

MANUAL PRÁCTICO SOBRE LA MACROFAUNA EDÁFICA COMO INDICADOR BIOLÓGICO DE LA CALIDAD DEL SUELO, SEGÚN RESULTADOS EN CUBA



2014

MANUAL PRÁCTICO SOBRE LA MACROFAUNA EDÁFICA COMO INDICADOR BIOLÓGICO DE LA CALIDAD DEL SUELO, SEGÚN RESULTADOS EN CUBA

Autor: Grisel de la C. Cabrera-Dávila

La elaboración de este manual fue posible gracias a los fondos otorgados por la Fundación Rufford (RSGF, para la Conservación de la Naturaleza), como un resultado del proyecto financiado: “Impacto de la intensidad de uso de la tierra sobre la macrofauna del suelo en el Occidente de Cuba. La macrofauna como bioindicador de la fertilidad del suelo”.

Diseño: G. Cabrera-Dávila y Yasmani J. Alonso Cabrera

Fotografía y Montaje: Alejandro Gamboa Valerino

Agradecimientos: A Dr. C. Daniel Ponce de León, MCs. Ana América Socarrás, MCs. María Aurora Mesa, Lic. Yojana Irina Menéndez, Técs. Alejandro Gamboa y Yoandris Mariño, por su valiosa ayuda en el trabajo de campo y por facilitar el muestreo de la fauna del suelo. A Lic. Marcia Marina Rodríguez por la revisión y ajustes a la redacción del documento. A MCs. Guillermina Hernández, por sus válidas sugerencias para lograr los resultados alcanzados y por la revisión del documento final. A los diferentes especialistas del Instituto de Ecología y Sistemática y de la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana, por su apoyo en la identificación de los macroinvertebrados.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
COMPOSICIÓN Y FUNCIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA	7
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y FUNCIONALES DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE LA MACROFAUNA EDÁFICA	9
EFFECTOS DE DIFERENTES PRÁCTICAS O SISTEMAS DE MANEJO SOBRE EL SUELO Y LA MACROFAUNA	22
INDICADORES PRÁCTICOS DE LA MACROFAUNA PARA VALORAR LA CALIDAD O FERTILIDAD DEL SUELO	25
PROTOCOLO RÁPIDO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL SUELO EN FUNCIÓN DE LA MACROFAUNA	28
GLOSARIO	31
LITERATURA CITADA	33

INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural no renovable, un medio vivo y dinámico que proporciona sustento a toda criatura viviente y donde ocurren procesos fundamentales de los ecosistemas como los ciclos del agua, carbono, nitrógeno y fósforo. La selección y aplicación de indicadores para reflejar su calidad, responden a la necesidad de preservar este medio debido a su deterioro creciente y a su valor para la vida en el planeta.

La calidad del suelo se define como la capacidad continua de este recurso para mantener el crecimiento sano de las plantas y la productividad del ecosistema, lo cual depende de las características químicas, físicas y biológicas del mismo (Doran y Parkin, 1994). Con el objetivo de evaluar la calidad o estado de salud de un suelo, se puede considerar a la macrofauna edáfica* como uno de los componentes biológicos que lo caracterizan. La macrofauna está integrada por organismos pequeños que habitan en el suelo pero fácilmente detectables, entre los que se encuentran las lombrices de tierra, las termitas, las hormigas, los milpiés, las cochinillas, las arañas, los ciempiés y otros. Ellos realizan importantes procesos y servicios ecosistémicos como son el reciclaje de nutrientes*, la descomposición* de la materia orgánica* y la conservación de la estructura del terreno, lo que garantiza la calidad y fertilidad del medio edáfico en sistemas naturales, agrícolas y forestales (Brown *et al.*, 2001).

Por la función ecológica que desempeñan estos organismos y su relación con las propiedades del suelo, tanto físicas como químicas, que determinan su establecimiento (por ejemplo: humedad, compactación*, porosidad, materia orgánica), son valorados como indicadores de la calidad o fertilidad del suelo* y del impacto de diferentes sistemas de manejo. Precisamente otra característica que posibilita esta condición de la macrofauna es la variación de su diversidad y abundancia a corto plazo producto de la alteración en la vegetación y la consecuente transformación del contenido de materia orgánica. Finalmente, el hecho de que sea fácil de ver, identificar y manipular en el campo, y por la frecuencia con que es encontrada durante el proceso de preparación del terreno por los propios productores, es que se toma en cuenta para su uso como bioindicador*.

La diversidad y la abundancia de la macrofauna variará en función de la intensidad de uso de la tierra y la aplicación de diferentes prácticas agrícolas. Por tanto, un manejo adecuado del suelo proporcionará una mayor variedad y cantidad de organismos edáficos que puedan ayudar a asegurar el reciclaje de nutrientes, un rápido crecimiento de las plantas y una capacidad productiva sostenible del sistema. Esto sería particularmente importante en áreas cultivadas de bajos insumos y en suelos infértiles.

Con este Manual Práctico se pretende extender el conocimiento del papel funcional en la conservación del suelo de los diferentes organismos que forman parte de la macrofauna, abordar aspectos de su morfología e ilustrar con fotos para su correcta identificación. También comprende la propuesta de indicadores prácticos, basada fundamentalmente en resultados obtenidos en Cuba, y de un protocolo rápido para estimar esta fauna y con ello evaluar la calidad del suelo y el efecto de diversas prácticas o sistemas de uso. El manual en sí, los indicadores prácticos y el protocolo de rápida evaluación, constituyen las primeras propuestas de este tipo para Cuba. La información se expone de manera resumida y sencilla no solo para su comprensión por personal profesional y técnico relacionado con el cuidado del suelo, sino para poner en práctica directamente por técnicos y productores agrícolas, ganaderos y forestales.

* Ir al Glosario para mejor comprensión de las palabras marcadas con asteriscos en el texto. (Nota del autor).

COMPOSICIÓN Y FUNCIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA

La macrofauna edáfica está compuesta por animales invertebrados* que pasan toda o una parte de su vida dentro del suelo, sobre la superficie inmediata de éste, en la hojarasca* superficial y los troncos caídos en descomposición. Poseen un ancho de cuerpo o diámetro mayor de 2 mm y una longitud igual o mayor de 10 mm; por lo que son posibles de detectar a simple vista, a diferencia de otros invertebrados más pequeños que integran la mesofauna (diámetro entre 0.2 - 2 mm) y la microfauna edáfica (diámetro menor de 0.2 mm) (Brown *et al.*, 2001). Por otra parte, a partir de su función e impacto en el suelo, de su forma de vida y de su fuente de alimentación o hábito alimentario, la macrofauna se puede dividir en distintos grupos funcionales, entre ellos los detritívoros, los herbívoros y los depredadores (Zerbino *et al.*, 2008), y con una repercusión especial en la evolución y productividad del suelo se pueden señalar a los ingenieros del ecosistema.

El grupo funcional de detritívoros vive en la hojarasca, en la superficie e interior del suelo. Interviene en la descomposición de la materia orgánica y, fundamentalmente los invertebrados que habitan en la superficie, se encargan de la trituración de los restos vegetales y animales que componen la hojarasca. La fragmentación mecánica de estos restos hace que haya mayor disponibilidad de alimentos para otros invertebrados más pequeños y para los microorganismos (por ejemplo: hongos y bacterias), jugando los detritívoros un papel importante en el reciclaje de nutrientes. En la literatura especializada se menciona, además, que algunos individuos detritívoros podrían ser omnívoros no selectivos; siendo los organismos omnívoros consumidores de todo tipo de material de origen vegetal o animal.

