



FUNCIONES AMBIENTALES EN SUELOS TROPICALES A PARTIR DE LAS RELACIONES TRÓFICAS DE LOS MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS

Luis Carlos Pardo✉

Universidad del Pacífico



pardolc@gmail.com

Palabras clave: Fauna edáfica, servicios ambientales, suelos ecuatoriales.

RESUMEN

El suelo, compleja conjunción funcional de elementos biológicos e inertes, soporte de la biocenosis y agroecosistemas ha sido corrientemente evaluado por sus características químicas y en menor grado físicas o biológicas, el suelo es muchas veces manejado sin tener en cuenta la compleja trama ecológica que contiene, la cual es responsable de sus principales atributos productivos, relacionados con sostenibilidad; dado lo anterior este documento se enfocó a ilustrar el impacto económico que puede tener el manejo de los macroinvertebrados edáficos, basado en el examen de grupos funcionales, cuadros tróficos y la oferta ambiental, de grupos poco explorados como hormigas, termitas, ciempiés y escarabajos, exponiendo en cada caso múltiples ejemplos y casos particulares en relación con el recurso edáfico.

ENVIRONMENTAL FUNCTIONS IN TROPICAL SOILS BASED ON THE TROPHIC RELATIONS OF EDAPHIC MACROINVERTEBRATES

Key words: Edaphic faune, environmental services, equatorial soils.

**SUELOS
ECUATORIALES**
43 (2): 108-118

ISSN 0562-5351

ABSTRACT

The soil, a complex biological and functional combination of biological and inert elements, supporter of the biocenosis and agro ecosystems, has been commonly been evaluated on basis to its agro chemical and in a lesser degree to its physical or biological characteristics. The soil is often managed without considering its ecological complexity, which is responsible for its main productive attributes related to sustainability. This is the reason why this paper is focused to illustrate the potential economic impact of soil macro invertebrates management, based on the study of functional groups, trophic levels and environmental services, and lesser studied groups as ants, termites, beetles and centipedes. Multiple examples and specific cases in relation to the soil as a resource are stated in each case.

INTRODUCCIÓN

El suelo, compleja conjunción funcional de elementos biológicos e inertes, soporte de la biocenosis y agroecosistemas, conforma, junto a otros ecosistemas (mares, ríos, etc.) uno de los recursos naturales más complejo y diverso del planeta (IGAC 1988; 2003).

A pesar de ser el soporte fundamental de las dinámicas naturales y antrópicas, el suelo y sus funciones pasan casi desapercibidos para muchas personas (Anderson e Ingram 1993); la realidad es que el suelo en sí es el punto de partida de cualquier propuesta en torno a seguridad y soberanía alimentaria, agroindustria autónoma, exportaciones agrícolas, etc. A nivel mundial, tradicionalmente, ha despertado interés y preocupación la pérdida de miles de hectáreas de suelos otrora productivos, sustraídos de las labores agrícolas o simplemente abandonadas por los agricultores, debido a la contaminación industrial, actividades bélicas, lluvia ácida, crecimiento de desiertos, erosión, compactación, acidez, pérdida de nutrientes, remoción de las capas superficiales, etc.; también, tradicionalmente, los suelos agrícolas que se encuentran en plena productividad, siguen siendo evaluados principalmente por sus atributos químicos, prestándose poca atención a los factores físicos y microbiológicos, aún más, comparativamente, poco interés se presta a la pérdida de funcionalidad biológica y ecológica de este recurso natural, desconociéndose la compleja trama biológica, bioquímica, trófica e inmedible biodiversidad que se reúne en el suelo que pisamos diariamente.

Aunque la biología de suelos ha tomado mucho interés en los últimos años, conociéndose cada día nuevos descubrimientos y aspectos trascendentales íntimamente relacionados con la conservación y productividad del recurso, aún falta mucho por hacer especialmente en los medios tropicales, en donde los suelos son corrientemente, poli y, por qué no decirlo, megaimpactados, con múltiples prácticas o planes de manejo que desconocen la frágil relojería biológica que subyace detrás del manto edáfico, por lo que este documento se enfocó en ilustrar el impacto económico que puede tener el manejo de los macroinvertebrados edáficos, basado en el examen de grupos funcionales, cuadros tróficos y la oferta ambiental relacionada con la conservación y sostenibilidad del recurso.

Tecnologías agropecuarias y conservación del suelo. Durante mucho tiempo, el costo ambiental de la productividad en sistemas agrícolas tropicales ha sido un asunto secundario, corrientemente, megaplanes o rimbombantes políticas nacionales, que en su etapa de formulación, poco consultaron la realidad biofísica local, trajeron implícitos paquetes tecnológicos inapropiados o de impacto poco estudiado que se implementaron sin medir consecuencias a largo plazo; no obstante los avances en cuanto a conciencia y legislación ambiental, la evaluación ambiental de programas agrícolas sigue siendo un componente menor en la matriz económica de la agricultura empresarial y, peor aún, en el caso de la agricultura de subsistencia (Pardo-Locarno 2009; Pardo-Locarno & Stechauner 2011); este vacío aplica en el manejo forestal, del recurso hídrico, etc., siendo la problemática de suelos quizás el tema menos conocido y por lo mismo el menos defendido (Pardo-Locarno 2009); En tal sentido, examinemos algunos pocos casos: café, palma africana y bioinsumos.

Café. En algunos casos las políticas nacionales han sido impactadas por la economía mundial, de ello queda un ejemplo muy conocido: la caficultura colombiana; a principios de los años ochenta, surgieron voces de cambio e instauración de un nuevo modelo productivo de esta caficultura, fue así como la mayor empresa agrícola de la nación, generadora de miles de empleos familiares y el principal producto nacional de exportación, pasó de cafetales tradicionales extensivos con sombrío arbóreo, a monocultivo intensivo de café sin sombrío o asociado con musáceas comerciales, observándose cómo en pocos años el país pasó de ser cuarta potencia mundial hídrica (años sesenta) al grupo de los cincuenta países con más disponibilidad hídrica, afectándose además el cuadro de erosión nacional, con afectación de las principales cuencas del país y de los recursos marinos (corales), la materia orgánica, lixiviación de nutrientes, etc., finalmente, en el camino, otras dificultades afectaron tanto a dicho sector, que hoy se reconoce que el país es desde hace varios años importador de café, quedando hoy como pasivo preocupante graves consecuencias socio-ambientales a la espera de políticas nacionales que intenten reversar tales efectos (Fonseca, 2003; Restrepo, 2010; Rivera, 2003; Tobasura, 2005).

