

# EL SUELO: MARAVILLOSO TEATRO DE LA VIDA

por

**Clara Chamorro Bello\***

## Resumen

**Chamorro Bello C.:** El suelo: maravilloso teatro de la vida. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **25(97):** 483-494, 2001. ISSN 0370-3908.

El suelo es el componente básico de los ecosistemas terrestres y en él, especialmente los filos Arthropoda, Annelida y Mollusca se asocian en comunidades de productores, consumidores y transformadores orgánicos de los materiales edáficos, como soporte físico para las plantas.

La edafofauna en Colombia está agrupada en cinco filos, 11 clases, 54 órdenes y 274 familias. En la Orinoquia la clase Insecta alcanza la máxima distribución; en el Bosque Amazónico Insecta y Arácnida y en la Zona Andina, especialmente en los páramos, Diptera, Collembola y Acarina. Annelida frecuenta suelos intervenidos para mejorar sus características físico-químicas y promover la fertilidad del suelo mediante la formación del humus.

**Palabras clave:** Biología del suelo, comunidades bioedáficas, Arthropoda, Annelida.

## Abstract

Soil is an essential part of terrestrial ecosystems. The biological components of soil conform communities of producers, consumers and transformers of the edaphic materials.

Colombian edaphofauna is constituted by five phyla, 11 classes, 54 orders and 274 families. In the Orinoquia, the class Insecta is widely distributed; in the Tropical Rain Forest it is Insecta and Arachnida, while in the Andes (Paramo areas) Diptera, Collembola and Acarina are the most represented taxa; eventhough Annelida is the phylum most frequently found. It is noteworthy the importance of earthworms as they naturally improve the fertility of Colombian soils.

**Key words:** Bioedaphology, soil communities, Arthropoda, Annelida.

---

\* Profesora Emérita Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. E-mail: biosuelos@yahoo.com

## Introducción

Llego ante ustedes, Honorables Miembros de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, con la humildad de una bióloga que aún persiste en la búsqueda del saber y con el orgullo de una maestra que ha tenido el privilegio de participar en programas de formación avanzada en universidades colombianas y alemanas y el honor de haber ingresado a la Universidad Nacional, en cuyo seno me he realizado como profesional y como académica, formando juventudes para el desarrollo del país.

Cincuenta y seis años de existencia, un poco más de la mitad de ellos dedicados a la noble misión de la docencia y la investigación científica, me han colocado ante situaciones contradictorias en las que cada día me asombran más las invenciones de los científicos o la creatividad de los artistas; pero me aterra no solo la destrucción de tantos componentes bióticos y el agotamiento de los recursos abióticos de nuestro planeta, sino la pérdida de los valores y el desconocimiento de los principios que han hecho posible el desarrollo de las civilizaciones desde el neolítico hasta lograr la conquista del espacio y la lectura del genoma humano. Multitud de personas mueren de hambre, de soledad y abatimiento, víctimas de enfermedades aún incurables o de la violencia indiscriminada; miles y miles de hectáreas de bosques y suelos labrantíos son arrasados y con ellos la fauna y la flora; el agua y el aire son contaminados y todo, aunado a una gran indiferencia colectiva, contribuye a deteriorar la calidad de la vida de los seres humanos.

Seguimos impotentes ante los factores ancestrales de la pobreza sin haber hecho un alto en el camino para reflexionar sobre las flaquezas del mundo que a diario vivimos y padecemos o cuando lo hemos hecho, el remedio ha sido peor que la enfermedad como lo atestiguan, entre cientos de ejemplos, la crueldad de las guerras que se libran a nombre de la paz, la injusticia y la desigualdad social. Continuamos teniendo una visión reduccionista de la problemática y, como estudiosos de las ciencias naturales, hacemos pocos esfuerzos por sumergirnos en las fuentes del humanismo para comprender la complejidad de la condición humana y de los componentes del sistema cultural en aras a internalizar el paradigma ambientalista, como paso fundamental hacia la comprensión de las crisis que en lo emocional, en lo ecológico, en lo social y en lo económico hacen cada vez más difícil alcanzar la utopía del desarrollo sostenible y del mandato bíblico de amarnos los unos a los otros.

Entramos al tercer milenio de la era cristiana navegando entre el azar, la necesidad y la incertidumbre, a

sabiendas de que no es posible penetrar en el significado de la vida sin entender primero o, por lo menos, sin haber pretendido conocer los factores responsables del funcionamiento de un mundo tan complejo en el que los hombres convulsionan entre jolgorios y masacres, entre amores y homicidios o entre la retórica democrática y religiosa y los amargos desfiles fúnebres.

Han pasado cuatrocientos años desde la revolución científica sin dejar de contraponer al extraordinario avance del conocimiento y de la tecnología el avasallador incremento de un mundo absurdo, caótico y desbordado. ¿Cómo han podido consolidarse dos eventos completamente opuestos? ¿Cuál es nuestra responsabilidad ante tan disímiles expresiones de la conducta humana que comparten nuestra cotidianidad en los diferentes rincones del planeta?

Las consideraciones que he hecho y las preguntas que he formulado constituyen el origen del problema de carácter científico que, desde hace casi tres décadas, planteé y trato de resolver echando mano de la experiencia vivida no solamente como bióloga especializada en el campo de los suelos, sino como orientadora asidua del quehacer investigativo de quienes fueron mis alumnos y hoy son mis colegas. Son algunos de los resultados más relevantes de esta tarea los que deseo compartir con ustedes, honorables y distinguidos académicos, no solo para ajustarme al protocolo que el acto demanda, sino como la expresión simbólica de mi agradecimiento a la benemérita institución que decidió acogerme como uno de sus miembros.

Pretendo, en el tiempo que los reglamentos me conceden, presentar el suelo como un maravilloso teatro de la vida deteniéndome un poco en el factor biótico como actor principal de su función y en las particularidades de la fauna del suelo en los distintos ambientes edafogenéticos del país, para finalizar mi disertación mostrando la función que cumplen los organismos del suelo en su conservación y en la recuperación de las áreas que, por distintos motivos, han sido sometidas a fenómenos de destrucción o de disminución de su calidad.

### El suelo: teatro de la vida amenazado

El suelo es el componente básico de los ecosistemas terrestres, donde, mediante procesos emergentes, se suceden eventos fundamentales tanto para el sostenimiento de la vida en el planeta, como para la preservación de la diversidad biológica. Sin embargo, el concepto SUELO como un sistema biológico, no siempre está claro en la mente de quienes, de una u otra forma, tienen que ver con

el conocimiento de ese cuerpo natural y con el diseño e implementación de prácticas de manejo para su desarrollo sostenible.

Algunos edafólogos definen al suelo como “*un teatro maravilloso de la vida*”, no sólo por la diversidad que alberga sino porque funciona como reciclador de la materia orgánica y controlador, tanto de la dinámica de la circulación de nutrientes como de los flujos de energía. La optimización de estas interrelaciones bioedáficas depende de un buen equilibrio entre la acumulación y la liberación de los nutrientes y su evolución, así como de otros factores naturales o aquellos inducidos por el hombre.