La otra parte de los macroinvertebrados* que funcionan como herbívoros o depredadores, viven tanto en el interior como en la superficie del suelo. Los primeros se alimentan de las partes vivas de las plantas y así controlan la cantidad de material vegetal que ingresa al suelo; mientras los depredadores consumen diversos invertebrados, por lo que modifican el equilibrio de sus poblaciones y el balance entre estas y los recursos disponibles del ecosistema.

Los ingenieros del suelo o del ecosistema constituyen una clasificación relacionada especialmente con los cambios físicos que provocan en el medio edáfico (Jones *et al.* 1994). Los ingenieros existen mayormente en el interior del suelo y son responsables de la formación de poros, de la oxigenación y de la infiltración de agua, producto de las redes de galerías que construyen. También posibilitan la transformación de la materia orgánica por su interacción con algunos microorganismos. Influyen en el proceso de agregación* y formación de la estructura del suelo* gracias al aporte de sus heces fecales, que son el producto de la mezcla en sus intestinos de material mineral (arena y arcilla) y orgánico del suelo, constituyendo reservorios de nutrientes.

A continuación se detallan los grupos de invertebrados que integran la macrofauna edáfica y que con mayor frecuencia se encuentran en el suelo, así como las diferentes funciones que ellos realizan (Tabla 1).

Tabla 1. Grupos que componen la macrofauna del suelo.

Nombre común	Grupo taxonómico reconocido (Clase**, Orden* o Familia)	Grupo funcional
Lombrices de tierra	Haplotaxida*	Detritívoros e Ingenieros del suelo
Babosas y caracoles	Gastropoda**	Detritívoros Depredadores
Cochinillas	Isopoda*	Detritívoros
Milpiés	Diplopoda**	Detritívoros
Ciempíes	Chilopoda**	Depredadores
Arañas	Araneae*	Depredadores
Arañas patonas	Opiliones*	Depredadores
Falsos escorpiones	Pseudoscorpionida*	Depredadores
Cucarachas	Insecta**-Dictyoptera*	Detritívoros Herbívoros Omnívoros
Escarabajos	Insecta**-Coleoptera*	Detritívoros Herbívoros Depredadores
Tijeretas	Insecta**-Dermaptera*	Detritívoros Depredadores
Moscas y mosquitos	Insecta**-Diptera*	Detritívoros Depredadores
Chinches y salta hojas	Insecta**-Hemiptera*	Herbívoros
Hormigas	Insecta**-Hymenoptera*-Formicidae	Omnívoros, Depredadores e Ingenieros del suelo
Termitas o comejenes	Insecta**-Isoptera*	Detritívoros e Ingenieros del suelo
Mariposas y orugas	Insecta**-Lepidoptera*	Herbívoros
Grillos y saltamontes	Insecta**-Orthoptera*	Herbívoros

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y FUNCIONALES DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE LA MACROFAUNA EDÁFICA

En este acápite, se ofrece una breve descripción de las características externas (Barnes, 1986), del tipo de alimentación, dónde viven y la función que efectúan cada uno de los grupos de la macrofauna.

1. Lombrices de tierra: Phylum Annelida, Clase Clitellata, Subclase Oligochaeta, Orden Haplotaxida (Figs. 1, 2 y 3).

Gusanos segmentados, cilíndricos, de textura blanda y húmeda. En los segmentos anteriores o parte anterior del cuerpo está situada la boca e internamente las estructuras de los sistemas nervioso, circulatorio y reproductivo. En la parte posterior corre el intestino a lo largo del cuerpo, que abre al final en el ano. Organismos hermafroditas, con los órganos sexuales femeninos y masculinos en el mismo individuo. Externamente desarrollan una estructura llamada clitelo, a modo de cinturón engrosado alrededor de todo el cuerpo que abarca pocos segmentos, lo que representa que el individuo ha alcanzado la madurez sexual y está apto para reproducirse.

Desde el punto de vista funcional, son considerados ingenieros del ecosistema ya que su acción fundamental es la transformación de las propiedades físicas del suelo (regulan la compactación, la porosidad, las condiciones hídricas y la macroagregación). Existen, además, diferentes tipos o categorías ecológicas de lombrices, según dónde viven y se alimentan: epigeas, anécicas y endógeas. Las lombrices epigeas viven y se alimentan en la superficie del suelo, entre la hojarasca, son pequeñas, pigmentadas (con color rosado, rosado azuladas, con bandas amarillentas o naranjas) y tienen movimientos rápidos. Las anécicas y endógeas viven y se alimentan en el interior del suelo, aunque las anécicas migran a la superficie en busca de su alimento, son de medianas a grandes, parcialmente pigmentadas o no pigmentadas (blancas) y de movimientos lentos. La mayoría de las especies de lombrices presentes en Cuba son anécicas o endógeas, con función detritívora, pues consumen materia orgánica con alto grado de descomposición junto a material mineral del suelo. Pueden ser buenas indicadores ante situaciones como la contaminación por plaguicidas y metales pesados*, compactación, contenido de materia orgánica y condiciones hídricas en el medio edáfico.



Fig. 1.
Lombriz de tierra de la Familia Megascolecidae Especie *Polypheretima elongata*, común en pastizales.



Fig. 2. Lombriz de tierra de la Familia Glossoscolecidae Especie *Onychochaeta elegans*.

Fig. 3. Lombriz de tierra de la Familia Megascolecidae Especie *Diplotrema* sp.

2. Babosas y caracoles: Phylum Mollusca, Clase Gastropoda (Figs. 4 y 5).

Las babosas y los caracoles presentan una cabeza diferenciada, con tentáculos en cuyos extremos se encuentran los ojos, y un pie musculoso en contacto con el suelo que les sirve para la locomoción. A diferencia de los caracoles, las babosas no tienen concha y el cuerpo es húmedo, envuelto en una sustancia gelatinosa que segregan y ayuda en el movimiento. Los caracoles tienen el cuerpo cubierto con una concha rica en carbonato de calcio, de forma oval o cónica. En esta concha se recoge el animal y le sirve de protección contra los depredadores y la desecación.

Las babosas y la mayoría de los caracoles viven entre la hojarasca y son detritívoros que se alimentan de materia orgánica no viva de origen animal y vegetal. No obstante, las babosas pueden consumir material vegetal vivo y dañar en ocasiones los cultivos. Algunos caracoles son carnívoros y actúan como depredadores de otros invertebrados del suelo. Los caracoles y las babosas prefieren hábitats que proporcionen refugio y humedad adecuada y necesaria para la realización de procesos como la alimentación, la reproducción y la locomoción.



Fig. 4. Caracoles de diferentes especies que se encuentran en el suelo.



Fig. 5. Caracol de la Familia Subulinidae Especie *Subulina octona*.

