainable Soil Health Management: A Review of Impacts, Benefits and Future Directions. *Soil Systems*. 9: 103.
- Sánchez Ruiz A. 2001. *Las familias de arañas de Cuba. Una guía para su estudio e identificación*. BIOECO. Santiago de Cuba.
- Sanjuan de Medeiros-Sarmiento P, Valle Ferreira L, Gastauer M. 2025. Recovery of soil macrofauna in Amazonian secondary forests is driven by vegetation complexity rather than fallow age alone. *Frontiers in Forests and Global Change*. 8: 1713966.
- Santos DP, Schossler TR, dos Santos IL, Batista N, Guimarães G. 2017. Soil macrofauna in a Cerrado/Caatinga ecotone under different crops in Southwestern Piauí State, Brazil. *Ciência Rural*. 47: 1-9.
- Santos A, Maia LS, Ferreira T, Demetrio WC, Nadolny HS, Ribeiro LV, et al. 2019. *Minhocas como biondicadoras da qualidade do solo em ecossistemas na Embrapa Clima Temperado*. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Brasil.
- Sims RW. 1980. A classification and the distribution of earthworms suborder Lumbricina (Haplotaxida: Oligochaeta). *Bulletin of the British Museum (Natural History)*. 39: 103-124.
- Tapia-Coral SC, Teixeira LA, Velásquez E, Waldez F. 2016. Macroinvertebrados del suelo y sus aportes a los servicios ecosistémicos, una visión de su importancia y comportamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 8: 260-267.
- Thounaojam RS, Birla K, Basanta T, Keisham S, Binoy T. 2025. Assessment of *Pontoscolex corethrurus*, an exotic earthworm, in contrasting protected subtropical forest habitats in North-East India. *Discovery Ecology* 1: 10.
- Urquiza N, Alemán C, Lores L, Paula M, Aguilar Y. 2011. *Manual de procedimientos para Manejo Sostenible de Tierras*. CIGEA. La Habana.

## Cabrera Dávila y Capote-Alvarez: Macrofauna edáfica en sistemas de manejo sostenible, Cuba

- Urquiza N, Peña F, Alemán C, Herrero G. 2014. Programa de Asociación de País. Apoyo a la implementación del Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. AMA. La Habana.
- Vasconcellos RLF, Segat JC, Bonfima JA, Baretta D, Cardoso EJBN. 2013. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. *European Journal of Soil Biology*. 58: 105-112.
- Wetterer JK. 2013. Worldwide spread of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae). *Terrestrial Arthropod Reviews*. 6: 173-184.
- Zoungrana A, Cissé M, Traoré M, De Cannière C, Bationo BA, Visser M, *et al.* .2024. Influence of agroforestry systems on earthworm diversity and soil properties in a Sudano-Sahelian landscape. *Geoderma Regional*. 37: e00786.

## ANEXO

**Anexo 1.** Inventario taxonómico y funcional de la macrofauna del suelo en áreas MST de la Llanura Sur de Pinar del Río. Phylum<sup>1</sup>, Clase<sup>2</sup>, Subclase<sup>3</sup>, Orden<sup>4</sup>, Familia<sup>5</sup>, Género<sup>6</sup>, Especie<sup>7</sup>. Grupos funcionales: Detritívoros (Dt), Herbívoros (Hv), Depredadores (Dp), Omnívoros (Om). Presencia en Fincas MST: Tierra Brava (TB), Roberto Amarán (Am), Cascajales (C), Manolo (M), Pilón (P).

**Appendix 1.** Taxonomic and functional inventory of soil macrofauna in MST areas of the Southern Plain of Pinar del Río. Phylum<sup>1</sup>, Class<sup>2</sup>, Subclass<sup>3</sup>, Order<sup>4</sup>, Family<sup>5</sup>, Genus<sup>6</sup>, Species<sup>7</sup>. Functional groups: Detritivores (Dt), Herbivores (Hv), Predators (Dp), Omnivores (Om). Presence in MST Farms: Tierra Brava (TB), Roberto Amarán (Am), Cascajales (C), Manolo (M), Pilón (P).