En los ecosistemas, los procesos mencionados son controlados por sistemas biológicos que magnifican tanto la economía de los nutrientes, como la preservación y la conservación de los suelos. En condiciones naturales se obtiene una estructura clímax entre el suelo y los organismos animales y vegetales.

Para los biólogos, comprender el papel de los organismos del suelo implica conocer su clasificación taxonómica, su desarrollo biológico, su ubicación en el perfil del suelo y sus necesidades alimentarias. Desafortunadamente, hay con frecuencia quienes definen el suelo como un componente abiótico de los ecosistemas e, inclusive, quienes mencionan la existencia de suelos infértiles o estériles. Los primeros olvidan o ignoran que el suelo es un teatro de vida en el que actúa una gama amplia de organismos en su calidad de habitantes temporales o permanentes. Quienes afirman que el suelo puede ser estéril, desconocen que la capa superficial de la corteza terrestre sólo alcanza la condición de suelo si contiene materia viviente y si soporta o es capaz de soportar plantas (Fig. 1).

Los organismos animales y vegetales no sólo son parte esencial del suelo, sino que juegan un papel fundamental en su formación, no importa que se trate de bacterias microscópicas o de grandes mamíferos, incluido el hombre. Cada uno de los organismos que viven en la superficie, o dentro del suelo, marca su ingerencia en el desarrollo de este cuerpo natural. Sin duda, los procesos más importantes durante la génesis de un suelo, tienen que ver con la captura de energía y de sustancias a través de la fotosíntesis, con el proceso contrario o sea' el de la descomposición de los residuos de las plantas, con el intercambio de nutrientes y con la formación de complejos orgánico-minerales.

Entre la enorme variedad de características del suelo producidas por la presencia de la edafobiota, vale la pena resaltar el espacio poroso, la concentración de sustancias

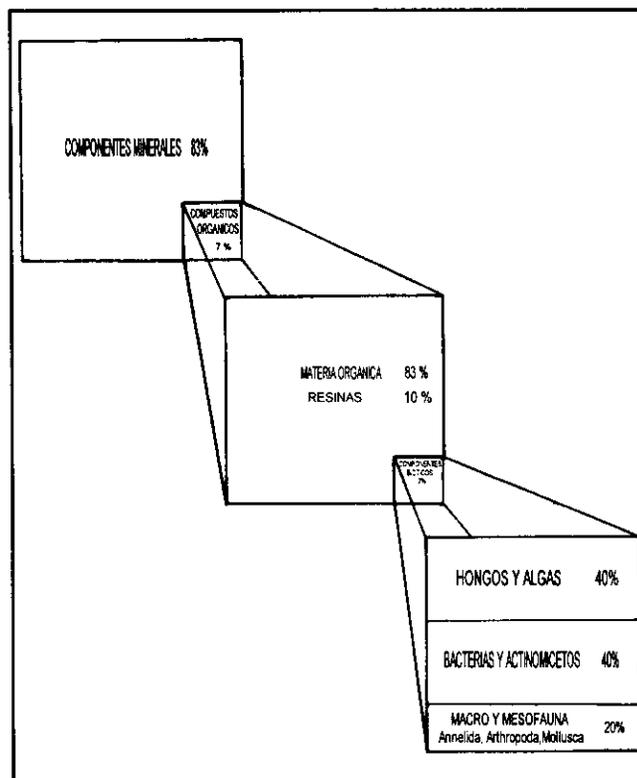


Figura 1. Composición general del ecosistema suelo.

orgánicas y minerales, ciertas irregularidades en la superficie del terreno y la formación de la estructura, la cual ejerce funciones de vital importancia para el uso y la preservación del humus. La estructura granular de los horizontes superficiales oscuros del suelo, por ejemplo, es atribuida al trabajo metabólico y digestivo de la comunidad de animales del suelo, especialmente de los insectos y las lombrices de tierra.

El reordenamiento de los materiales del suelo como resultado de la actividad realizada por las plantas y los animales, induce modificaciones en la superficie del terreno, produce canales que posteriormente son llenados y que, junto con otras huellas, ayudan a caracterizar los horizontes que conforman el perfil del suelo. Los componentes minerales liberados durante la descomposición de la materia orgánica son, en gran parte, reabsorbidos por los organismos; los ritmos y ciclos de esta actividad biológica y de las transformaciones que se producen en el suelo son de índole diaria, estacional, anual y multianual.

Es indudable que la vida en el planeta ha dependido y continuará dependiendo del suelo porque, a su vez, la vida que allí se desarrolla es creadora de humus que es

sinónimo de productividad; lastimosamente, la vida en el suelo está constantemente amenazada por múltiples factores entre los cuales vale la pena destacar la fumigación masiva con funguicidas, insecticidas, matamalezas y agroquímicos, de efectos desastrosos. Razón tuvo el naturalista **Enrique Pérez Arbeláez** (1953), cuando afirmó que "las avionetas fumigadoras son el quinto caballo del Apocalipsis".

La destrucción de los bosques húmedos tropicales, la expansión de las ciudades sobre las mejores tierras agrícolas, los conflictos de uso del suelo, la quema indiscriminada, la contaminación por basuras y desechos de la industria a cambio del reciclaje racional de los residuos biodegradables, y la erosión que decapita preferencialmente las capas con mayores contenidos de humus y organismos, son otros fenómenos que atentan contra el mantenimiento de los sistemas vitales y la diversidad biológica en el suelo.

Además de las consideraciones anteriores, es importante anotar que un bajo nivel de educación ecológica y ambiental, así como el afán de enriquecimiento fácil y rápido, hoy característico de diversos niveles de la sociedad colombiana, unido al incumplimiento de las disposiciones legales sobre conservación y utilización racional de los recursos naturales, constituyen barreras infranqueables para el buen manejo del suelo.

No se puede olvidar que el destino de los hombres está irremediamente atado al del suelo, y que éste es el resultado de su inteligencia creadora o de su instinto destructor. El suelo manejado convenientemente es, a no dudarlo, un maravilloso teatro de la vida; sin embargo, ésta solo florece en medio de la paz y el bienestar de la familia humana; si se persiste en la acción irracional, que todo lo destruye en aras del enriquecimiento rápido y en contra del país y de las generaciones venideras, el suelo se convierte, tal como lo estamos viendo, en doloroso escenario de la muerte.

### **Los organismos del suelo: actores principales de la edafogénesis**

Los ecosistemas terrestres difieren claramente de una localidad geográfica a otra; las diferencias sistémicas se manifiestan por las variaciones climáticas, geomorfológicas, orogénicas y, muy especialmente, por la presencia temporal o permanente de organismos vivos, incluida la fauna edáfica.

Casi todos los grupos de plantas y animales que viven en el suelo actúan modificando su composición y su es-

tructura y alterando o regulando su funcionamiento y sus ciclos biológicos. Esta es la razón principal por la cual se considera que el suelo es el componente básico de los ecosistemas terrestres, en donde funciona no solamente como soporte físico y de niveles tróficos para las plantas, sino como reciclador de los materiales orgánicos y de los residuos biodegradables; tales funciones son el resultado del trabajo organizado entre asociaciones de micro- meso- y macroorganismos, asociaciones que varían de acuerdo a las características del suelo, flujos de energía y participación del hombre en el uso y manejo de este sistema abierto.