3. Cochinillas: Phylum Arthropoda, Clase Malacostraca, Orden Isopoda (Figs. 6 y 7).

Cuerpo con coloración de gris a negro, aplanado, segmentado y dividido en cabeza, tórax y abdomen; aunque el tórax y el abdomen tienen el mismo ancho, por lo que ambas regiones no se diferencian claramente. Cabeza fusionada con los primeros segmentos torácicos y provista de dos pares de antenas que actúan como órganos sensoriales, el primer par muy corto, no distinguible y el segundo bien desarrollado. Los segmentos torácicos y abdominales tienden a proyectarse lateralmente. Presentan, por lo general, siete pares de patas y tienen una estructura final llamada telson*, fusionada casi siempre al último segmento abdominal. Cuando le amenaza un depredador, como modo de protección, algunas especies se enrollan formando una bola.

Los isópodos o cochinillas se alimentan de material vegetal muerto, por lo que ayudan en la descomposición de la hojarasca, y en algunas situaciones pueden ingerir excrementos, restos animales y material vegetal vivo. La mayoría son altamente susceptibles a la pérdida de agua, debido a lo cual están restringidos a hábitats húmedos. Por su permanencia en la superficie del suelo, pueden ser afectados por el intenso laboreo y la adición de plaguicidas, fundamentalmente.



Fig. 6. Cochinilla de la Familia Armadillidae
Especie *Venezillo* sp.



Fig. 7. Cochinilla de la Familia Trachelipidae
Especie *Nagarus* sp.

4. Milpiés: Phylum Arthropoda, Subphylum Myriapoda, Clase Diplopoda (Figs. 8, 9, 10 y 11).

Artrópodos* cilíndricos, segmentados, de múltiples patas, diferente coloración (negros, carmelitas y grises generalmente) y tamaño (desde 2 mm hasta varios cm de longitud). Cuerpo compuesto por la cabeza y el tronco, el cual es alargado, de constitución dura, que termina en el telson donde abre el ano. Cabeza con un par de ojos, provista de mandíbulas y antenas cortas. Cada segmento del tronco con dos pares de patas, característica que le da nombre al grupo (Diplopoda). Algunos milpiés pequeños tienen espinas en cada segmento que sobresalen lateralmente, y no son de constitución dura, como los pertenecientes al orden Polyxenida. La mayoría de las especies portan un par de glándulas por segmento que secretan una sustancia repelente cuando se sienten amenazados. También, para defenderse de los depredadores, se enroscan y adoptan forma esférica.



Fig. 8. Milpié de la Familia Paradoxosomatidae
Especie *Chondromorpha xanthotrica*.

Los diplópodos o milpiés son netamente detritívoros, tienen una función importante en la fragmentación y descomposición de la hojarasca, influyendo en la disminución del tamaño de los restos vegetales. Algunas especies están fuertemente asociadas a madera podrida porque habitan bajo la corteza de los árboles, mientras otros solo se encuentran en cuevas. Tienen, al igual que otros habitantes de la hojarasca y la superficie del suelo, una alta dependencia del contenido de humedad.



Fig. 9. Milpié de la Familia Trigoniulidae
Especie *Leptogoniulus sorornus*.



Fig. 10. Milpié del Orden Polydesmida.



Fig. 11. Milpié del Orden Polyxenida.

5. Ciempiés: Phylum Arthropoda, Subphylum Myriapoda, Clase Chilopoda (Fig. 12).



Fig. 12. Ciempié o Escolopendra
Familia Scolopocryptopidae stollii.
Especie *Newportia*

Conocidos popularmente como ciempiés y escolopendras. Cuerpo segmentado, alargado y plano, dividido en cabeza y tronco. Usualmente azulados, amarillos pálidos y naranjas o con otras combinaciones de colores. A diferencia de los milpiés, poseen un par de patas por segmento del cuerpo, y pueden llegar a medir desde unos mm hasta varios cm. Tienen un par de antenas, por lo general de considerable longitud, localizadas en el margen anterior de la cabeza. Al final del cuerpo presentan el telson, del cual se extienden un par de apéndices a modo de patas.

Los ciempiés son carnívoros o depredadores y atacan todo tipo de animales de su tamaño. Por ello tienen las piezas bucales modificadas y secretan veneno para capturar y matar a sus presas. Pueden encontrarse en varios microhábitats: tocones viejos y podridos de árboles, debajo de piedras, en la hojarasca e incluso en las grietas de cuevas. Requieren siempre microclimas húmedos debido a su pérdida de agua.

6. Arañas: Phylum Arthropoda, Clase Arachnida, Orden Araneae (Fig. 13).

Las arañas tienen el cuerpo dividido en dos regiones: anteriormente, el cefalotórax y posteriormente, el abdomen. En la región anterior o cefalotórax se ubican de dos a cuatro pares de ojos, y unas estructuras en par llamadas quelíceros* y otras pedipalpos*, usadas para capturar y dar muerte a sus presas. El abdomen es liso, no segmentado y generalmente de forma globosa. Es característico en todos los arácnidos la presencia de cuatro pares de patas.

Otros representantes de arácnidos que se pueden encontrar con facilidad en el suelo son los opiliones o arañas patonas (Fig. 14) y los pseudoescorpiones o falsos escorpiones. Los primeros, muy parecidos a las arañas y de cuerpo pequeño, se diferencian por tener las patas largas y delgadas y el cefalotórax y el abdomen fusionados. Los falsos escorpiones son muy pequeños y semejantes a los escorpiones, pero el abdomen es sin cola y sin glándula venenosa.



Fig. 13. Araña de la Familia Lycosidae.



Fig. 14. Opilión de la Familia Cosmetidae.

Todos son depredadores y las principales presas son los insectos, tales como las larvas de moscas, escarabajos adultos y en estado larval, polillas pequeñas, así como cochinillas y termitas. Habitan la hojarasca y las grietas de la superficie del suelo, bajo piedras, cortezas de troncos; y pueden vivir en los nidos de termitas y hormigas, sobre todo los falsos escorpiones. Las arañas producen seda, llamada telaraña y algunas la usan para cazar a sus presas, otras arañas son cazadoras activas. Las arañas pueden indicar la calidad del hábitat ya que requieren de recursos alimenticios y de refugio disponibles en el ecosistema.

7. Insectos.

Todos los insectos tienen el cuerpo dividido en 3 partes: cabeza, tórax y abdomen, y varían tanto en tamaño como en coloración. En la cabeza se destaca la presencia de dos ojos compuestos, dos antenas y las piezas bucales; las antenas y piezas bucales de forma variable para cada insecto. En la región del tórax se insertan seis patas, y usualmente dos pares de alas en los adultos. El abdomen posee de nueve a once segmentos, y en el último, algunos insectos poseen un par de estructuras llamadas cercos, de función sensorial. Se describen los grupos de insectos más comunes en el suelo, ya sea por la incidencia de adultos y/o de individuos inmaduros, larvas o ninfas. Estos tres últimos términos significan indistintamente que el individuo no ha desarrollado sus órganos sexuales completamente y no está apto aún para reproducirse. Las larvas, además, no presentan alas ni ojos compuestos.

7.1. Cucarachas: Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Dictyoptera (Figs. 15 y 16).

Son insectos aplanados y de forma ovalada. Tienen la cabeza pequeña y triangular, de la que parten un par de antenas muy largas. Poseen piezas bucales masticadoras muy desarrolladas. Pueden tener, o no, alas e incluso las especies aladas no siempre vuelan. Son animales que tienen patas largas y espinosas, de ágiles movimientos. En el suelo habitan tanto formas inmaduras o ninfas, como adultos.

