

LA IMPORTANCIA DE LA BIOTA EDÁFICA EN MÉXICO

Carlos FRAGOSO¹, Pedro REYES-CASTILLO² y Patricia ROJAS¹

¹Departamento Biología de Suelos. ² Departamento de Ecología y Conservación de Ecosistemas Templados. Instituto de Ecología, A.C., Km. 2.5 Carr. Antigua a Coatepec No. 351 Congregación El Haya 91070, Xalapa, Veracruz. MÉXICO

RESUMEN

En los últimos años los estudios sobre la diversidad edáfica han cobrado mayor importancia. En México, sin embargo, se han publicado muy pocos trabajos enfocados a este tema y casi siempre descontextualizados del entorno edáfico. Como producto de varias reuniones celebradas en los últimos años, se logró conjuntar a un grupo de especialistas para publicar una síntesis del conocimiento de algunos organismos de la biota edáfica de México. Esta selección tomó en cuenta aquellos grupos con un fuerte potencial de manejo o con una participación clave en los procesos edáficos. En este trabajo se revisan las contribuciones de este número especial, tomando como marco conceptual el proceso de la descomposición y los organismos involucrados.

Palabras Clave: Suelos, diversidad, función, agroecosistemas, manejo, GEF, CYTED, TSBF

ABSTRACT

In the last years the study of soil biodiversity has been emphasized. In Mexico, however, the few papers published on this subject have been focused to several aspects other than soil function. As a result of several meetings hold during last years, it was possible to join several soil biologists that agreed to publish a synthesis of the current situation of some soil organisms in a special number of this journal. The selected organisms were those with management possibilities or with a key role in soil processes. In this paper we review these contributions, in the context of soil decomposition and the organisms involved.

Key words: Soils, diversity, function, agroecosystems, management, GEF, CYTED, TSBF

La diversidad biológica del suelo

El problema de la cuantificación de la diversidad biológica constituye uno de los mayores retos que enfrenta la biología en la actualidad. Este reto resulta aún más relevante, cuando está implicada la toma de decisiones cruciales para la conservación de numerosas especies. Este problema ha llevado a muchos investigadores a cuestionar la posibilidad de un inventario total de especies,

seleccionando en lugar de ello, especies (o grupos de especies) y sitios determinados en función de parámetros funcionales, genéticos o filogenéticos (May 1990, Vane-Wright *et al.* 1991). La envergadura de esta cuantificación ha cambiado cuando se han “descubierto” nuevas fronteras de diversidad. Así, en las décadas pasadas, y con base en los estudios de la entomofauna del dosel de árboles tropicales, se propuso que la diversidad total había sido subestimada y que el número de especies a descubrir cambiaba de unos dos millones a valores en el orden de los 10 a los 80 millones (Erwin 1982, 1988; Stork 1988, Gaston 1991, Hodkinson 1992).

A raíz de estos nuevos cálculos y en el contexto de la “crisis de la biodiversidad”, *i.e.* la pérdida drástica de especies, hábitats e interacciones ecológicas (Wilson 1985, Wilson & Peter 1988, McNelly *et al.* 1990), en la década pasada se hizo evidente la falta de información sobre la diversidad de la biota edáfica y su papel en los principales procesos del suelo. Como resultado de esta preocupación surgieron varias iniciativas (SCOPE, TSBF) que produjeron artículos sintéticos sobre la situación del conocimiento global de la diversidad edáfica (Brusaard *et al.* 1997, Freeckman *et al.* 1997, Wall 1999).

México ha sido considerado un país megadiverso (Challenger 1998), y durante los últimos años se ha realizado un gran esfuerzo (liderado principalmente por CONABIO) para incrementar y sistematizar el conocimiento de la biodiversidad del país. Los frutos de este esfuerzo se han traducido en varios libros y atlas sobre la diversidad de artrópodos, aves, mamíferos y plantas (ver, entre otros, Ramamoorthy *et al.* 1998, Llorente *et al.* 1996, 2000). La biota edáfica, si bien ha sido revisada en publicaciones enfocadas en ciertos grupos, como en el caso de hormigas (Rojas 1996), termes (Canello & Myles 2000), coleópteros (Morón 1996a,b, Morón *et al.* 1997), etc., ha estado descontextualizada del ambiente edáfico y, por lo tanto, de su función en los procesos del suelo.

El objetivo de este trabajo es presentar una visión de la biota del suelo, incluyendo una panorámica de los grupos, su diversidad, su función en los procesos edáficos y, cuando procede, su potencial de manejo.

La selección de los temas incluidos en este número no fue arbitraria, sino que se seleccionaron aquellos grupos de organismos del suelo con un fuerte potencial de manejo y/o con una participación clave en los procesos edáficos. Esta selección tiene su origen en tres antecedentes:

i) La realización en 1995, del taller coordinado por TSBF “Soil Biodiversity and Ecosystem Function in Tropical Agricultural Systems” en Hyderabad, India, en donde se analizó a un grupo selecto de organismos del suelo con potencial de manejo en agroecosistemas tropicales (Swift 1997), como las bacterias nitrificantes (Kahindi *et al.* 1997), las micorrizas (Munyanziza *et al.* 1997), los

termes (Black & Okwakol 1997), las lombrices de tierra (Fragoso *et al.* 1997) y la fauna descomponedora en general (Beare *et al.* 1997).

ii) La celebración en enero del año 2000, del taller “La biodiversidad del suelo en agroecosistemas: hacia un uso sostenible” celebrado en Xalapa, Veracruz, como parte de la gestión de un proyecto GEF que pretende demostrar el valor de la biodiversidad edáfica en agroecosistemas tropicales mexicanos de bajos insumos (Barois & Bennack 2000). En este taller se presentó la primera versión de la mayor parte de los artículos que hoy conforman este número.

iii) Finalmente, en febrero del 2000, y como parte de un proyecto CYTED sobre la diversidad de los invertebrados del suelo (Fragoso 2000), se celebró el taller “Diversidad taxonómica y funcional de la macrofauna edáfica: la importancia de los ingenieros del ecosistema” en Xalapa, Veracruz, en donde el énfasis estuvo en los termes, las hormigas y las lombrices de tierra, los llamados ingenieros del ecosistema edáfico.