Los componentes biológicos del suelo constituyen además una comunidad organizada y muy bien balanceada entre productores, consumidores y transformadores; el tamaño de sus poblaciones depende del espacio disponible en la fase porosa del suelo, del alimento primario y de las condiciones climáticas que rigen su tasa de crecimiento, duración del ciclo de vida y cumplimiento de sus nichos (actividad específica a cada una de las poblaciones presentes en el ecosistema).

Las comunidades bioedáficas están conformadas generalmente por protistas de la microfauna y microflora, y además por organismos de los filos Arthropoda, Annelida y Mollusca; estas comunidades ocupan hábitats de bosques, selvas y praderas, donde encuentran humedad y alimento necesario para subsistir, gracias a la sinergia desarrollada entre los diferentes organismos, el clima y el material parental, sobre un relieve específico y en un tiempo determinado para preservar y, cuando es necesario, recuperar el sistema suelo a través de su proceso evolutivo.

El desarrollo de procesos y metodologías, específicas para la recolección de muestras representativas de la biota edáfica ha hecho posible cultivar estos organismos en cautiverio para medir su biomasa y su capacidad de asimilación de alimento, su respiración y crecimiento, así como para analizar la dinámica poblacional y perfeccionar la taxonomía de los mismos en aras de relacionar todos estos parámetros con las características del medio donde habitan. Mediante estas estrategias, hoy se sabe con certeza que en el suelo existen organismos de diverso tamaño corporal en hábitats diferentes y apropiados para desempeñar las actividades propias de su desarrollo y para el mantenimiento del sistema (**Chamorro, 1995**).

Los organismos vivos se caracterizan con fines taxonómicos, ecológicos, económicos o categóricos. La comunidad de animales del suelo ha sido clasificada por diversos investigadores, según su disciplina de trabajo, en términos de hábitos alimenticios, tamaño de sus cuer-

pos y ubicación en el perfil del suelo para el desarrollo de nichos ecológicos, específicos a cada población de individuos.

En 1970, **Wallwork** estableció un sistema de clasificación de la fauna edáfica, de acuerdo con su tamaño, en micro- meso y macrofauna (Figura 2). Los organismos del suelo de tamaño superior a un centímetro, especialmente los correspondientes a los filos Annelida, Arthropoda y Mollusca hacen parte de la macrofauna edáfica, aspecto principal de interés de este trabajo. Posteriormente, en el año de 1979, se agregó a la propuesta anterior el nivel de la megafauna, para involucrar los animales cuyo tamaño es mayor de dos centímetros y que establecen de alguna manera relación con el suelo.

Los organismos del suelo desarrollan diversos hábitos de alimentación; algunos son saprófagos, es decir, se alimentan de tejidos vegetales en avanzado estado de descomposición o son necrófagos cuando consumen animales muertos; otros son coprófagos y utilizan como fuente nutricional excrementos de otros animales; los consumidores o heterótrofos obtienen su alimento de organismos vivos animales o vegetales tanto como los depredadores que toman como presa a otros animales vivos. Algunos de ellos, los geobiontes, habitan permanentemente en el suelo

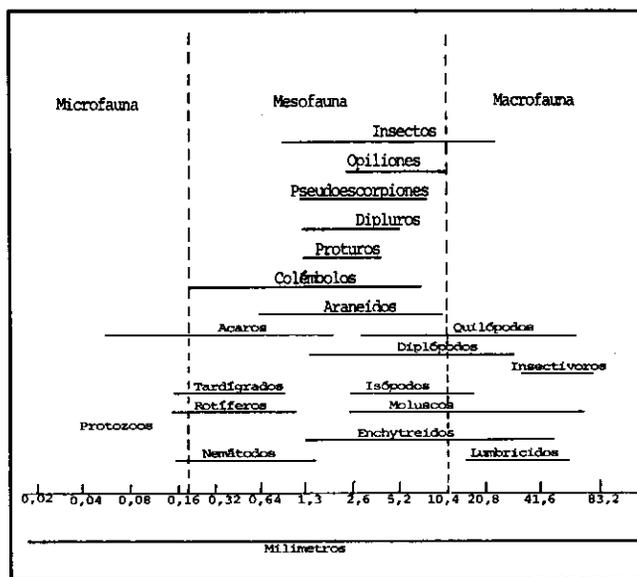


Figura 2. Clasificación de la fauna del suelo según su tamaño.

y otros, los geófilos, pasan solo parte de su vida dentro de éste (Figura 3).

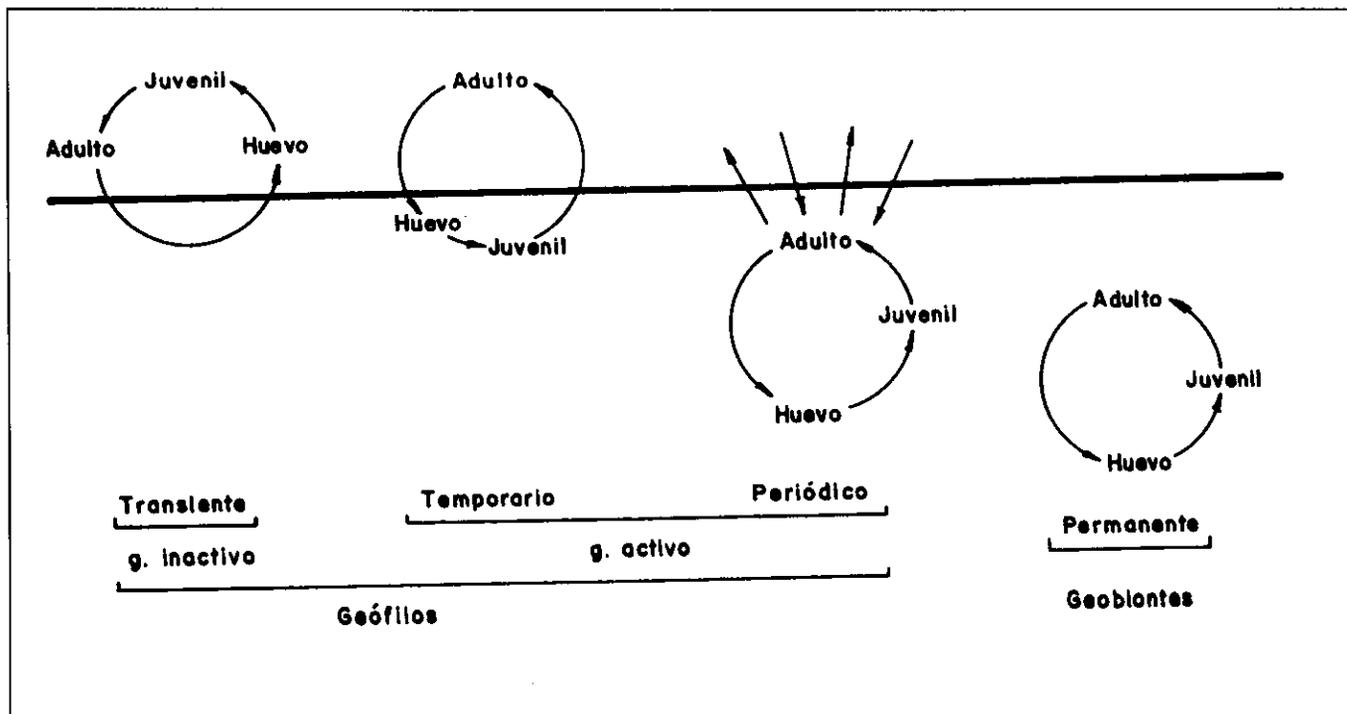


Figura 3. Clasificación de la edafofauna de acuerdo a su permanencia en el suelo.