Palma africana. La economía internacional de combustibles no deja de seducir a los países en desarrollo, propicios para el cultivo de plantas generadoras de biocombustibles (caña, palma africana), actualmente, extensas regiones agrícolas de la Amazonia, Orinoquia, Caribe y Costa Pacífico, han sido incorporadas al mapa de oleaginosas perennes, con poco estudio de impacto ambiental que dicha actividad pudiera desarrollar en suelos muy evolucionados y vulnerables, en los que, prematuramente, han surgido cuadros fitosanitarios inesperados, limitantes, exigentes en agroinsumos, con la consiguiente controversia entre idoneidad de paquetes tecnológicos y reacciones ecofisiológicas mal manejadas, mientras tanto, los ensayos siguen en miles de hectáreas. ¿Cuánto tiempo pasará antes de que se tomen correctivos enfocados a la sostenibilidad? (Conpes 3477; Chinchilla 2010; Santos 2010)

Bioinsumos. La ola de agricultura limpia también tiene sus pasivos agroambientales, no faltan los casos en que la inadecuada adopción de tecnologías agrícolas consideradas “limpias” generan impredecibles consecuencias a nivel de los organismos del suelo (Mejía 2006), como ha sido anotado, “aún las estrategias biológicas, aparentemente más saludables e incuestionables, podrían generar efectos devastadores sobre la biota edáfica, por ejemplo la difundida y “ambientalmente sana” aplicación de Agropilus o de microorganismos eficientes (EM), mezcla de cepas de bacterias fotosintetizadoras, lacto bacilos, actinomicetos y levaduras, puede deprimir poblaciones de microbios autóctonos “apabullándolos” (Mejía 2006) y afectar la calidad química del suelo al agotar aceleradamente la fitomasa en degradación, la materia orgánica del suelo, el combustible metabólico de los microbios, especialmente por las levaduras, las cuales presumiblemente permanecen en el suelo a la espera de sustrato luego que lo han agotado (Pardo-Locarno 2009); igualmente, se ha observado que “la aplicación calendario de cepas de hongos entomopatógenos, tipo *Metarhizium*, en suelos de cultivos comerciales puede afectar significativamente la población de la comunidad de organismos saprófagos, caso *Cyclocephala amazonica* L. en plantaciones de guanábana en Risaralda, que luego de declinar poblaciones de estados larvales, por la aplicación calendario de hongos entomopatógenos, como

consecuencia lógica no se dispone de los adultos que actúan como polinizadores (Stechauner & Pardo-Locarno 2010).

Importancia Funcional de los macroinvertebrados Edáficos. Como su nombre lo indica los macroinvertebrados edáficos son metazoos, de pequeño porte (pocos mm o menos), sin embargo, su pequeño tamaño se compensa enormemente con su diversidad, abundancia y dinámica ecológica, que incluye una compleja y extensa trama trófica (Decaens *et al.*, 2006; Hassall *et al.*, 2006; Pardo-Locarno 2009; Schaedler *et al.*, 2004), algo que es típico de los ambientes edáficos (Hole 1981; House & Alzugaray 1989; Tapia-Coral *et al.*, 1999); estos organismos habitan temporal o “permanentemente en el suelo, operan en muchas escalas de tiempo y espacio, exponen diversas estrategias adaptativas (Hole 1981; Villani *et al.*, 1999), trazan huecos y túneles de transporte, elaboran agregados o estructuras biogénicas útiles para su desarrollo (galerías, nidos, cámaras pupales o de metamorfosis, sitios de alimentación, turrículos, compartimentos), que de paso, activan las propiedades físicas del suelo; contribuyen a degradar sustratos, mineralizar sustancias y enriquecer el medio químico a través de procesos enzimáticos, metabólicos, digestivos o simbióticos con microbios” (Pardo-Locarno, 2009; Sevilla *et al.*, 2002), que en alguna medida mejoran las condiciones químicas del suelo.

En los ambientes edáficos las extensas redes tróficas abundan en saprófagos, pero a la vez incluyen fitófagos y depredadores (Neher 1999; Pardo-Locarno *et al.*, 2006a; Sevilla *et al.*, 2002), atributos que tornan a estos organismos y a sus dinámicas extremadamente vulnerables a la oferta ambiental y la estructura de los ecosistemas (Elliot & Lynch 1994; Matson *et al.*, 1997; Miles 1985; Pardo-Locarno 2009; Vitousek & Sanford, 1986), lo que a su vez, podría ocasionar impactos en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo (Ausmus 1977; Miles 1985; Doran & Zeiss 2000; Traugott 2000).

Atributos poblacionales, tales como población (densidad) y biomasa de macroinvertebrados, varían con la profundidad del suelo y otras condiciones ambientales (Adis 1977; Bandeira & Harada 1998; Harada & Bandeira 1994; Feijoo *et al.*, 1998); todo ello respondiendo a situaciones bioecológicas y respuestas ante condiciones específicas del medio natural y otros factores ambientales (Edwards & Lofty

1982; House & Alzugaray 1989), aclarando que “la variación poblacional de los macroinvertebrados tiene connotaciones edáficas, biológicas, ecológicas y fitosanitarias” (Pardo-Locarno *et al.*, 2006a).