Las cucarachas consumen con mayor frecuencia todo tipo de material muerto, ya sea de origen animal o vegetal (omnívoros y detritívoros). Algunas pueden consumir material vegetal vivo (herbívoros). Son de actividad nocturna fundamentalmente y se encuentran en un amplio rango de ecosistemas, desde áreas silvestres hasta cultivadas como por ejemplo, los sistemas agrícolas urbanos.



Fig. 15. Cucaracha de la Familia Blattidae
Especie *Periplaneta* sp.



Ninfa



Adulto

Fig. 16. Cucaracha de la Familia Blaberidae, Especie *Pycnoscelus surinamensis*.

7.2. Escarabajos: Phylum Artropoda, Clase Insecta, Orden Coleoptera (Figs. 17, 18, 19, 20 y 21).

Los escarabajos presentan un tegumento* duro (esclerotizado) y piezas bucales masticadoras con fuertes mandíbulas. Su principal diferencia con otros insectos es que los adultos presentan las alas delanteras, o primer par de alas, esclerotizadas, no funcionales para el vuelo, como escudos que cubren total o parcialmente el abdomen, llamadas élitros. La función del primer par de alas es proteger el segundo par, que son membranosas, aptas para volar y en reposo se esconden debajo de los élitros. En el suelo se encuentran tanto larvas como adultos. Los escarabajos pueden desarrollar todo su ciclo de vida en el suelo o solo vivir durante su fase larval, y una vez que alcanzan el estado adulto cambiar de ambiente. Las larvas de escarabajos, en comparación con las larvas de otros insectos presentan la cabeza con sus piezas bucales de tipo masticador y los tres pares de patas bien diferenciados.



Adulto

Fig. 17. Escarabajo de la Familia Staphylinidae.

Los escarabajos, ya sean en estado larval o adulto, tienen una gran variedad de formas, tamaños y sitios de refugio y alimentación. Esta diversidad de hábitats es un reflejo de las diferentes dietas que poseen, por lo que podemos encontrar familias detritívoras, herbívoras y depredadoras. Entre las familias de escarabajos más comunes en el suelo se pueden mencionar a: Elateridae, Scarabaeidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tenebrionidae, Carabidae y Staphylinidae. Generalmente Elateridae y Scarabaeidae se encuentran en forma larval, y el resto de las familias, en estado adulto.



Adulto

Fig. 18. Escarabajo de la Familia Carabidae.



Adulto

Fig. 19. Escarabajo de la Familia Tenebrionidae.

Estas familias tienen caracteres externos bien definidos que posibilitan su diferenciación. Los adultos de Carabidae tienen colores oscuros, lustrosos, metálicos e iridiscentes, y algunos presentan un estrechamiento en el tórax, que separa esta región del resto del cuerpo. También Tenebrionidae posee colores oscuros pero opacos, con respecto a los carábidos, y un tegumento duro y grueso. Chrysomelidae tiene la superficie de los élitros de color brillante y siempre con líneas o manchas; mientras Staphylinidae tiene la mayoría de sus individuos con cuerpo alargado y con élitros de un solo color y acortados que no cubren totalmente el abdomen. La característica más destacada de Curculionidae es que su cabeza se prolonga en forma de pico, en el extremo del cual se abre la boca. Entre las larvas de Scarabaeidae y Elateridae, las primeras son gruesas, de cuerpo blando y jorobadas en forma de U, mientras que las segundas son finas, alargadas y de constitución dura, por lo cual son llamadas gusanos alambre.



Fig. 20. Escarabajo de la Familia Scarabaeidae.



Fig. 21. Escarabajo de la Familia Elateridae.

Las familias Elateridae, Scarabaeidae, Curculionidae y Chrysomelidae son fundamentalmente herbívoras, ya sea de hojas, tallos o raíces. Las dos primeras familias viven en el interior del suelo, entre las raíces de las plantas, y el resto pueden ser encontradas entre la hojarasca superficial. Por su parte, Tenebrionidae es detritívora y Carabidae depredadora de otros escarabajos, de larvas de moscas y de mariposas, de chinches, de caracoles y de microartrópodos como los colémbolos*. En el caso de Staphylinidae tiene especies herbívoras, detritívoras y también depredadoras de otros insectos y de microartrópodos como los ácaros oribátidos*. Tenebrionidae, Carabidae y Staphylinidae pueden ser halladas en la superficie o en el interior del suelo. Algunas de estas familias son muy sensibles a cambios en las prácticas agrícolas que afectan los recursos disponibles, ya sea por la aplicación de fertilizantes, plaguicidas o laboreo intenso.

7.3. Tijeretas: Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Dermaptera (Figs. 22 y 23).

Estos insectos son conocidos vulgarmente como “pica culos” y pueden ser confundidos con los escarabajos. Son insectos elongados y con boca masticadora. La mayoría de las especies presentan el primer par de alas como élitros y el segundo en forma de abanico. Se diferencian de otros insectos por la presencia, al final del cuerpo, de un par de estructuras a modo de forceps, cercos o pinzas. Realizan todo su ciclo de vida en el suelo, cavando y viviendo en túneles profundos en muchas ocasiones. Son principalmente de actividad nocturna y su función es detritívora y depredadora.



Fig. 22. Tijereta de la Familia Carcinophoridae.



Fig. 23. Tijereta de la Familia Forficulidae.

7.4. Moscas y mosquitos: Phylum Artropoda, Clase Insecta, Orden Diptera (Fig. 24).

Es común encontrar en el suelo tanto larvas como adultos. Los adultos tienen aparato bucal chupador, en forma de trompa bilobulada al final. Es peculiar en el grupo la presencia de solo un par de alas para el vuelo; el segundo par está reducido a manera de raqueta, que ayuda en el equilibrio. Las larvas de moscas tienden a confundirse con las larvas de escarabajos, aunque son más finas y no se les distingue claramente ni la cabeza ni las patas.

La mayoría de las larvas de dípteros que habitan en el suelo son detritívoras, aunque algunas son depredadoras. Las especies detritívoras están asociadas con acumulaciones de materia orgánica y de excrementos, y su abundancia disminuye en suelos con bajo contenido orgánico.



Fig. 24. Mosca de la Familia Phoridae.

7.5. Chinchas, salta hojas y pulgones: Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Hemiptera (Figs. 25 y 26).

Los caracteres que distinguen a este grupo son la forma de la boca y la posición de las alas cuando se encuentran en reposo. Se caracterizan por poseer un aparato bucal chupador, con forma de tubo succionador que se extiende por debajo del cuerpo. Las chinchas presentan el primer par de alas divididas en una mitad anterior o basal, dura y una mitad posterior o distal, membranosa. El segundo par es totalmente membranoso y ambos pares de alas quedan planos con respecto al área del abdomen, cuando se cierran. En el caso de los salta hojas, sus alas son uniformemente membranosas y al cerrarse quedan inclinadas con respecto al abdomen, formando un tejado.

Todos los integrantes de Hemiptera, que habitan en el suelo, tienen hábito herbívoro pues atacan raíces u hojas. Se pueden encontrar en la hojarasca, dentro del suelo, debajo de la corteza de árboles caídos y en todo tipo de ecosistemas naturales o antropizados. Sus poblaciones son susceptibles a la aplicación de plaguicidas.



Fig. 25. Chinche de la Familia Cydnidae.



Fig. 26. Salta hoja de la Familia Cicadellidae.

7.6. Hormigas: Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Hymenoptera, Familia Formicidae (Figs. 27, 28, 29 y 30).