**Annelida**<sup>1</sup>**Clitellata**<sup>2</sup>. **Oligochaeta**<sup>3</sup>**Crassiclitellata**<sup>4</sup>Acanthodrilidae<sup>5</sup>*Protozapotecia*<sup>6</sup>*P. angelesae*<sup>7</sup> (Dt) (TB, Am, C)Benhamiidae<sup>5</sup>*Dichogaster* sp.<sup>6</sup> (Dt) (TB, Am)Megascolecidae<sup>5</sup>*Polypheretima*<sup>6</sup>*P. elongata*<sup>7</sup> (Dt) (Am, C, M, P)Rhinodrilidae<sup>5</sup>*Onychochaeta*<sup>6</sup>*O. elegans*<sup>7</sup> (Dt) (TB, Am, C)*O. windlei*<sup>7</sup> (Dt) (Am, M)Pontoscolex<sup>6</sup>*P. cynthiae*<sup>7</sup> (Dt) (TB, Am, M)**Mollusca**<sup>1</sup>**Gastropoda**<sup>2</sup>**Systellommatophora**<sup>4</sup>Veronicellidae<sup>5</sup> (Dt) (Am)**Stylommatophora**<sup>4</sup>Camaenidae<sup>5</sup>*Zachrysia*<sup>6</sup> (Dt) (TB)Subulinidae<sup>5</sup>*Subulina*<sup>6</sup>*S. octona*<sup>7</sup> (Dt) (Am, M)**Arthropoda**<sup>1</sup>**Malacostraca**<sup>2</sup>**Isopoda**<sup>4</sup>Armadillidae<sup>5</sup>*Venezillo*<sup>6</sup> (Dt) (TB, Am, C)Platyarthridae<sup>5</sup>*Trichorhina*<sup>6</sup> (Dt) (TB, C)Trachelipidae<sup>5</sup>*Nagarus*<sup>6</sup> (Dt) (TB, Am, C, M)**Diplopoda**<sup>2</sup>**Spirobolida**<sup>4</sup>Trigoniulidae<sup>5</sup>*Trigoniulus*<sup>6</sup>*T. corallinus*<sup>7</sup> (Dt) (TB)**Polydesmida**<sup>4</sup>Paradoxosomatidae<sup>5</sup>*Ortomorpha*<sup>6</sup>*O. coarctata*<sup>7</sup> (Dt) (Am, C)Pyrgodesmidae<sup>5</sup> (Dt) (TB)**Polyxenida**<sup>4</sup>Lophoproctidae<sup>5</sup>Lophoturus<sup>6</sup> (Dt) (TB, Am, C)**Chilopoda**<sup>2</sup>**Lithobiomorpha**<sup>4</sup>Lithobiidae<sup>5</sup> (Dp) (Am, C, M)

## Cabrera Dávila y Capote-Alvarez: Macrofauna edáfica en sistemas de manejo sostenible, Cuba

**Chelicerata<sup>2</sup> . Arachnida<sup>3</sup>****Araneae<sup>4</sup>**Lycosidae<sup>5</sup> (Dp) (C)Gnaphosidae<sup>5</sup> (Dp) (TB)**Insecta<sup>2</sup> . Pterygota<sup>3</sup>****Coleoptera<sup>4</sup>**Carabidae<sup>5</sup> (Dp) (TB)Curculionidae<sup>5</sup> (Hv) (C)Elateridae<sup>5</sup> (Dp) (TB, Am)Scarabaeidae<sup>5</sup>*Ataenius*<sup>6</sup> (Hv) (TB, Am, C, M)Staphylinidae<sup>5</sup> (Dp) (Am, C)Tenebrionidae<sup>5</sup> (Dt) (TB)**Blattodea<sup>4</sup>**Blaberidae<sup>5</sup>*Pycnoscelus*<sup>6</sup>*P. surinamensis*<sup>7</sup> (Om) (TB, C)**Hemiptera<sup>4</sup>**Cydnidae<sup>5</sup> (Hv) (C)Cicadellidae<sup>5</sup> (Hv) (M)Rhyparochromidae<sup>5</sup> (Hv) (TB, C)**Hymenoptera<sup>4</sup>**Formicidae<sup>5</sup>*Nylanderia*<sup>6</sup>*N. fulva*<sup>7</sup> (Om) (Am, C, M, P)*Solenopsis*<sup>6</sup>*S. geminata*<sup>7</sup> (Om) (Am, C, M, P)*Tetramorium*<sup>6</sup>*T. simillimum*<sup>7</sup> (Om) (TB, Am, C, M)*T. bicarinatum*<sup>7</sup> (Om) (TB, C)*Wasmannia*<sup>6</sup>*W. auropunctata*<sup>7</sup> (Om) (C, M)**Blattodea (= Isoptera)<sup>4</sup>**Termitidae<sup>5</sup>*Anoplotermes*<sup>6</sup>*A. schwarzi*<sup>7</sup> (Dt) (TB)**Lepidoptera<sup>4</sup>**Tineidae<sup>5</sup> (Hv) (TB, Am)