Normalmente, mucha de la atención prestada a los macroinvertebrados se ha centrado en la biomasa e impactos agroambientales de las lombrices, organismos legendariamente valiosos en los agroecosistemas, basta una corta exploración de publicaciones para encontrar numerosos registros; sin embargo, poca atención se ha prestado a otros organismos edáficos cuya oferta ambiental podría ser valiosa; por ello, a modo didáctico, a continuación se expondrá acerca de hormigas, diplópodos y escarabajos investigados por el autor en medios agrícolas nacionales.

Hormigas e impacto edáfico. Las hormigas son frecuentemente mencionadas en la literatura de suelos por ser un grupo omnipresente en dicho medio, muchas veces poco apreciadas y enlistadas como ausencia/presencia, ni siquiera son contadas; pues bien, este grupo sobresale en el medio edáfico tropical por lo diverso y abundante, según Ramírez *et al.*, (2012) junto con las termitas han sobresalido en las selvas amazónicas conformando la tercera parte de la biomasa de insectos (Hölldobler & Wilson 1990), así mismo han evolucionado por más de 120 millones de años, ocupando gran diversidad de hábitats y rangos geográficos (Wilson 1987, Hölldobler & Wilson 1994) y constituyen canales de energía, alterando procesos físicos y químicos, transformando el suelo de tal manera que se les considera entre el grupo de “ingenieros del ecosistema” en los medios tropicales (Lavelle *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2011); estudios en los molisoles de Cerrito, Valle del Cauca, mostraron que en el estrato hipógeo las hormigas fueron los macroinvertebrados más abundante, seguidas de diplópodos, lombrices y coleópteros, desafortunadamente, la biología de las especies de hormigas que habitan el estrato hipógeo, permanece pobremente explorada. En efecto, aún en los fértiles suelos agrícolas del Valle, la información disponible se ha centrado en las hormigas de hábitos epigeos, cuyos detalles biológicos, más allá de patrones de diversidad y abundancia, inician a ser explorados. De acuerdo con Ramírez *et al.*, (2012), las hormigas hipógeas “juegan papeles importantes en la transformación de propiedades físicas y químicas del suelo (Handel & Beattie 1990; Folgarait 1998) al crear

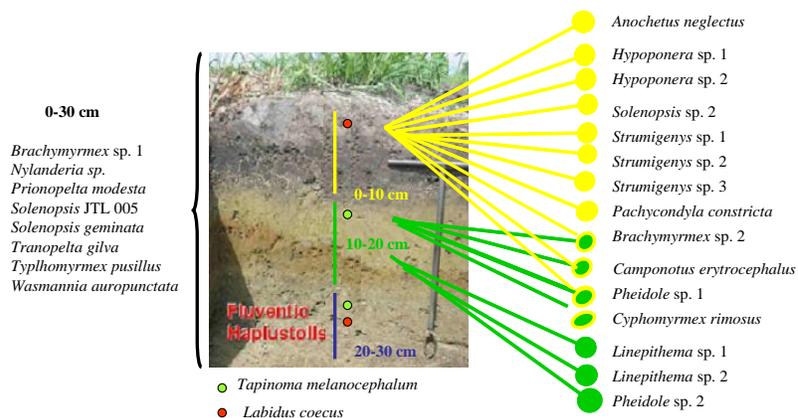
micrositios aptos para el establecimiento de plántulas (Levey & Byrne 1993). Bajo ciertas condiciones, sus basureros contienen mayor materia orgánica que los alrededores y la excavación de sus nidos mejora la macroporosidad del suelo” la misma fuente comenta que en “Colombia, la información sobre hormigas hipógeas (Baena 1993; Aldana de la Torre 1996, Ambrecht & Chacón 1997) ha sido “tangencial” destacando que estudios recientes, dentro del contexto de macroinvertebrados edáficos, coinciden en que, aunque estas hormigas del subsuelo no compiten en biomasa con otros taxa (Sevilla 2002; Pardo-Locarno *et al.*, 2006; Marín & Feijoo 2007) sí superan en abundancia a otros grupos edáficos como miriápodos, lombrices, y arañas (Dëcaens *et al.*, 2001; Marín & Feijoo 2007; Pardo-Locarno *et al.*, 2006; Pardo-Locarno 2009; Sevilla 2002).

Algunas recopilaciones mencionadas por Ramírez *et al.*, (2012) indican que “las hormigas han sido utilizadas como una herramienta para evaluar ambientes con características contrastantes y para identificar señales de cambio en el uso del suelo” mencionando, entre otros a Marín & Feijoo (2007) que encontraron la mayor riqueza y exclusividad de géneros de mirmecofauna asociada a cacaotal con sombrío, en contraste con medios muy intervenidos como cultivos intensivos de algodón y maíz. “En zona de ladera en el municipio de Cali, Pardo-Locarno *et al.*, (2006) encontraron que la mayor abundancia de macroinvertebrados fue en la pastura, debido a la alta densidad de nidos de hormigas. De otro lado, en un estudio en cafetales de Caldono, norte del Cauca, Sevilla (2002) registró mayor abundancia de hormigas asociada a cafetales y bosques secundarios conservados, resultado atribuido a los diferentes nichos ofrecidos por la complejidad agroecológica. Igualmente se mencionan “otros casos, como las tierras bajas de los Llanos Orientales de Colombia, donde se observa que la densidad de hormigas está asociada, entre otros aspectos, a factores como el potasio y el pH del suelo. Sin embargo, los regímenes de fuego son cruciales al afectar notablemente la abundancia de especies como *Ectatomma tuberculatum*, *Hypoponera* sp., *Linepithema* sp., *Neivamyrmex* sp. y *Acropyga* sp. que, se recupera en seis meses después de la quema (Dëcaens *et al.*, 2001)”, también “en la Amazonía colombiana (Caquetá), Sanabria-Blandón (2011) encontró asociaciones muy particulares entre la diversidad de

hormigas del subsuelo y las variables bióticas. En sistemas agroforestales la riqueza estuvo relacionada con el gremio de las cazadoras, en los pastizales la variable que más influyó fue el pH, mientras que en el bosque los factores determinantes fueron la hojarasca y la humedad. También en esta misma zona y los mismos usos de la tierra Sanabria-Blandón & Achury (2011), reconocen (incluyendo el nivel hipógeo) un grupo importante de hormigas legionarias como *Labidus coecus*, *Neivamyrmex punctaticeps*, *Cheliomyrmex andicola* y *Eciton dulcium*, que juegan un papel fundamental en el control de plagas, y que son altamente sensibles a los cambios de uso del suelo (Roberts *et al.*, 2000)”