Cada tipo de suelo tiene su propia población de organismos vivos, determinada por las condiciones edáficas y ecológicas del medio; los factores más condicionantes para su desarrollo son la presencia o ausencia de oxígeno, la disponibilidad de alimentos, el contenido de humedad y la acidez del suelo. La fauna edáfica de un suelo bien drenado es muy diferente a la de uno de drenaje pobre; los suelos de las regiones áridas presentan organismos vivos que difieren en sus características de aquellos de suelos en zonas húmedas; así, se podrían continuar enumerando medios edáficos contrastantes para enfatizar en la diversidad biológica que existe en este exuberante teatro de la vida.

Analizar la composición orgánica de un suelo determinado, a través de su edafofauna requiere determinar su organización taxonómica y, además establecer claramente sus nichos, hábitos alimenticios y ciclos biológicos. Sería interminable caracterizar cada una de las 274 familias taxonómicas de organismos encontrados en suelos colombianos, y por ello, a continuación solo esbozaré los principales parámetros que caracterizan los grupos bioedáficos más representativos en los suelos tropicales, estudiados durante los últimos veinte años como punto central del Programa "*Biología de los suelos colombianos*" bajo mi orientación, y con la participación de biólogos, agrólogos, zootecnistas y agrónomos en su mayoría tesisistas de pre y posgrado de la Universidad Nacional. (IGAC 1990, 1993, 1996, 2000).

### Filon arthropoda

Los organismos más representativos tanto de la mesofauna como de la macrofauna edáfica pertenecen a los filos Arthropoda y Annelida. Ellos contribuyen con su trabajo, al desarrollo del suelo y la conservación de su fertilidad. Es especialmente significativa la participación de los colémbolos y los ácaros, ya que constituyen las mayores poblaciones de artrópodos del suelo. Otros grupos importantes son Myriapoda dentro del cual se destacan los Quilópodos, junto con los Sínfilos y los Diplópodos; en Insecta es importante resaltar la actividad de los Isópteros (termites), Dípteros, Himenópteros (hormigas), algunos Lepidópteros y, muy especialmente los Coleópteros (cucarrones).

### Clase insecta

**Brown** (1991) tomado de **Camero** (1998), calcula que aproximadamente la tercera parte de los insectos del mundo se encuentra en el Neotrópico, especialmente en Brasil, Perú y Colombia; la mayoría son especies endémicas aún no estudiadas, que ocupan microhábitats muy diná-

micos donde las perturbaciones menores no causan grandes extinciones; sin embargo, las comunidades de grandes biomas son demasiado frágiles aún en ecosistemas regionales maduros.

### Orden Hymenoptera

**Galvis & Valencia**, establecieron en el año de 1975 que, tanto las hormigas como los termites seleccionan por tamaño las partículas del suelo –arena, limo y arcilla– para transportarlas desde los horizontes inferiores hasta la superficie del perfil del suelo, donde construyen sus nidos o montículos, pero también pueden organizar sus habitats, a manera de galerías, hasta seis metros por debajo de la superficie del suelo. Estas actividades favorecen además las características físicas, químicas y biológicas del suelo, facilitando e incrementando el flujo del agua y aire en la fase porosa del mismo. La penetración del sistema radicular de las plantas, junto al incremento de micro y macro-organismos, reduce en mayores contenidos de materiales orgánicos; estos procesos y la concentración de cationes intercambiables propician la mineralización de la materia orgánica, con lo que se mantiene la fertilidad del suelo y se garantiza la relación suelo-planta-animal-hombre.

### Orden Collembola

Del orden Collembola se conocen más de 6.000 especies, lo cual significa la mayor distribución en el medio edáfico e importancia para la comunidad de organismos, ya que son alimento de otros artrópodos carnívoros. Los collembola habitan especialmente las capas orgánicas del suelo, debido a que allí se encuentra la mayor actividad de descomposición y una mejor disponibilidad de alimentos y espacio poroso para su alojamiento, condiciones que disminuyen a mayor profundidad del suelo. La actividad de los collembola en el suelo contribuye a liberar  $NH_4$  y aumentar los niveles de calcio en el suelo.

### Orden Coleoptera

Este grupo, con más de 6000 especies clasificadas taxonómicamente es, al igual que Diptera, el más diverso y abundante de la clase Insecta. La presencia de Coleoptera en el suelo deriva en la transformación de residuos biodegradables, especialmente estiércol depositado sobre la superficie, el cual al ser transformado es posteriormente incorporado al sistema edáfico en forma de crotovinas, a través de los túneles y canales que los coleópteros excavan con lo que se facilita la infiltración del agua del suelo y el proceso de aireación.

Según Camero & Chamorro (1999), los coleópteros representan en Colombia el 10% de la entomofauna del suelo, equivalente a 45% de las familias de coleópteros del mundo. En las regiones naturales de Colombia, con excepción del Caribe, se han identificado 51 familias taxonómicas; la mayoría de ellas –mayor diversidad– habita los bosques altoandinos, pero es en los bosques húmedos trópicos donde se encuentran las poblaciones de mayor riqueza. Diferencias tan significativas en diversidad y riqueza se deben a las características propias de los suelos de cada región, así como al uso y manejo de los ecosistemas.

Durante los diferentes estadios del ciclo biológico, estos organismos, característicos del suelo, depositan además de sus exuvias todo su cuerpo, o parte de él, incrementando así la fase orgánica del sistema edáfico; así mismo, los residuos metabólicos excretados por los escarabajos o coleópteros aumentan los niveles de fósforo y potasio, esenciales en la relación suelo – planta.

### Orden Isoptera

Se conocen aproximadamente 2500 especies de termitas, organismos sociales descubiertos en 1781 en la Costa de Guinea por un navegante holandés, y registrados como “hormigas blancas” en la Royal Society de Londres por el naturalista Henry Smeathmann (Wendt, 1980). Estos animales se distribuyen geográficamente entre los 45 grados norte y los 45 grados sur, siempre y cuando el suelo no presente ni acidez ni saturación de agua extremas, como tampoco ausencia de cobertura vegetal. Los isópteros se encuentran siempre a alturas inferiores a los 2000 msnm.