Son insectos de comportamiento gregario, parientes de las avispas y las abejas. En sus colonias existen diferentes miembros o castas que cumplen con funciones distintas, por ejemplo, los soldados que protegen el nido, y las obreras que cuidan la colonia y alimentan a sus integrantes. Las hormigas se identifican fácilmente por sus antenas en ángulo recto o de forma acodada y por la presencia de una constricción entre el tórax y el abdomen, llamada pedicelo o cinturita.



Fig. 27. Hormiga brava
Familia Myrmecinae
Especie Solenopsis geminata.



Fig. 28. Hormiga de la Familia
Formicinae
Especie Nylanderia fulva.



Fig. 29. Cabeza de la Hormiga
santanilla
Familia Myrmecinae Especie
Wasmannia auropunctata.

Sus nidos pueden ser simples o altamente complejos, formados en la superficie o en el interior del suelo, para lo cual remueven los diferentes estratos de este medio, contribuyendo así a la dinámica de descomposición y mineralización* de la materia orgánica. De esta manera, también crean sitios de refugio y alimentación para otros organismos descomponedores. Al igual que las lombrices de tierra, su acción fundamental es como ingenieros del suelo en la modificación de su estructura física. Las hormigas son organismos omnívoros, poco selectivos, que consumen todo tipo de material vegetal o animal. También pueden ser efectivos depredadores de otros invertebrados, controlando sobre todo la población de herbívoros y la producción vegetal. Algunos especialistas han registrado un aumento de su abundancia, diversidad y actividad en sistemas agrícolas integrados.



Fig. 30. Hormiga brava cargando una termita.

7.7. Termitas o comejenes: Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Isoptera (Figs. 31 y 32).

Las termitas, como las hormigas, son insectos sociales, formadores de colonias donde conviven las diferentes castas. El par real (reina y rey) se encarga de la reproducción durante toda la vida de la colonia; las obreras y los soldados cumplen con la formación, cuidado del nido y la protección contra los depredadores, respectivamente. Son de cuerpos blandos, blanquecinos o incoloros, con boca masticadora. A diferencia de las hormigas tienen antenas rectas, uniformes, no acodadas; además, no presentan la estructura de pedicelo entre el torác y el abdomen. Los adultos o alados, quienes asumirán el rol del par real dentro de la colonia, presentan alas membranosas, ambas activas en el vuelo. Abdomen con alrededor de 10 segmentos.



Fig. 31. Termitas de la Familia Termitidae
Especie *Anoplotermes schwarzi* Reina y
Obreros, ausencia de Soldados.



Fig. 32. Termitas de la Familia Termitidae
Especie *Nasutitermes corniger* Obreros y
Soldados.

Las termitas o comejenes se reconocen por su acción de agentes biológicos que atacan la madera, por lo que se les considera plagas urbanas y forestales; pero también intervienen en la descomposición de la materia orgánica, como organismos detritívoros de los ecosistemas tropicales. Se pueden encontrar en hojarasca, troncos caídos en descomposición, formando nidos en la superficie e interior del suelo y afectando árboles vivos.

Para la construcción de los nidos transportan grandes cantidades de material orgánico, lo que contribuye significativamente al reciclaje de nutrientes y aumenta la actividad microbiológica del suelo. Con su función ecológica, influyen también en la porosidad, aireación y drenaje del suelo, lo que las asemeja a las lombrices y las hormigas como ingenieros del ecosistema. Son susceptibles a la degradación de los hábitats.

7.8. Mariposas, polillas y orugas: Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Lepidoptera (Figs. 33 y 34).

En el suelo se pueden encontrar en estado adulto a las polillas, que al contrario de las mariposas no tienen colores vistosos y su actividad es fundamentalmente nocturna. También es muy común encontrar orugas, que constituyen la fase larval de los lepidópteros. Las mariposas y polillas son distintivas por la presencia de escamas en todo el cuerpo, y por tener boca en forma de trompa enrollada que permite chupar el néctar de las flores. Las orugas, por su parte, tienen forma de gusano, a veces envueltas en una seda, con la cabeza y los tres pares de patas diferenciados, y con unas estructuras proyectadas o abultadas hacia el final del cuerpo, consideradas falsas patas. Las orugas son fáciles de encontrar en profundas cámaras o galerías, en pastizales y otros sistemas; además, tienen hábitos herbívoros pues se alimentan de las hojas de las plantas.



Fig. 33. Oruga de la Familia Tineidae
Especie *Acrolophus* sp.



Fig. 34. Oruga de la Familia Erebididae
Especie *Mocis* sp.

7.9. Grillos y saltamontes: Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Orden Orthoptera (Fig. 35).

Los ortópteros, representados principalmente por los grillos, tienen un aparato bucal masticador y se distinguen porque la región anterior o fémur del tercer par de patas está engrosado, lo que facilita el salto de estos insectos. Poseen también antenas muy largas, que pueden llegar a tener una longitud que representa el doble de sus cuerpos.

Son herbívoros, comunes en áreas con vegetación rastrera, de gramíneas y leguminosas forrajeras. Tanto las ninfas como los adultos son eficientes cavadores, que abren galerías en el suelo donde permanecen durante el día. En la noche salen a la superficie en busca del alimento.



Fig. 35. Grillo no identificado.

EFFECTOS DE DIFERENTES PRÁCTICAS O SISTEMAS DE MANEJO SOBRE EL SUELO Y LA MACROFAUNA

Con efectos negativos:

1. Sistemas agrícolas convencionales, cultivos anuales, monocultivos (Figs. 36, 37).

Efectos: Progresivo deterioro de la materia orgánica por una entrada menor e irregular de hojarasca al sistema y retiro de los rastrojos de la superficie. Incremento de la erosión debido al aumento de la compactación y a una baja capacidad de retención de agua en el suelo, así como a la contaminación por productos químicos. Estos ambientes simplificados, que no incluyen diversidad en la vegetación, disminuyen las fuentes de alimentos, hábitat y reproducción para la macrofauna benéfica y aumenta la probabilidad de colonización de organismos herbívoros-plagas.

Recomendaciones: Aplicar la asociación y alternancia de cultivos y especies de pastos, por ejemplo, en los pastizales mezclar gramíneas y leguminosas herbáceas (*Macroptilium*: siratro, *Pueraria*: kudzú, *Neonotonia*: glycine); ya que estas últimas contribuyen a la fertilidad del suelo a través de la fijación del nitrógeno atmosférico, de lo cual se beneficia la gramínea asociada, y aportan mayor cantidad de materia seca o residuos al sistema. También la introducción de gramíneas de crecimiento rastrero como *Cynodon nlemfuensis* (pasto Estrella) evitan procesos erosivos y favorecen la infiltración de agua y con ello el desarrollo de la fauna edáfica.

2. Uso de fertilizantes químicos y plaguicidas.

Efectos: Desestabilizan los ciclos de nutrientes en el suelo y causan cambios morfológicos y fisiológicos en las poblaciones de algunos insectos beneficiosos y en las lombrices de tierra.

Recomendaciones: Sustituir por abonado orgánico como la adición de productos orgánicos de fácil descomposición (por ejemplo: humus de lombriz), para aumentar la calidad y la cantidad del contenido de materia orgánica. La materia orgánica constituye la principal fuente energética o de alimento para algunos invertebrados y microorganismos en el suelo.