Entre los macroinvertebrados edáficos colectados por Pardo-Locarno (2009) en los suelos agrícolas de El Cerrito, Valle, las hormigas representaron 6023 ejemplares y 25 morfoespecies en 40 monolitos que sumaron 0.75 m³, expresivo del 41% del total colectado; según Ramírez *et al.*, (2011), el comportamiento por uso del suelo mostró que en caña con manejo ecológico se presentó la mayor diversidad y abundancia representados “principalmente, por *Tranopelta gilva* (Mayr 1866), *Wasmannia auropunctata* (Roger 1836) y *Solenopsis JTL 005*; el mayor número de especies del grupo de las poneromorfos y el único de legionarias (*Labidus coecus*) se presentó en bosque (B) y el menor número de especies estuvo en el sistema silvopastoril intensivo (SSPi). De igual manera el mayor número de nidos lo presentó caña agroecológica [T. *gilva* (5), *W. auropunctata* (2), *Brachymyrmex* sp. 1 (1), *Prionopelta modesta* (1)], seguido de Bosque (T. *gilva* (1), *Solenopsis geminata* (1), Caña Convencional (T. *gilva* (1) y *Solenopsis JTL 005* (1) y, por último, el sistema silvopastoril Intensivo (*Brachymyrmex* sp. 2 (Figura 1).

Figura 1. Mirmecofauna encontrada a diferentes profundidades del suelo en cuatro usos del suelo (bosque, caña ecológica, caña convencional y sistema silvopastoril intensivo). En color amarillo las especies que se encontraron en el estrato de 0-10 cm, en verde las de 10-20 cm y en azul las de 20-30 cm. El punto verde indica la presencia de *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius 1793) (10-20 cm y 20-30 cm) y el punto rojo de *Labidus coecus* (0-10 cm y 20-30 cm) (Tomado desde Ramírez *et al.*, 2011; Pardo-Locarno 2009).



Según Pardo-Locarno (2009), en los muestreos realizados en los suelos agrícolas de El Cerrito, en un paisaje agrícola mixto que reúne relicto boscoso, caña ecológica, caña convencional y silvopastoril “se han registrado 97 especies de hormigas, con variaciones desde 10 a casi 50 especies por muestreo (Ramírez *et al.*, 2004), de éstas 20 correspondieron a *Pheidole* spp., las cuales, según Castaño (1981), elaboran nidos hipógeos, que pueden ocupar un m³, contener colonias muy numerosas de hasta 10 o 20 mil individuos, de dieta especialmente carnívora, aunque también consumen sustancias harinosas o azucaradas; la población puede variar temporalmente, ya que durante dos épocas al año presentan machos y hembras alados, además la reina puede poner entre 20 y 150 huevos diarios dependiendo de la disponibilidad de alimento; según este autor (l. c.) existe una relación etaria/etológica entre obreras jóvenes y mayores, siendo las jóvenes clase “A” y “B”, poco y medianamente pigmentadas, las que más permanecen en el nido, lo que sumado a los episodios cíclicos de producción de individuos sexados, tiene efectos sobre la dinámica poblacional y biomasa de la colonia; finalmente se estableció que *Pheidole* sp depreda sobre varios grupos edáficos entre ellos *Formicidae* (27%), *Hymenoptera aculeata* (31%), *Gryllinae* (7.9%), *Arachnida* (7.9%), *Hemiptera* (5.3%) *Lepidoptera* (2.6%), *Coleoptera* (2.6%) y que mantiene relaciones antagónicas y de competencia con especies de *Iridomyrmex* y *Solenopsis*” datos que muestran la importancia agroecológica del grupo y la valiosa información bioecológica y agronómica que depara sus estudios.

Diplópodos o ciempiés saprófagos. De acuerdo con Bueno-Villegas & Fernández (1999) los *Diplopoda* son artrópodos conocidos como milpiés, un diverso grupo con cerca de 12.000 especies descritas en todos los continentes excepto el Antártico, especialmente diversificado en los trópicos cálidos y templados, en donde ocupan un amplio rango altitudinal, nivel del mar a 3000 msnm; también comenta que constituyen un componente mayor de la macrofauna del suelo, extendiendo su dominio en los hábitats arbóreos del dosel, muchas veces asociados a la fitomasa en degradación; no obstante, ha sido un grupo poco estudiados, conociéndose muy poco acerca del rol degradativo y edafogénico; este grupo fue el que siguió en importancia entre los macroinvertebrados observados, muy importantes para la funcionalidad agroecológica y la visión de sostenibilidad; los *Diplopoda* observados son organismos detritófagos, degradadores de fitomasa descompuesta, aunque también existen especies carroñeras, asociadas a la degradación de cadáveres de otros artrópodos, son longevos, estacionales, sus poblaciones crecen y declinan abruptamente con la temporada lluviosa, son susceptibles a la desecación, razón por la cual la mayoría de especies son nocturnas (Pardo-Locarno, 2009). Junto a termitas, hormigas y lombrices conforman el grupo dominante en la degradación de hojarasca; el impacto edáfico de los *Diplopoda* es muy grande ya que impactan los procesos físicos al oradar y romper el suelo, propiciando porosidad, retención de humedad y transporte de nutrientes, resaltando su reconocida capacidad para elaborar estructuras biogénicas, diseños edáficos en forma de macroporos, conformados por pequeñas cámaras de postura, muda o estados quiescentes; en lo referente a la parte química del suelo actúan en la degradación de la materia orgánica, metabolizando nutrientes, aportando sustancias nitrogenadas, las cuales excretan, favoreciendo así la actividad microbiana, responsable del 90% del trabajo químico en la descomposición de carbohidratos y otros productos del metabolismo vegetal, incluidos los metabolitos secundarios de difícil degradación (Bueno-Villegas 2003).