Los termitas construyen sus propios hábitats o termiteros hasta de nueve metros de altura y con posibilidades de funcionamiento máximo de 60 años. Esta característica ecológica hace de los termitas grupos dominantes en suelos tropicales, donde introducen modificaciones físicas a través de la selección y redistribución de las partículas minerales; dichos cambios se reflejan en las texturas finas dominantes de los horizontes superficiales y en los materiales para la construcción de sus nidos.

El material, transformado física y químicamente en el tracto digestivo de los termitas y utilizado como producto residual para la construcción de sus nidos, tiene contenidos altos de carbono y nitrógeno orgánicos, importantes concentraciones de cationes intercambiables y materia orgánica, comparados éstos con los contenidos en suelos adyacentes no trabajados por estos organismos del suelo.

### Orden Lepidoptera

Solamente los estados larvales y pupales de las mariposas tienen relación directa aunque pasiva con el ambiente edáfico, a través de sus hábitos alimenticios de tipo fitófago.

### Clase arachnida

Los escorpiones, las arañas, los opiliones, los pseudoescorpiones y los ácaros conforman el mayor grupo depredador del suelo; generalmente, habitan el horizonte orgánico cuando existe y la vegetación superficial.

### Orden Acari

Los ácaros colonizan ambientes terrestres de cuevas, grietas, nidos de invertebrados y de aves y además madrigueras de mamíferos. Sus hábitos alimenticios pueden ser tanto predadores, como saprófagos y omnívoros. Su acomodación en el perfil del suelo varía con la profundidad de éste y con el tamaño de los organismos, así: los ácaros de cuerpos grandes son frecuentes en la porción orgánica del suelo; los de tamaños corporales medianos o muy pequeños, se distribuyen indiscriminadamente a lo largo y ancho del perfil edáfico, es decir, tanto en los horizontes con mayores contenidos de materiales orgánicos como en los de naturaleza predominantemente mineral.

### Filon Annelida

Los filones Annelida (annellus = anillo) y Arthropoda son quizá los habitantes del suelo más conocidos. Su existencia se remonta a la era Paleozoica temprana, hace aproximadamente 600 millones de años. Inicialmente, se describieron con las características de los Poliquetos, como formas muy primitivas, pero con la probabilidad de que el anélido ancestral hubiese sido un organismo marino, con una cabeza seguida por muchos segmentos iguales.

Se conocen alrededor de 4500 especies de lombrices de tierra identificadas taxonómicamente; el 92% son endémicas o de distribución restringida y solamente el 8% son peregrinas o de amplia distribución en el globo terráqueo; las zonas desérticas y los nevados son prácticamente las únicas limitantes naturales para su migración.

Se presume que los anélidos, de amplia distribución geográfica, han sido transportados por el hombre accidentalmente o con fines de recuperación o mejoramiento de suelos, ya que una de sus características es justamente la de colonizar suelos alterados por mal uso y manejo. Las especies endémicas o nativas requieren para su adaptación y permanencia sistemas edáficos equilibrados, los

cuales generalmente están preservados geográficamente por cuerpos de agua (lagos, ríos) y relieves montañosos (Figura 4).

Las lombrices de tierra se adaptan y soportan sin mayores dificultades alteraciones climáticas y de alimentación, pero son sensibles a cambios de humedad del suelo ya que ésta es esencial no solamente para mantener el equilibrio fisiológico del organismo, sino también como medio para evitar y prevenir lesiones epiteliales (Chamorro, 1983).

En Colombia, la década de los años setenta marcó el inicio de una etapa promisoriosa para el desarrollo de la Biología del Suelo, gracias al interés mutuo y al trabajo mancomunado de entes académicos y estatales como el Departamento de Biología de la Universidad Nacional, la Universidad de Bogotá "Jorge Tadeo Lozano" y la Subdirección Agrológica del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Los estudios intensivos, inicialmente sobre la biología de la lombriz de tierra, sus aspectos ecológicos y taxonómicos, motivaron e incentivaron a más de una treintena de biólogos tesisistas o jóvenes investigadores por conocer las relaciones ecológicas no sólo de las lombrices de tierra con su hábitat, sino con los otros miembros de la comunidad bioedáfica y con los hombres que labran la tierra; estos organismos desarrollan funciones de transformación y transporte de materiales a lo largo y ancho de los suelos, especialmente los agrícolas, para la fertilización, la conservación y, cuando es necesario, para la recuperación del medio edáfico (Chamorro, 1981).

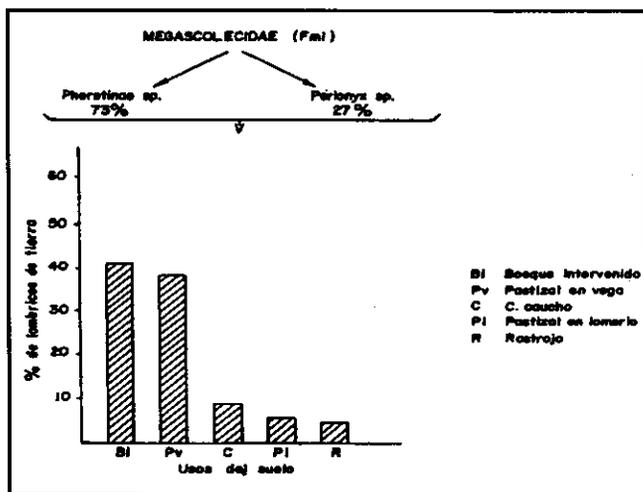


Figura 4. Distribución de las lombrices de tierra bajo diferentes usos del suelo. (Caquetá-Colombia).

Además de las funciones atribuidas a las lombrices de tierra, éstas son consideradas indicadores biológicos de alta sensibilidad ante la presencia de contaminantes, especialmente agroquímicos. Ante la agregación de fertilizantes orgánicos, las poblaciones de lombrices se incrementan significativamente y gracias a su metabolismo ejercen un efecto positivo sobre las poblaciones de microorganismos.

Los pesticidas, especialmente los organofosforados así como los metales pesados, aún en pequeñas dosis, suelen ser altamente agresivos para las lombrices las cuales sucumben rápidamente; tras las aplicaciones, tales sustancias y elementos también se acumulan en los tejidos grasos de estos animales que, de esa forma transportan los pesticidas desde la superficie del suelo hacia la profundidad, donde se concentran las mayores poblaciones de plagas; así, contribuyen a degradar en sus organismos los agroquímicos asimilados, a aumentar el efecto de los plaguicidas y, al mismo tiempo, gracias a su metabolismo liberan de contaminantes el medio edáfico (Rodríguez, Velásquez, Chamorro & Martínez, 1992).

#### Filon Mollusca

La importancia edáfica de estos organismos, catalogados como fauna edáfica secundaria, radica en el aporte de grandes cantidades de residuos vegetales desmenuzados, macerados y pre - digeridos, como un preámbulo al desarrollo de los ciclos bioedafológicos. Los gasterópodos omnívoros y zoófagos contribuyen a enriquecer las cadenas alimenticias del sistema, en tanto que los carroñeros incorporan materia orgánica al suelo; la producción de sus abundantes secreciones mucosas propicia la formación de agregados del suelo muy bien estructurados y estables a la acción del viento y del agua; en estas condiciones el material mucoso se convierte en un medio propicio para el asentamiento y desarrollo de la microflora del suelo.