3. Empleo de maquinarias y laboreo intenso (Fig. 38).

Efectos: Causan la compactación, afectan la porosidad, la aireación y el drenaje de agua en el suelo, con la consecuente pérdida de la calidad física del terreno. De esta manera destruyen los microhábitats disponibles para la permanencia y actividad de los diferentes grupos de la macrofauna edáfica.

Recomendaciones: Usar la siembra directa y la labranza de conservación a través del multirado y la tracción animal, para eliminar el empleo de maquinarias y con ello las capas compactas de la superficie que conllevan a procesos erosivos; también para quitar la vegetación espontánea y conservar la actividad biológica del suelo.



Fig. 36. Monocultivo de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar).



Fig. 37. Pastizal sin árboles



Fig. 38. Cultivo de *Solanum tuberosum* (papa).

Con efectos positivos:

1. Asociación y rotación de cultivos (Fig. 39).

Efectos: Garantiza un balance en la extracción/donación de nutrientes en el suelo, lo que favorece su fertilidad y disminuye la incidencia de plagas y enfermedades. Además, contribuye a una cobertura vegetal diversa y con ello a un mayor aporte de hojarasca y recursos heterogéneos que determinan un aumento en la variedad de organismos edáficos benéficos como los detritívoros.

Recomendaciones: Combinar cultivos de ciclo corto con cultivos de ciclo largo o plantas perennes, como se acostumbra en huertos o fincas agrícolas, para ofrecer mayor cobertura al suelo y mejores condiciones para la fauna edáfica. Entre los cultivos de ciclo corto se recomiendan: *Phaseolus vulgaris* (frijol), *Lycopersicon esculentum* (tomate), *Talinum paniculatum* (espinaca), *Carica papaya* (fruta bomba), *Manihot esculenta* (yuca), y como cultivos de ciclo largo: *Musa paradisiaca* (plátano fruta), *Citrus aurantium* (naranja agria) y *Annona reticulata* (chirimoya).

2. Establecimiento de árboles en los sistemas agrícolas y ganaderos (Fig. 40).

Efectos: Uso más eficiente de las reservas de agua y de nutrientes, gracias a que las raíces de los árboles exploran las capas más profundas del suelo y facilitan la absorción de estos elementos. Posibilitan gran acumulación de materia orgánica a través de los restos de hojas, raíces, frutos y otras partes de las plantas; mejoran las propiedades físicas (porosidad, macroagregación e infiltración de agua) como resultado del incremento de la materia orgánica y la penetración de las raíces de los árboles a mayor profundidad del suelo. La sombra de los árboles condiciona un microclima edáfico favorable de humedad y temperatura que garantiza la recolonización de la macrofauna y controla el crecimiento de las malezas.

Recomendaciones: Establecer sistemas silvopastoriles con la siembra de árboles leguminosos, maderables o frutales para cobertura y cortinas rompe-vientos. Se sugieren como árboles leguminosos a *Leucaena leucocephala* (leucaena) y *Albizia lebbek* (aroma francesa) debido al beneficio que causan sobre el aprovechamiento de luz y el crecimiento del pasto base, la fijación del nitrógeno, el consecuente aumento de la fertilidad del suelo, y la alta descomposición de la hojarasca por su mayor calidad y palatabilidad* para los macroinvertebrados detritívoros. En estos sistemas se recomienda cuidar la carga animal (cantidad de animales en pastoreo/unidad de superficie) para no crear sobrepastoreo, lo cual induce la simplificación de la vegetación, la eliminación de la capa de residuos, la compactación del suelo por el pisoteo de los animales y la desaparición de la fauna edáfica.



Fig. 39. Finca Agroecológica.



Fig. 40. Sistema Silvopastoril de *Leucaena leucocephala*.

INDICADORES PRÁCTICOS DE LA MACROFAUNA PARA VALORAR LA CALIDAD O FERTILIDAD DEL SUELO

Los estudios de la macrofauna, según el impacto del uso de la tierra o el tipo de ecosistema y el manejo de las plantas, tanto a escala mundial (Lavelle *et al.*, 2003; Feijoo *et al.*, 2007; Velasquez *et al.*, 2007; Ruiz *et al.*, 2011; De la Rosa y Negrete-Yankelevich, 2012; Rousseau *et al.*, 2013) como en Cuba (Rodríguez, 2000; Cabrera-Dávila *et al.*, 2004, 2007, 2011; Rodríguez *et al.*, 2008; Sánchez *et al.*, 2008; Cabrera-Dávila, 2012), permitieron considerar esta fauna para su uso como bioindicador.

Los resultados mostraron que los organismos detritívoros —dígase las lombrices de tierra, las termitas, los milpiés, las cochinillas, algunos escarabajos y caracoles, entre otros— pueden ser afectados por factores como el clima, la humedad, la textura y las propiedades químicas del suelo. En particular, los integrantes de la hojarasca son muy sensibles a cambios bruscos de humedad y temperatura porque viven en la superficie del suelo y, ante condiciones de estrés hídrico, temperaturas elevadas y la falta de cobertura vegetal, tienden a desaparecer. Estos invertebrados dependen primordialmente de la presencia de agua en el suelo, ya que les facilita su movimiento en la tierra, respirar y reproducirse, y también de la entrada de materia orgánica que es su principal fuente energética o de alimento. Por tanto, los organismos detritívoros serán más abundantes y diversos en suelos, que por sus características y grado de conservación, mantengan condiciones edafoclimáticas apropiadas para el desarrollo de estos animales.

Las características edafoclimáticas de temperatura y humedad, un buen grado de agregación y una textura que no propicie la compactación; así como un contenido de materia orgánica mantenido por una incorporación continua y variada de hojarasca, se asocian con suelos de buena calidad. Los cambios de uso de la tierra que causan pérdidas de cobertura vegetal tienen un impacto brusco sobre la temperatura, la humedad y el contenido de materia orgánica del suelo y, por ende, sobre su calidad.

Por otra parte, aunque las hormigas son reconocidas como ingenieros del ecosistema y poseen efectos benéficos sobre la calidad del suelo, los resultados obtenidos en Cuba evidencian la prevalencia y resistencia de las hormigas en sistemas degradados, sobre todo de especies invasoras como *Wasmannia auropunctata* (santanilla o santanica), *Nylanderia fulva* y *Solenopsis geminata* (hormiga brava). Varios autores señalaron a las hormigas, para diferentes áreas del trópico, como indicadoras de cambios fuertes en el ecosistema debido a su habilidad para sobrevivir mayormente en suelos agrícolas a pesar de los disturbios del medio.

Los indicadores que se proponen en este acápite se derivan del análisis de los resultados alcanzados en Cuba, que son similares a los encontrados en otras regiones del mundo. La intención de la propuesta es la aplicación de indicadores prácticos, que sean fácilmente reconocidos y determinados tanto por personal técnico como por campesinos o productores en cualquier tipo de suelo y sistema de cultivo.

Estos indicadores constituyen índices o relaciones entre diferentes tipos de organismos de la macrofauna, incluso entre grupos con diferente función ecológica, que reflejan el estado de salud, calidad o fertilidad del suelo. Ellos son: [Número de individuos de organismos Detritívoros / Número de individuos de organismos No Detritívoros] y, [Número de individuos de Lombrices de tierra / Número de individuos de Hormigas]. A partir de los valores expuestos en la tabla 2, se ejemplifica la determinación de los índices propuestos para dos sistemas diferentes de cultivo (Ejemplos 1 y 2).