La tasa de degradación de los *Diplopoda*, ha sido un tema pobremente explorado en regiones tropicales (Pardo-Locarno, 2009) “pero de grandes repercusiones en los planes de manejo agroecológicos, se sabe, que estos organismos consumen anualmente hasta el 30.6

% del mantillo vegetal y existen casos, como bosques de encinares, donde se ha estudiado que consumen el 100% de la hojarasca (Bueno-Villegas & Fernandez 1991)” el mismo autor (l. c.) continua exponiendo que los *Diplopoda* “totalizaron en agroecosistemas de El Cerrito, Valle, 782 ejemplares, de los cuales 95% estuvo conformado por *Spirobolida* (según Bueno-Villegas varios ejemplares entre *Spirobolidae/Spirobolellidae*)” ciempiés conocidos como cardadores, organismos de varios cm de longitud, fácilmente observables, de segmentos anulares, dorso unicolor, marrón, con poblaciones muy grandes, de hábitos nocturnos, asociados a época lluviosa; en menor grado se presentaron los *Polixenida*, de cuerpo pequeño, con fascículos escamosos y por último los *Polidesmida*, de la familia *Paradoxosomatidae*, identificados como *Chondromorpha xanthotrica* y *Oxydus gracilis* especies introducidas de Asia, nuevos registros para Colombia (Bueno Villegas com.per.) se trata de ciempiés aplanados, de segmentos cuadrangulares, dorsalmente con banda lateral clara y típico hábito defensivo con olor a cianuro; los *Diplopoda* resaltan entre los macroinvertebrados porque su acción degradadora conforma un servicio ambiental inestimado; junto a los demás macroinvertebrados descomponen más de 20 ton/ha de residuos de la cosecha de la caña de azúcar, los cuales mineralizan y traducen en carbono orgánico, el cual dejan disponibles en el epipedón del agroecosistema (Pardo-Locarno, 2009).

Escarabajos *Scarabaeoidea-Melolonthidae*.

Normalmente las chisas o larvas de escarabajos son vistas como plagas consumidoras de raíces de plantas cultivadas, razón por la cual su presencia no indica algo diferente a control químico con insecticidas al suelo (Pardo-Locarno 2009); sin embargo, se desconoce que la mayoría de estas larvas son saprófagos, que contribuyen con el ciclo de descomposición de la materia orgánica, la cual mineralizan y transforman en humus, enriqueciendo el suelo además con enzimas y otros compuestos orgánicos vitales para la edafogénesis; estudios realizados en el ensamblaje de escarabajos *Melolonthidae* del bosque seco tropical y muy seco tropical de los municipios de El Cerrito y Palmira (Pardo-Locarno 2013), registraron 36 especies para la región, evidencia de un ensamblaje pobremente estructurado, respecto a regiones silvestres vecinas,

más húmedas (Pardo-Locarno 1993) o piedemontes cafeteros (Pardo-Locarno *et al.*, 2005; Pardo-Locarno *et al.*, 2007a; 2007b).

Presumiblemente, las megaproblemáticas ambientales, tan extendidas localmente, entre ellas, la extinción de la selva seca nativa, su complejo de humedales y biocenosis (Pardo-Locarno 2009), la simplificación ecológica, expresada en el predominio de monocultivos no albergadores de microfauna, que además se constituyen en ambientes biofísicos artificialmente severos, poco hospitalarios y el uso intensivo de tecnologías agrícolas de gran impacto (quema de follaje de la cosecha, control de malezas, insectos plaga y otras prácticas de manejo de suelos), han convertido a la región en el hábitat de pocas especies.

No obstante este pequeño remanente de la diversidad original de escarabajos expresa servicios ambientales, originados en la poco conocida dinámica autoecológica y sinecológica del grupo.

Se presenta aquí una versión resumida de las especies observadas en ambientes agrícolas del Valle geográfico del Río Cauca (para más detalles consultar Pardo-Locarno 2013):

Cyclocephala lunulata, escarabajo de ciclo semestral, los adultos se capturan asociados a las dos épocas lluviosas, presentan hábitos crepusculares y nocturnos, son fototáxicos y frecuentan flores como la del espino de mono (*Pithecelobium* sp) y diversos frutales, en especial guayaba común (*Psidium guajaba*); la larva se desarrolla en suelos ricos en humus y restos vegetales degradados (saproantófagos); *Aspidolea fuliginea*, especie de ciclo anual, los adultos se reproducen durante la temporada lluviosa, son nocturnos, de hábitos melífago-frugívoros, fototáxicos; las larvas inicialmente son saprófagas, durante el tercer instar consumen raíces y tejidos vivos como cortes de zanahoria (variante entre saproantófagos y filorizófagos).

Ligyris bituberculatus, presenta larvas inicialmente saprófagas, posteriormente requieren raíces para culminar su ciclo de vida; los adultos son longevos (2-3 meses), se colectan atraídos por luz, durante la temporada lluviosa, en grupos aparentemente de distribución contagiosa, fueron mantenidos en cautiverio con logros moderados en cuanto a reproducción (rizófagos); la importancia agrícola de las especies de este género ha sido expuesta, en coautoria, por Piedrahita *et al.* (2007), al registrar el