Muchos caracoles y babosas depositan sus huevos a 15 centímetros de profundidad en el suelo, como una forma de preservar su prole de la mortalidad causada por las bajas temperaturas, especialmente en épocas de abundantes lluvias. La distribución de estos macroorganismos está relacionada con el pH del suelo, inducido por la disponibilidad del calcio asimilable por las plantas; ellos seleccionan como hábitat ideal profundidades entre 15 y 40 centímetros de suelos porosos y ricos en contenidos de calcio.

#### La macrofauna en el mosaico edáfico colombiano

La capacidad productiva del suelo como recurso natural, biótico y renovable, se pone de manifiesto a través de los organismos que intervienen en su composición y que

actúan junto con el material parental, en un relieve determinado y bajo factores climáticos específicos.

Cada una de las cinco regiones naturales del país –Amazonia, Orinoquia, Caribe, Andén, Pacífico y la Zona Andina– con factores formadores de suelos diferentes, alberga comunidades edafofaunísticas diversas.

A finales de de los años ochenta, biólogos de la Universidad Nacional y Agrólogos del Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” unieron sus intereses, experiencias y esfuerzos para emprender el trabajo de caracterización bioedáfica en trece sitios representativos de las diferentes regiones del país. Estos sitios son:

La Sabana de Bogotá y los páramos de Chisacá, Chingaza, Neusa, Monserrate y la Regadera en la Región Andina; las localidades de Marandúa, Puerto Carreño y Caño Limón en la Orinoquia; el Parque Natural de Amacayacu, entre Leticia y Puerto Nariño, el piedemonte caquetense en inmediaciones de Florencia, Cartagena del Chaira y San Vicente del Caguán, y la zona central del Vaupés, en inmediaciones del municipio de Mitú en la Amazonia, y la isla de Gorgona en el Pacífico.

Los muestreos se realizaron en suelos vírgenes y bajo circunstancias de intervención *antrópica*, teniendo en cuenta las recomendaciones de los edafólogos. En cada sitio se tomaron, generalmente, seis unidades de muestreo, utilizando para la captura de la fauna edáfica en el campo metodologías Barber y Nelson o extracción manual, siem-

pre en dos estaciones climáticas contrastantes: húmeda y seca (Figura 5).

### Diversidad bioedáfica

Las comunidades de animales que habitan permanentemente el ecosistema suelo, pertenecen taxonómicamente a los filones Arthropoda, Annelida, Mollusca, Nematoda y Chordata.

*Arthropoda* con las clases Insecta, Symphyla, Arachnida, Malacostraca, Pauropoda, Chilopoda y Diplopoda; *Annelida* con la clase Oligochaeta, los órdenes Ophistopora, Plesiopora, e Hirudinea y las familias representativas Glossoscolecidae, Lumbricidae, Megascolecidae del orden Ophistopora y Enchytraeidae del orden Hirudinea; *Mollusca* con la clase Gasteropoda, familia Stilommatophora; *Nematoda* y *Chordata*.

El total de individuos analizados por el Programa “Bioedafología de las Regiones Naturales de Colombia” corresponde taxonómicamente a cinco filones, once clases, 52 órdenes y 274 familias (Tabla 1).

*Arthropoda* es el filon más diverso y de mayor distribución geográfica en Colombia; le sigue en importancia y por las mismas circunstancias, el filon *Annelida*. La presencia de estos dos grupos de organismos en los suelos es favorable, ya que su participación en los procesos edáficos mejora el equilibrio en la fase aire-agua para la relación suelo-planta-animal, a través de la porosidad del suelo; además, incrementan la fase orgánica, la estabilidad estructural y contribuyen a la formación de estructuras granulares en los horizontes superficiales del suelo.

Tabla 1. Diversidad edafofaunística (Taxones) en Colombia.

Filones	Clases	Órdenes	Familias
Arthropoda	7	47	269
Annelida	1	3	4
Mollusca	1	1	1
Nematoda	1	0	0
Chordata	1	1	0
TOTAL	5	11	52
			274

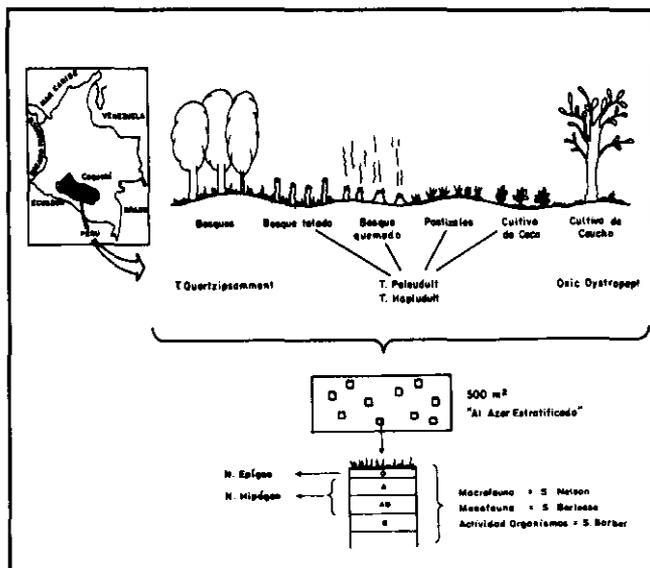


Figura 5. Metodologías de trabajo de campo en biología del suelo.

Los órdenes taxonómicos más representativos del filon Arthropoda, según el número de familias hasta ahora estudiadas son: *Coleoptera*, *Diptera*, *Hymenoptera*, *Hemiptera*, *Lepidoptera*, *Arachnida*, *Homoptera*, *Orthoptera*, *Chilopoda*, *Diplopoda* y *Oligochaeta*.

Los mayores índices de diversidad corresponden a las comunidades del bosque húmedo tropical, por lo cual se

lo cataloga como la región natural de mayor riqueza edafofaunística (0.78); le siguen en importancia, y en su orden los biomas del Páramo (0.72), la Orinoquia (0.52) y los bosques altoandinos (0.49). Las diferencias en cuanto a índices de diversidad denotan la presencia de taxa específicos en cada una de las regiones señaladas.

### Distribución altitudinal

La fauna edáfica de las regiones amazónica y Andén Pacífico habita límites altitudinales entre 0 y 450 metros; en la Orinoquia se ubica entre 75 y 350 metros; en los valles y las montañas de la región Andina aparece entre 400 y 3500 metros.

*Coleoptera* alcanza su máxima representación en los suelos de la región Andina, por encima de los 2.800 metros, así como en los bosques húmedos tropicales; *Diptera*, *Hymenoptera* y *Hemiptera* son frecuentes en las regiones Andina y Orinocense (Caño Limón); *Lepidoptera* en el Parque Natural de Amacayacu (Amazonas); *Arachnida* en la zona de Puerto Carreño (Orinoquia); *Homoptera* en las zonas altas de la región Andina, así como en la amazónica, y *Orthoptera* y *Oligochaeta* en las regiones Andina, Amazónica y Pacífica.