Un mayor número de individuos de organismos detritívoros o en particular de lombrices de tierra (numeradores en las relaciones) contra un menor número de individuos de organismos no detritívoros o en particular de hormigas (denominadores en las relaciones), mostrará como resultado de la división valores mayores que 1, lo que indicará sistemas con alta calidad del suelo (Ejemplo 1). Al contrario, un menor número de individuos de organismos detritívoros o de lombrices contra un mayor número de individuos de organismos no detritívoros o de hormigas, mostrará como resultado de la división valores entre 0 y 1, lo que indicará sistemas con menor calidad del suelo (Ejemplo 2).

Ejemplo 1: Sistema Sil vopastoril, con el establecimiento de árboles de la leguminosa *Leucaena leucocephala*, pastoreo de ganado vacuno, sin laboreo mecánico y adición de plaguicidas y fertilizantes químicos.

1. Detritívoros / No Detritívoros (Omnívoros+Herbívoros+Depredadores)
 $= 846 / (150+37+35) = 846 / 222 = 3.81$
2. Lombrices de tierra/ Hormigas = $206 / 150 = 1.37$

Ejemplo 2: Sistema de Cultivo de *Solanum tuberosum* (papa), con laboreo intenso en el suelo y adición de plaguicidas y fertilizantes químicos.

1. Detritívoros / No Detritívoros (Omnívoros+Herbívoros+Depredadores) = $27 / (23+17+10) = 27/50 = 0.54$
2. Lombrices de tierra/ Hormigas = $8 / 23 = 0.34$

Tabla 2. Número de tipos de organismos de la macrofauna del suelo y número de individuos por tipo de organismo, en diferentes sistemas de cultivo.

Organismos de la macrofauna	Ejemplo 1: Sistema Silvopastoril de leucaena		Ejemplo 2: Cultivo de papa	
	No. de tipos de organismos	No. de individuos por tipo	No. de tipos de organismos	No. de individuos por tipo
Lombrices de tierra		206		8
Termitas		40		6
Milpiés		186		6
Cochinillas		270		2
Caracoles		56		2
Cucarachas		43		0
Escarabajos Nitidulidae adultos		14		2
Escarabajos Tenebrionidae adultos		10		1
Tijeretas		17		0
Moscas		4		0
Total de Detritívoros	10	846	7	27
Hormigas		150		23
Total de Omnívoros	1	150	1	23
Chinches y salta hojas		5		2
Escarabajos Elateridae larvas		7		1
Escarabajos Scarabaeidae larvas		12		3
Escarabajos Curculionidae adultos		2		2
Escarabajos Attelabidae adultos		0		7
Escarabajos Chrysomelidae adultos		0		1
Orugas		11		1
Total de Herbívoros	7	37	7	17
Arañas		9		5
Ciempíes		8		3
Escarabajos Carabidae adultos		6		1
Escarabajos Staphylinidae adultos		12		1
Total de Depredadores	4	35	4	10
Otros organismos no identificados	3	4	1	1
TOTAL DE LA MACROFAUNA	25	1072	20	78

PROTOCOLO RÁPIDO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL SUELO EN FUNCIÓN DE LA MACROFAUNA

1. Recolección de la macrofauna en el campo, preferiblemente durante la estación lluviosa y en horario de la mañana, donde esta fauna tiene una mayor actividad en el suelo.
 - Abrir cinco cuadrantes de suelo de 25 x 25 cm hasta la profundidad de 20 cm (Anderson e Ingram, 1993; método TSBF), con el empleo de una coa y con el mismo distanciamiento entre cuadrantes, de más de 5 m pero no más de 20 m (Figs. 41 y 42).
 - Extraer por cuadrante el contenido de suelo y depositarlo en bandejas plásticas o una manta de polietileno, para revisar en el campo y recolectar todos los organismos visibles con la utilización de pinceles y pinzas pequeñas. Incluir en la revisión, la hojarasca superficial dentro del cuadrante (Fig. 43).
 - Colocar la macrofauna extraída en frascos de vidrio o plástico con tapas, que contengan formaldehído al 4% para conservar las lombrices de tierra y alcohol etílico al 70% para preservar el resto de los organismos; cada frasco con una cantidad suficiente que cubra los organismos recolectados.
 - En caso de que se estudien varios sistemas de cultivo a la vez, añadir en el frasco una etiqueta pequeña escrita con lápiz que refiera el sistema de cultivo, el número del cuadrante estudiado y la fecha de recolecta.
 - Incorporar el suelo revisado al cuadrante abierto.



Fig. 41. Cuadrante de suelo de 25 x 25 x 20 cm.



Fig. 42. Apertura del cuadrante de suelo con el empleo de una coa.



Fig. 43. Recolección de la macrofauna en el campo.

2. Separación y conteo de la macrofauna fuera del campo (en un laboratorio, en un aula u otro sitio). El análisis contemplará la suma de los cinco cuadrantes estudiados por sistema de cultivo.

- Separar la macrofauna por tipos de organismos (lombrices, milpiés, hormigas, chinches, orugas, arañas, ciempiés, etc.).
- Contar los individuos de cada tipo de organismo.
- Resumir los datos en una tabla similar a la tabla 2, como la que se expuso en el acápite anterior.

Organismos de la macrofauna	Sistema 1		Sistema 2	
	No. de tipos de organismos	No. de individuos por tipo	No. de tipos de organismos	No. de individuos por tipo
Lombrices de tierra				
Milpiés				
Total de Detritívoros				
Hormigas				
Total de Omnívoros				
Chinches y salta hojas				
Orugas				
Total de Herbívoros				
Arañas				
Ciempiés				
Total de Depredadores				
Otros organismos no identificados				
TOTAL DE LA MACROFAUNA				

3. Diagnóstico de la calidad del suelo

De manera simple y con el objetivo de facilitar la evaluación del impacto de diferentes sistemas de manejo o cultivo sobre la calidad del suelo, se refieren dos categorías de mayor contraste.

- **Alta calidad del suelo:** suelos con mayor cantidad de tipos de organismos (mayor diversidad) y de individuos por tipo, especialmente de organismos detritívoros y de lombrices (Aplicación de los indicadores de Detritívoros/No Detritívoros y Lombrices de tierra/Hormigas, obteniendo como resultado valores > 1).

- **Baja calidad del suelo:** suelos con menor número de tipos de organismos (menor diversidad) y de individuos por tipo, pero donde prevalecen los organismos no detritívoros y las hormigas (Aplicación de los indicadores de Detritívoros/No Detritívoros y Lombrices de tierra/Hormigas, obteniendo como resultado valores < 1).

GLOSARIO

Ácaros oribátidos: Arácnidos microscópicos que integran la mesofauna del suelo, de cuerpo globoso, con cuatro pares de patas y hábito detritívoro.

Agregación: Proceso mediante el cual las partículas primarias del suelo (arena, limo y arcilla) se enlazan a la materia orgánica para formar macro y microagregados, a causa de fuerzas naturales y sustancias derivadas de exudados de las raíces y la actividad de los microorganismos.

Artrópodos: Animales invertebrados que se caracterizan por tener el cuerpo dividido en segmentos y con apéndices articulados como mandíbulas, patas y antenas. Presentan un esqueleto externo que mudan periódicamente, lo cual les permite el crecimiento. Incluye, entre otros, insectos, arácnidos, milpiés y ciempiés. Los artrópodos se pueden encontrar en los ambientes terrestres, aéreos y acuáticos.