impacto económico de *L. ebenus* DeGeer en cultivos de papachina en la Costa Pacífica del Valle y Chocó; *Podischnus agenor*, el escarabajo rinoceronte, de ciclo anual, cuyos adultos se observan como barrenadores de tallos de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), caña brava y guadua (*Guadua angustifolia*), son nocturnos, se reproducen durante las épocas lluviosas, especialmente en octubre y noviembre; las larvas son saproxilófagas, asociadas a tejidos en estado intermedio de descomposición, por ejemplo bagazo de caña y troncos podridos (caulosaprófagos); *Strategus aloeus*, el escarabajo torito de las palmas, especie de ciclo anual, cuyos adultos son fitófagos, barrenan estipes de palma africana y cocotero, además, tallos de maíz cultivado (variante entre caulosaprófagos y caulorizófagos), son de hábitos nocturnos, los machos elaboran galerías interconectadas, con varios orificios de salida, cada uno en forma de pequeño cono, al pie de palmas afectadas, y donde desarrollan el cortejo. Las larvas, inicialmente saprófagas, durante el segundo y sobre todo el tercer instar se comportan como rizófagas en gramíneas; *Coelosis biloba*, el escarabajo rinoceronte de los nidos de arriera, es poco frecuente en la zona plana de los municipios de Palmira y El Cerrito (Valle), los ejemplares además son de pequeño porte, caso contrario a los observados en los piedemontes; especie de ciclo anual, las larvas consumen detritus y sobrantes generados por la actividad del nido de arriera, empupan en capas profundas del nido, sin entrar en contacto con las hormigas; los adultos son nocturnos, fototáxicos, en cautiverio no consumieron frutas o restos vegetales, pero evidenciaron canibalismo sobre larvas, aunque no se descarta como una conducta alimenticia típica, se recomiendan más estudios para confirmar esta hipótesis.

Phileurus valgus, un caso especial, escarabajos de ciclo anual, de abundancia moderada, adultos nocturnos, fototáxicos, vuelan durante la temporada de lluvias, de hábitos carnívoros, depredan activamente a otros escarabajos e insectos, especialmente estados quiescentes como prepupa, pupa o adultos moribundos de otros escarabajos; a diferencia de los adultos, las larvas son saprófagas, consumen la interfase de descomposición entre madera podrida y suelo rico en materia orgánica y humus (fleoxilófagos), son gregarias y empupan en cámaras de tierra con paredes semisólidas, compactas, elaboradas con detritus de madera y suelo, las exuvia de la larva de tercer instar

queda compactada bajo el abdomen; *Phileurus didymus*, especie con biología similar a la anterior, pero poco común en el paisaje actual del monocultivo de caña; adultos depredadores, larvas saprófagas; *Macraspis chrysis*, escarabajo esmeralda de las flores, los adultos diurnos, se observaron asociados a flores de plantas cultivadas y silvestres; larvas saproxilófagas, con preferencia por maderas en estado intermedio de descomposición, elaboran galerías que colman compactando el aserrín excavado tras su paso, empupan en el mismo tronco, en cámaras excavadas en la madera; los adultos abundan en las temporadas lluviosas, vuelan en la copa de los árboles nutricios, las hembras buscan troncos preferiblemente de maderas basta, por ejemplo yarumos, pízamos, nacederos (xilomelífagos).

RECOMENDACIONES.

No obstante los servicios ambientales aquí expuestos, muy poco se conoce o valora a los macroinvertebrados edáficos, cuyos aportes no forman parte de los paquetes tecnológicos agrícolas, los cuales debieran enfocarse a sostenibilidad. Un hecho si es contundente: en los medios agrícolas, la densidad y biomasa de macroinvertebrados, responden directamente al manejo técnico que en ellos se implemente; estos organismos presentan una gran sensibilidad a los tipos de manejo, los cuales de una u otra manera impactan al suelo, afectándoles su biología y ecología.

Los paquetes tecnológicos agrícolas (y sus diversas prácticas mecánicas, agroquímicas, agroecológicas), pueden afectar significativamente la presencia y abundancia de la vida en el suelo y, particularmente, la de los macroinvertebrados, por lo mismo, atendiendo a la compleja trama afectada y a su lenta recuperación, conviene estudiar tempranamente los impactos ambientales de los planes de manejo, priorizando las respuestas iniciales de manejo aportadas por estos organismos, enfocando grupos funcionales específicos que podrían ofrecer excelente información agroambiental del manejo; igualmente, conviene ampliar y profundizar la búsqueda de servicios ambientales de los demás macroinvertebrados edáficos.

Finalmente, se plantea la hipótesis según la cual las circunstancias agroambientales así como la disponibilidad de alimento (diversidad y accesibilidad) y su relación con prácticas agrícolas deben ser analizadas detenida y particularmente, en términos de

evaluar y mitigar los impactos que se pudieran ocasionar a largo plazo, en cuanto a remover especies edafogénicas o diezmar sus poblaciones localmente y, con ello, afectar la viabilidad del manejo sostenible del suelo.

Agradecimientos.

A la Dra Martha Ligia Castellanos, Alexis Carabali, Yolanda Rubiano y demás miembros del comité organizador del congreso de suelos por el apoyo ofrecido al autor; A los miembros del comité editorial de la Revista Suelos Ecuatoriales por su esmerado apoyo; la fase final de edición fue apoyada por Roman Stechauner (resumen en inglés) y por Elena Gómez.

REFERENCIAS

- ADIS, J (1977) Estratégias de sobrevivência de invertebrados terrestres em florestas inundáveis da Amazônia central: uma resposta a inundação de longo período. Acta Amazônica 27(1): 43-54.
- ALDANA DE LA TORRE R S (1996) Hormigas de la cuenca media del río Calima: diversidad e indicadores biológicos. Trabajo de grado. Departamento de Biología. Universidad del Valle. Cali, Colombia. 97 p.
- ANDERSON, J. M. E & INGRAM, J. S.I (1993) Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods. 2 Ed. Oxford: CAB p 221.
- ARMBRECHT, I & CHACÓN P (1997) Composición y diversidad de hormigas en bosques secos relictuales y sus alrededores en el Valle del Cauca, Colombia. Revista Colombiana de Entomología 23 (1-2): 45-50
- AUSMUS, B. S (1977) Regulation of wood decomposition rates by arthropod and annelid populations. Ecology Bulletin 25:180-192
- BAENA M L (1993) Hormigas cazadoras del género *Pachycondyla* (Hymenoptera: Ponerianae) de la isla Gorgona y de la planicie Pacífica colombiana. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 1(1): 13-21
- BANDEIRA, A. G & HARADA, A (1998) Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia Central. Acta Amazônica 28(2): 191-204
- BUENO-VILLEGAS, J (2003) Los Diplópodos del suelo en la selva alta de los Tuxtlas. p 226-236.