La mayoría de los órdenes distribuidos altitudinalmente en las regiones estudiadas pertenecen a la clase Insecta, lo cual es significativo si se tiene en cuenta la participación de los organismos del suelo como factores edafogenéticos en su recuperación y conservación a través de ganancias, especialmente de materiales orgánicos, en la transformación de elementos minerales y la translocación de los mismos en el perfil del suelo. El resultado de dichas acciones mejora las características físicas, químicas, mineralógicas y biológicas del ambiente edáfico.

Organismos de los órdenes *Collembola*, *Malacostraca*, *Dermaptera* e *Isoptera*, con un número de familias inferior a diez, son tan importantes como los anteriores. Con respecto a su ubicación altitudinal, se distribuyen en regiones bajas, donde llegan incluso a ser dominantes, como en el caso de los *Isoptera*.

### Niveles tróficos

Los predadores, representados especialmente por Aracneida y *Coleoptera* de la clase *Arachnida* y de las familias *Staphylinidae*, *Carabidae* y *Scydmaenidae*, controlan la densidad poblacional de la comunidad bioedáfica; su presencia oscila entre el 37.3% en los páramos y el 41.4% en los suelos de la Orinoquia.

Los herbívoros—*Orthoptera*, *Coleoptera* y *Homoptera*—constituyen el 32.1% de las poblaciones de macroorganismos edáficos en los bosques húmedos del trópico y el 36.6% en los bosques altoandinos.

Los saprófagos, responsables de la humificación y mineralización de los materiales orgánicos, están representados por individuos de las familias *Poduridae*, *Entomobryiidae*, *Hypogasturidae* y *Collembola* del suborden *Arthropleona*; *Coleoptera* del suborden *Scarabaeidae*, *Arachnida* y, casi todos los representantes de *Oligochaeta*. El rango de variación de los saprófagos oscila entre el 18.6% en la Orinoquia y el 23% en los bosques húmedos.

Los omnívoros son los organismos más abundantes y de mayor incidencia en la circulación de nutrientes en el suelo; están representados, especialmente por especímenes de *Isoptera* e *Hymenoptera* y gregarios como *Blatidos* e *Isopodos*; su presencia varía desde el 41.1% en los páramos hasta el 6.1% en el bosque húmedo tropical (Tabla 2).

Tabla 2. Abundancia (%) de organismos de varios niveles tróficos y diversidad en distintas regiones de Colombia.

Biotopos	Predadores	Herbívoros	Saprófagos	Omnívoros
Páramo	37,3	36,3	22,2	41,1
Bosque alto andino	41,2	36,6	16,1	6,2
Orinoquia	41,4	32,4	18,6	7,6
Bosque húmedo tropical	38,8	32,123	6,1	
<b>Abundancia %</b>	<b>39,6</b>	<b>34,4 20</b>	<b>6</b>	
<b>Nº de Familias</b>	<b>115</b>	<b>111</b>	<b>52</b>	<b>15</b>

El análisis de los resultados de la tabla anterior destaca a las poblaciones de predadores como las más abundantes y diversas, seguidas por los herbívoros, los saprófagos y en última instancia por los omnívoros.

### Frecuencia y abundancia

El análisis de la frecuencia indica que las familias *Staphylinidae*, *Phoridae*, *Carabidae*, *Chrysomelidae* y *Formicidae* son las más frecuentes e importantes debido a su carácter cosmopolita. Los grupos altamente frecuentes se adaptan muy bien a diferentes tipos de suelos y usos, y soportan diferentes condiciones físicas, determinadas por las características altitudinales de la geografía colombiana.

*Collembola*, *Acari*, *Hymenoptera*, *Coleoptera*, *Diptera* e *Isoptera* son los más abundantes del suelo; *Collembola*

y *Acari* se destacan en los páramos, en las sabanas y llanuras de la Orinoquia, y en los bosques de la Amazonia. Los ácaros son de gran importancia en los procesos bioedáficos. *Collembola*, *Hymenoptera Formicidae* e *Isoptera* generan las bioestructuras de más claro origen edáfico, así como de las modificaciones texturales, las alteraciones en los contenidos de carbono, fósforo y nitrógeno y también el incremento en la concentración catiónica, todo lo cual enriquece la productividad de los ecosistemas naturales.

### Edafofauna productividad y fertilidad

Los horizontes orgánicos de los suelos que sustentan bosques albergan mayores poblaciones animales que los horizontes subyacentes, pero es en el horizonte A donde se aloja la mayor riqueza de organismos del suelo. Esta característica bioedáfica presenta fluctuaciones, especialmente marcadas en los valores de sus densidades poblacionales y en la composición de las comunidades, cuando los ecosistemas son intervenidos por el hombre. Este es el caso de los suelos sometidos a cambios de uso y manejo, como ocurre por ejemplo cuando el bosque nativo es sustituido por monocultivos comerciales legales e ilícitos.

La disminución de la edafofauna con la profundidad del suelo está bien representada en grupos taxonómicos como *Collembola* y *Acari* y es, según Sánchez, Arenas & Zuluaga (1992), aplicable a la mayoría de comunidades orgánicas, en condiciones normales (Tabla 3).

**Tabla 3.** Distribución porcentual de los principales taxones en los horizontes de un perfil de suelos en Caño Limón (Arauca, Colombia).

TAXA	HORIZONTES		
	O	A	B
ACARI	97.84	1.46	0.70
HYMENOPTERA	70.75	25.21	4.03
DIPLOPODA	97.63	2.18	0.19
COLEOPTERA	89.14	8.86	2.00
COLLEMBOLA	95.90	1.88	2.32
GASTEROPODA	96.75	1.26	0.36

Las lombrices de tierra y las hormigas son los macroorganismos que mejor soportan los cambios y se adaptan fácilmente a las condiciones de suelos disturbados; las primeras, debido tanto a su carácter cosmopolita como de ubicación restringida, son mejoradoras del suelo mediante labores de transformación de residuos biodegradables; así mismo, las hormigas, contribuyen donde se encuen-

tren, a facilitar e incrementar los procesos de transformaciones orgánicas en el suelo, tendientes, tanto en suelos disturbados como no disturbados a conformar complejos órgano-minerales. Estos organismos del suelo son componentes promisorios para los sistemas de producción agropecuaria sustentable.

Fuentes (1997), estableció que *Pheretima* sp. alimentada con productos residuales biodegradables, del bosque húmedo tropical, sintetiza lombriabonos con altos contenidos de calcio, potasio, magnesio, fósforo, nitrógeno, carbono y materia orgánica que, incorporados posteriormente al medio edáfico, surten beneficios para la relación suelo - planta - hombre. El mismo efecto ha sido observado y evaluado, especialmente en cuanto a incrementos de la fracción orgánica se refiere, en pequeñas parcelas sometidas a labores agrícolas constantes y en forma intensiva en sabanas y zonas de ladera, de climas fríos y medios.