Bioindicador: Organismo o grupo de organismos que reflejan la salud de un ambiente, hábitat o ecosistema, a través de cambios en la cantidad y composición de sus poblaciones.

Colémbolos: Animales microscópicos, cercanos a los insectos, que integran la mesofauna del suelo. Con tres pares de patas, un par de antenas, sin alas y con una estructura llamada fúrcula que le permite saltar y moverse en el suelo. La mayoría actúan como organismos descomponedores.

Compactación: Reordenamiento de las partículas del suelo, de manera que se reducen los espacios vacíos entre las mismas (poros) y se unen unas a otras. Como consecuencia se incrementa la masa del suelo seco por unidad de volumen y se reduce el intercambio de la parte sólida del suelo con el aire y el agua contenidos y con la atmósfera circundante.

Descomposición: Proceso a través del cual un compuesto orgánico es transformado a formas más simples y nutrientes, y donde se obtienen también como productos finales el dióxido de carbono (CO₂) y el agua (H₂O).

Edáfico (a): Referente o relativo al suelo. Por ejemplo: medio edáfico = suelo, fauna edáfica = fauna del suelo.

Estructura del suelo: Propiedad que tiene la masa del suelo de disgregarse por sí misma en separaciones de distintas formas y tamaños, llamadas agregados.

Fertilidad del suelo: Es la habilidad del suelo para suministrar los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

Hojarasca: Estrato superficial del suelo compuesto por residuos vegetales y animales recién depositados o con algún nivel de descomposición.

Invertebrados: Animales pequeños que no poseen espina dorsal ni esqueleto interno.

Macroinvertebrados: Invertebrados que forman la macrofauna del suelo, con un diámetro corporal mayor de 2 mm, como son las lombrices de tierra, los insectos y los caracoles.

Materia orgánica: Componente heterogéneo del suelo, que incluye restos orgánicos de las plantas, aéreos o subterráneos, en distintos grados de descomposición, desechos de la actividad de los organismos del suelo y sus propios cadáveres.

Metales pesados: Metales que tienen densidades $> 5.0 \text{ Mg m}^{-3}$. En los suelos estos incluyen los elementos Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Manganeseo, Molibdeno, Níquel, Plomo y Zinc.

Mineralización: Conversión de un elemento o forma orgánica a un estado inorgánico, que sea fácilmente asimilable y tomado por la planta para su crecimiento.

Nutriente s: Elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, como son: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro, Zinc, Manganeseo y otros.

Palatabilidad: Calidad de ser grato al paladar un alimento.

Pedipalpos: Apéndices semejantes a patas, que se ubican en la región anterior del cuerpo o cefalotórax de los arácnidos, utilizados como mecanismo de defensa y en la captura de las presas.

Quelíceros: Apéndices parecidos a uñas, localizados en el cefalotórax de los arácnidos, donde desembocan glándulas de veneno, utilizados para dar muerte a las presas.

Tegumento: Capa exterior del cuerpo de los invertebrados, que funciona en ocasiones como un esqueleto externo, protege y separa al animal del medio que lo rodea.

Telson: Pieza que se encuentra al final del abdomen de muchos invertebrados, no considerado como un verdadero segmento y en cuya base por debajo del cuerpo del animal (posición ventral) abre el ano.

L I T E R A T U R A C I T A D A

- ANDERSON, J.M. Y J.S.I. INGRAM. 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods*. CAB International. Reino Unido. p. 221.
- BARNES, R.D. 1986. *Zoología de los Invertebrados*. Tomos I y II. 1ra Edición Cubana. 4ta Edición en español. p. 1125.
- BROWN, G.; C. FRAGOSO; I. BAROIS; P. ROJAS; J.C. PATRÓN; J. BUENO; A. MORENO; P. LAVELLE; V. ORDAZ Y C. RODRÍGUEZ. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana*, Número especial 1: 79-110.
- CABRERA-DÁVILA, G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 35 (4): 349-364.
- CABRERA-DÁVILA, G.; M. A. MARTÍNEZ Y C. RODRÍGUEZ. 2004. Variación estacional de la macrofauna del suelo en áreas con manejo agrícola - ganadero. *Poeyana*, 491: 19-22.
- CABRERA-DÁVILA, G.; C. RODRÍGUEZ Y M. A. MARTÍNEZ. 2007. La macrofauna del suelo en sistemas agroecológicos en Cuba. *Brenesia*, 67: 45-57.
- CABRERA DÁVILA, G.; N. ROBAINA Y D. PONCE DE LEÓN. 2011. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 34 (3): 331-346.
- DE LA ROSA, I. Y S. NEGRETE-YANKELEVICH. 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.
- DORAN J.W. Y T.B. PARKIN. 1994. Defining and assessing soil quality. En: Doran, J.W., D.C.Coleman, D.F. Bezdicek, B.A. Stewart (Eds.). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Pub. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, p. 3-21.
- FEIJOO, A.; M. ZÚÑIGA; 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. *Pastos y Forrajes*, 30 (2): 235-249.
- JONES, C.G; J.H. LAWTON Y M. SHACHAK. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69: 373-386.
- LAVELLE, P.; B. SENAPATI Y E. BARROS. 2003. Soil Macrofauna. En: G. Schroth y F.L. Sinclair (Eds). *Trees, Crops and Soil Fertility. Concepts and Research Methods*. CABF Publishing. UK. p. 303-323.

- RODRÍGUEZ, C. 2000. Comunidades de lombrices de tierra en ecosistemas con diferente grado de perturbación. *Rev. Biología*, 14 (2): 147-155
- RODRÍGUEZ, I.; G. CRESPO; V. TORRES; S. FRAGA; A. A. SOCARRÁS; M. RODRÍGUEZ; S. SÁNCHEZ; M. HERNÁNDEZ Y M. MILERA. 2008. La biota del suelo y su papel en la sostenibilidad de los sistemas. Parte III. Reciclaje de nutrientes y papel de la fauna asociada. En: M. Milera (Ed.). *Andrés Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. La Habana. Cuba. p. 281-315.
- ROUSSEAU, L.; S. J. FONTE; O. TÉLLEZ; R. VAN DER HOEK Y P. LAVELLE. 2013. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecological Indicators*, 27: 71-82.
- RUIZ, N.; J. MATHIEU; L. CÉLINI; C. ROLLARD; G. HOMMAY; E. LORIO Y P. LAVELLE. 2011. IBQS: A synthetic index of soil quality based on soil macro-invertebrate communities. *Soil Biology & Biochemistry*, 43: 2032-2045.
- SÁNCHEZ, S.; M. MILERA; M. HERNÁNDEZ; G. CRESPO Y L. SIMÓN. 2008. La macrofauna y su importancia en los sistemas de producción ganaderos. Parte III. Reciclaje de nutrientes y papel de la fauna asociada. En: M. Milera (Ed.). *Andrés Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. La Habana. Cuba. p. 316-348.
- VELASQUEZ, E.; P. LAVELLE Y M. ANDRADE. 2007. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. *Soil Biology & Biochemistry*, 39: 3066–3080.
- ZERBINO, S.; N. ALTIER; A. MORÓN Y C. RODRÍGUEZ. 2008. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia*, 12 (1): 44-55.