- En: Álvarez Sanchez, J. & Naranjo-García, E (eds) Ecología del suelo en la selva húmeda de México. Instituto de Ecología A. C., Instituto de Biología y Facultad de Ciencias, UNAM, Xalapa, México. 316 p.
- BUENO, J. & P. ROJAS-FERNANDEZ (1999) Fauna de milpies edáficos de una selva alta de los Tuxtlas, Veracruz, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s) 76: 59-83.
- CASTAÑO, F (1981) Etología en hormigas en la Orinoquia Colombiana. Cespedia. 10 (37-38): 165-180.
- CONPES 3477(2007) Estrategia para el desarrollo competitivo del sector Palmicultor colombiano. Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación Bogotá, 9 de julio de 2007. 31 p.
- CHINCHILLA, C (2010) Las Pudriciones del Cogollo en Palma Aceitera: La Complejidad del Desorden y una Guía de Convivencia. ASD, Costa Rica. 23 p.
- DECAËNS T, LAVELLE P, JIMENEZ J J, ESCOBAR G, RIPPSTEIN G, SCHNEIDMADL J, SANZ J J, HOYOS P & THOMAS R J (2001) Impacto del manejo de la tierra en la macrofauna del suelo en los Llanos Orientales de Colombia. In: Natures plow: soil macroinvertebrate communities in the Neotropical Savannas of Colombia. Jiménez J J y Thomas R J (Editores). CIAT. Cali, Colombia. 19 p
- DECAËNS, T., JIMENEZ, J.J., GIOIA, C.; MEASEY, G.J & LAVELLE, P (2006) The values of soil animals for conservation biology. Eur. J. Soil Biol. Article in press (V. E: <http://dx.doi.org/10.1016/j.esobi.2006.07.001>)
- DORAN, J. W & ZEISS, M. R (2000) Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology 15: 3-11.
- EDWARDS, C.A & LOFTY, J. R (1982) The effect of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations. Journal of Applied Ecology 19: 723-734.
- ELLIOTT, L. F. & LYNCH, J. M (1994) Biodiversity and soil resilience. En Soil resilience and sustainable land use. Eds: D. J. Greenland & I. Szabolcs. CAB International Wallingford.
- FEIJOO, A; KNAPP, E. B & QUINTERO, H (1998) Los macroinvertebrados del suelo como indicadores de calidad y salud agrosistémica. Resúmenes IX Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. 216-221. Paipa, octubre 21-24.
- FOLGARAIT P J (1998) Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. Biodiversity Conservation 7:1221-1244
- FONSECA, L. A (2003) Colombia: escenario social, económico e institucional de la actual crisis cafetera. Oficina CEPAL Colombia. Bogotá. 26 p.
- HANDEL S N & BEATTIE AJ (1990) Semillas dispersadas por hormigas. Investigación y Ciencia 263: 76-83
- HARADA, A. Y & BANDEIRA, A. G (1994) Estratificação e densidade de invertebrados em solo arenoso sob floresta primaria e plantios arboreos na Amazônia central durante a estação seca. Acta Amazônica 24(1/2): 103-118.
- HASSALL, M.; ADL, S.; BERG, M.; GRIFFITHS, B. & SCHEU, S (2006) Soil fauna-microbe interactions: towards a conceptual framework for research. Eur. J. Soil Biol (Article in press: Gesell Schaft fur Okologie. Published by Elsevier GmbH. Doi: 10.1016/J.bae.2006.07.007) Pp: 1-7
- HOLE, F (1981) Effects of animal on soil. Geoderma 25: 75-112.
- HÖLLDOBLER B Y WILSON. E (1990) The ants. Harvard University Press. EEUU. 732 p
- HOUSE, G. J & ALZUGARAY, M. del R (1989) Influence of cover cropping and no-tillage practices on community composition of soil arthropods in a North Carolina agroecosystem. Agroecosystem Environment Entomology 18(2): 302-307.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI (1988) Suelos y bosques de Colombia. Subdirección Agrológica. Bogotá. 35 p
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI (1995) Suelos de Colombia origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Subdirección de Agrología. Bogotá. 632 p.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI (2003) Atlas de Colombia. Quinta Edición. Imprenta Nacional. Bogotá. 342 p.
- JIMÉNEZ, L. C (2006) El campo en Colombia: crisis y alternativas de solución. En: América Latina: Cidade, Campo e Turismo. A. I. Geraiges de Lemos et al (Ed). CLACSO, Consejo