La actividad biológica de los sistemas edáficos en la Zona Andina muestra diferencias en el aporte de biomasa y, por lo tanto, en la constitución de las comunidades bioedáficas correspondientes a cada uno de los dos flancos, oriental y occidental, de la Cordillera Central. Se atribuyen tales diferencias a las variables climáticas, también específicas, en cada flanco de la cordillera; las diferencias en clima producen cambios en el comportamiento de los organismos y también en sus interrelaciones con otros factores formadores del suelo. Este es otro ejemplo de la participación activa de los organismos sobre la génesis y la evolución de las características físico-químicas de los suelos.

Infante (1987), evaluó los elementos del suelo más afectados por actividades antrópicas como la quema y el pastoreo, y encontró, que además de la remoción de la cobertura vegetal disminuyen los tamaños poblacionales, las abundancias, los niveles de dominancia y la diversidad de la mayoría de las familias taxonómicas de los suelos del páramo de Chingaza. Estos cambios en la comunidad animal de los suelos son inducidos por oscilaciones fuertes de la temperatura y la humedad en los horizontes subsuperficiales del suelo.

Los organismos que habitan los horizontes minerales del suelo dependen para su asentamiento tanto de las propiedades físicas como de las químicas; algunos investigadores consideran de mayor importancia, en este caso, las primeras, pero las observaciones y los resultados de la experimentación realizada durante los últimos quince años mediante el programa de Investigación "Las comunidades Bioedáficas en las Regiones Naturales de Colombia",

bajo mi responsabilidad y con el apoyo económico del Instituto de Estudios Ambientales IDEAM, permiten afirmar que tanto las características físicas, como las químicas y biológicas, son igualmente importantes para propiciar el mantenimiento y la evolución constante de las comunidades bioedáficas (Chamorro, 1995).

Es oportuno recordar que las características del medio edáfico varían de un suelo a otro, ya que en cada región los factores formadores del mismo cambian y, por lo tanto, en unas zonas geográficas tales factores actúan como determinantes y en otras como limitantes para la evolución del mismo. Sin embargo, en términos generales se puede afirmar que la densidad aparente, la porosidad y la microporosidad son características físicas de gran influencia en la edafofauna; así mismo, desde el punto de vista químico se catalogan en iguales circunstancias la saturación de bases, especialmente calcio y magnesio, el valor del pH y el contenido de materiales orgánicos.

En cuanto al horizonte orgánico, es conveniente hacer énfasis en la necesidad de implementar procedimientos de uso y manejo del sistema suelo, tendientes a conservarlo como amortiguador y regulador de los factores climáticos drásticos, que influyen en el establecimiento de los macroorganismos del suelo.

Considero que con la exposición de los resultados de mi trabajo he cumplido con el objetivo de despertar en los asistentes y, particularmente, en los honorables académicos, el interés por las expresiones de la vida que se dan en el suelo y por la importancia que los organismos de todos los tamaños, diversidad y formas, tienen para la conservación, la recuperación y el mejoramiento de uno de los recursos naturales fundamentales para la supervivencia del hombre en el planeta.

## Bibliografía

Bachelier, G. 1963. *La vie animale dans les sols*. Orstom, Paris.

Camero, R. E. 1998. Caracterización de la fauna de carabidos en un transecto altitudinal de la Sierra Nevada de Santa Marta-Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Tesis M.Sc. en Biología. Bogotá. 123 p.

Camero, E.; C. Chamorro. 1999. La fauna edáfica en bosques y plantaciones de coníferas de la estación San Lorenzo. Sierra Nevada de Santa Marta. *Acta Biológica Colombiana*, vol 4(1): 35-45.

Cortés, A.; C. Chamorro y A. Vega. 1985. Cambios en el suelo por la implantación de praderas, coníferas y eucaliptus en un área aledaña al Embalse del Neusa. Centro de Investigaciones Científicas, UJTL. Bogotá. 95 p.

Chamorro, C. 1981. Correlación entre poblaciones de lombrices de tierra y las características físico-químicas de tres suelos seleccionados de la Sabana de Bogotá. Tesis. Mag. Sc. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 185 p.

\_\_\_\_\_. 1983. Características químicas y su relación con las lombrices de tierra en suelos del Páramo de Chisacá. *Rev. Acta Biológica Colombiana*. Universidad Nacional de Colombia.

\_\_\_\_\_. 1989. Estudio bioedafológico de la Isla de Gorgona. *Acta Biológica Colombiana*. Vol. 1(5): 23-26.

\_\_\_\_\_. 1995. Organismos del Suelo. En: Malagón, D.; C. Pulido; R. Llinás; C. Chamorro. *Suelos de Colombia*. IGAC. Bogotá, Edit. Canal Ramírez Antares Ltda. pp. 241-286.

Domínguez, C.; L. A. Oviedo y R. C. Sandoval. 1990. Estudio de las poblaciones de lombrices de tierra (*Annelida Oligochaeta*) del piso térmico cálido del departamento del Tolima. Tesis Posgrado Docencia de la Biología. Universidad del Tolima. Ibagué. 190 p.

Fuentes, A. 1997. Lombrices nativas bajo diferentes usos del suelo como transformadoras de residuos biodegradables. Tesis F. De Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 150 p.

Galvis, C. y H. Valencia. 1975. Efecto edáfico de la hormiga arriera *Atta laevigata* en algunos suelos del Centro de Desarrollo Integrado "las Gaviotas" en la Orinoquia Colombiana. Tesis de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 131 p.

IGAC. 1990. Investigaciones "Biología del Suelo". Bogotá. Vol. 2(1): 150 p.

\_\_\_\_\_. 1993. Investigaciones en la Amazonia INPA 1, Bogotá. Vol. 2, Cap. 4, Sec 5: 737-786.

\_\_\_\_\_. 1996. Investigaciones en la Amazonia INPA II, Bogotá. Vol. 3, Cap 3: 849-909.

\_\_\_\_\_. 2000. Investigaciones en la Amazonia INPA III. En proceso de publicación.

Infante, J. 1987. Influencia del uso del suelo sobre la Mesofauna Edáfica en el Páramo de Chingaza. Tesis Biología. Universidad Nacional de Colombia. 246 p.

Pérez Arbeláez, E. 1953. Recursos Naturales de Colombia. Su génesis, su medida, su aprovechamiento, conservación y renovación. Dificultades naturales de Colombia y lucha contra ellas. Imprenta del Banco de la República. Bogotá. 128 p.

Rodríguez, G., G. Velásquez, C. Chamorro, N. Martínez. 1992. Adaptación tecnológica de la lombricultura en la zona cafetera de Albán (Cundinamarca-Colombia). *Revista Acta Biológica Colombiana*, Universidad Nacional de Colombia. Vol. 8(1): 81-109.

Sánchez, H.; G. Arenas; y D. Zuluaga. 1992. Estudio bioedafológico del área petrolera de Caño Limón. Tesis de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 225 p.

Wallwork, J. 1970. *Ecology of soil animals*. Ed. McGraw Hill. London. 283 p.

Wendt, H. 1980. *Die Entdeckung der Tiere*. Christian Verlag, GmbH. Munich. 317 p.