- Latinoamericano de Ciencias Sociales, San Pablo. 24 p.
- LAVELLE P, DECAËNS T, AUBERT M, BAROT S, BLOUIN M, BUREAU F, MARGERIE P, MORA P & ROSSI J P (2006) Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology* 42: S3–S15
- LEÓN SICARD, T. O & RODRÍGUEZ, L (2005) Ciencia, Tecnología y Ambiente en la Agricultura Colombiana. *Revista Cuadernos Tierra y Justicia* No. 4. 46p. ISBN 958-9262-15-5
- LEVEY D J & BYRNE M M (1993) Complex ant-plant interactions: Rain-forest ants as secondary dispersers and post-dispersal seed predators. *Ecology* 74: 1802-1812
- MATSON, P. A; PARTON, W. J; POWER, A. G & SWIFT, M. J (1997) Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277:504-509
- MARÍN P Y FEIJOO A (2007) Efecto de la labranza sobre macroinvertebrados del suelo en vertisoles de un área de Colombia. *Terra Latinoamericana* 25 (3): 297-310
- MEJÍA, M (2006) Agricultura y ganadería orgánicas a condiciones colombianas: retorno de los pobres al campo. Artes Gráficas Javier Cardona Ariza. Cali. Colombia. 310 p.
- MILES, J (1985) Soil in the ecosystem. En: *Ecological interactions in soil: plants, microbes and animals*. Special publication of the British Ecological Society. Edited by A. H. Fitter. 4: 407-427
- NEHER, D. A (1999) Soil community and ecosystem processes; Comparing agricultural ecosystems with natural ecosystems. *Agroforestry Systems*. 45: 159-185.
- PARDO-LOCARNO, L. C; VÉLEZ, C. P; SEVILLA, F & O. MADRID (2006) Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de la tierra, en los Andes colombianos. *Acta Agronómica (Colombia)*. 55(1): 43-54.
- PARDO-LOCARNO, L. C; MONTOYA-LERMA, J; MORÓN, M.A & VALLEJO, F (2007) Chisas rizófagas (Col: *Melolonthidae*) en regiones cafeteras de los andes occidentales de Colombia y posibilidades de manejo integrado. XXXIV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN). Memorias. Cartagena., julio 25, 26 y 27 de 2007. Pp: 179-197.
- PARDO-LOCARNO, LUIS CARLOS (2009). Macroinvertebrados edáficos en agroecosistemas del municipio de El Cerrito (Valle), con énfasis en la comunidad de escarabajos *Melolonthidae* (Coleoptera: Scarabaeoidea). Universidad del Valle. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Departamento de Biología. Tesis Doctoral. 195 p.
- PARDO-LOCARNO, L. C (2013) Escarabajos (Coleoptera: *Melolonthidae*) del plan aluvial del Río Cauca, Colombia I. Ensamblaje, fichas bioecológicas, extinciones locales y clave para adultos. *Dugesiana* 20(1): 1-15 México.
- PARDO-LOCARNO L C & STECHAUNER-ROHRINGER, R (2011). Aspectos básicos de la reconversión agroecológica de los suelos de Urabá: una mirada a la compleja trama biológica a proteger. *Revista Agricultura Tropical*. 34(3,4):51-66. Diciembre.
- RAMÍREZ, M., I. AMBRECHT & M. L. ENRIQUEZ (2004) Importancia del manejo agrícola de la biodiversidad: caso de las hormigas en caña de azúcar. *Revista Colombiana de Entomología*. Vol 30 (1):115-123
- RAMÍREZ M, CHARÁ J, PARDO-LOCARNO L C, MONTOYA-LERMA J, AMBRECHT I, MOLINA C. H & MOLINA E. J (2012) Biodiversidad de hormigas hipógeas (*Hymenoptera: Formicidae*) en agroecosistemas del Cerrito, Valle del Cauca. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 24 Número 15.
- RESTREPO, J. C (2010) Una Política Integral de Tierras para Colombia. MADR. 23 p.
- ROBERTS D L, COOPER R J & PETIT L J (2000) Use of ¿premontante ? moist forest and shade coffee agroecosystems by army ants in western Panama. *Conservation Biology* 14:192-199
- RIVERA, J. H. (2003) La labranza de los suelos en el trópico: ¿necesidad o costumbre? Corporación (CORPOICA). Ecorregión Andina. Curso Nacional “Hacia un nuevo enfoque de producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales en la empresa ganadera”. Trópico medio y bajo (Octubre 2 y 3 de 2003). 22 p.
- SCHÄDLER, M.; ALPHEI, J.; SCHEU, S.; BRANDL, R & AUGÉ, H (2004) Resource dynamics in an early-successional plant community are influenced by insect exclusion. *Soil Biology & Biochemistry* 36:1817-1826.

- SANABRIA-BLANDÓN M C (2011) Ensamblaje de hormigas del suelo en ventanas productivas de piedemonte amazónico colombiano. Tesis de Maestría. Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombia. 89 p
- SANABRIA-BLANDÓN C & ACHURY R (2011) Hormigas legionarias (*Formicidae: Ecitoninae*) en sistemas productivos de Caquetá, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 16 (1): 219-224
- SANTOS, A. E (2010) Análisis de las últimas investigaciones sobre pudrición del cogollo en palma de aceite (*Elaeis guineensis Jacq*). Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Cultivos Perennes Industriales. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá. 39 p.
- STECHAUNER-ROHRINGER, R & PARDO-LOCARNO, L.C (2010). Descripción de larva y pupa, ciclo de vida y distribución del escarabajo rinoceronte *Cyclocephala lunulata* (*Coleoptera: Melolonthidae*) en Colombia, con una clave para larvas de tercer estadio de Dynastinae neotropicales. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*. 14-1:203-220.
- SEVILLA, F (2002) Distribución y abundancia de la macrofauna asociada con unidades locales de clasificación de suelos en la microcuenca Potrerillo, Cauca, Colombia. Tesis de Pregrado Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia – Centro Internacional de Agricultura Tropical. 129 P.
- SEVILLA, F., OBERTHÜR, T, USMA, H., ESCOBAR, G., PARDO LOCARNO, L., C., & NARVAEZ, G, C (2002) Exploración de la presencia y abundancia de la coleoptero fauna edáfica en diferentes usos de la tierra en una microcuenca del Departamento del Cauca. En: XXXVII Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Ponencias. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. 274 p.
- TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZAO, F. J & WANDELL, E. V (1999) Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia central. *Acta Amazônica* 29 (3): 477-495.
- TOBASURA, ISAÍAS (2005) La crisis cafetera, una oportunidad para el cambio en las regiones cafeteras de Colombia. *Revista Agronomía* (Universidad de Caldas). Vol. 13 (2): 35 - 46
- TRAUGOTT, M (2000) Morphological distinction of the larvae of *Cantharis fusca* (L) and *C. livida* (L) (*Coleoptera: Cantharidae*) and notes on their biology. *Entomologische Blätter* 96:46-56
- VILLANI, M. G. ALLEE, L. L; DIAZ, A & ROBBINS, P. S (1999) Adaptive strategies of edaphic arthropods. *Annual Review Entomology* 44: 233-256.
- VITOUSEK, P. M & SANFORD Jr., R. L (1986) Nutrient cycling in moist tropical forest. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17: 137-167.
- WILSON E O (1987) Causes of ecological success: the case of ants. *Journal of Animal Ecology* 56: 1-9