Con estos antecedentes quedó claro que para México había que añadir, a la lista anterior de Swift (1997), dos grupos más por su importancia en los ecosistemas tanto naturales como perturbados: las larvas de coleópteros (“gallinas ciegas”) y las hormigas. Además, durante el taller GEF se reconoció la importancia de los hongos fitopatógenos, por su papel determinante en la producción agrícola y su gran sensibilidad al control biológico.

Desde luego, existen muchos otros grupos importantes en el suelo, además de los analizados en este número especial. Faltan, por ejemplo, grupos claves tales como bacterias y hongos descomponedores, nemátodos, ácaros y colémbolos, y otros invertebrados, que son parcialmente revisados en el artículo de Brown *et al.* (2001) sobre la macrofauna edáfica.

Procesos y organismos del suelo

Anderson (1975) señala que el sistema suelo contiene algunas de las comunidades más ricas en especies que se conocen. En algunos ecosistemas, el suelo puede contener más de mil especies en poblaciones que pueden alcanzar 1 ó 2 millones de individuos por m².

Estos organismos pueden dividirse en tres grandes grupos: bacterias, hongos y animales. Con respecto a estos últimos, se ha propuesto una subdivisión en tres categorías (Bachelier 1971, citado por Lavelle 1983, Swift *et al.* 1979), de acuerdo con el tamaño (diámetro) del animal adulto y su tipo de respiración: i) Microfauna. Constituida por animales acuáticos que viven en el agua que está entre las partículas del suelo; miden menos de 0.1 mm (protozoarios, rotíferos y nemátodos); ii) Mesofauna. Formada por animales de respiración aérea cuyo

tamaño va de 0.1 a 2 mm (microartrópodos y enquitreidos) y iii) Macrofauna. Animales de respiración aérea de más de 2 mm que se mueven activamente a través del suelo y que pueden elaborar galerías y cámaras en las cuales viven (lombrices, termites, hormigas, grillos, etc).

El suelo es el sistema clave en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. En él se llevan a cabo dos procesos vitales: la descomposición y el flujo de nutrientes. Estos procesos son controlados principalmente por la actividad biológica, la cual depende en última instancia de la temperatura y la humedad. El modelo general de la descomposición (Swift *et al.* 1979) propone que los recursos que entran al suelo pasan por tres procesos durante su degradación: la fragmentación, la transformación enzimática (catabolismo) y el lavado por agua (lixiviación). Los dos primeros son modulados por la actividad biológica, mientras que el tercero depende enteramente de la precipitación. En este modelo, el recurso entra al sistema y es fragmentado, transformado enzimáticamente y lavado en repetidas ocasiones. Por ejemplo, una hoja (r_1) al ser fragmentada se transforma en un recurso diferente (r_2), el cual puede después ser atacado por bacterias y hongos y transformarse en otro recurso diferente (r_3), y así sucesivamente. Durante la transformación de esta hoja, se producen cuatro productos: i) un nuevo recurso, ii) CO_2 , iii) nutrientes en solución y iv) nutrientes inmovilizados en los organismos o en nuevos compuestos orgánicos complejos (humus). La formación de los productos iii y iv es lo que llamamos mineralización y humificación, respectivamente. Con el paso del tiempo, y dependiendo de las condiciones ambientales y de la biota presente, el recurso se descompone totalmente y su carbono y nutrientes pasan a la atmósfera (CO_2 y Metano), a la poza de materia orgánica y nutrientes del suelo o al tejido de la biota edáfica.

En el segundo artículo de este número, Álvarez-Sánchez (2001) profundiza en este tema pero con especial énfasis en los estudios llevados a cabo en México. A partir de su trabajo queda claro que: i) en nuestro país se han publicado solo 13 estudios de esta clase, centrados principalmente en el seguimiento de la pérdida de peso del recurso; ii) solo en cuatro estudios la descomposición ha sido analizada con relación a los descomponedores; iii) no existen estudios publicados que se hayan llevado a cabo en agroecosistemas. Finaliza su trabajo señalando la necesidad de realizar más estudios de este tipo, tanto a corto como a largo plazo, vinculando la descomposición con los organismos que participan en ella, y extendiéndolos a los ambientes manejados.

Los siguientes tres artículos de este número, se refieren a la diversidad y manejo de algunos descomponedores primarios, principalmente de aquellos que han establecido una relación mutualista o de parasitismo con las plantas y que tienen una gran influencia en la producción de los agroecosistemas.

Las relaciones mutualistas entre plantas y bacterias son analizadas por Martínez-Romero (2001), quien hace un análisis de la situación actual en México de las poblaciones de rizobia, nombre que se aplica a cinco géneros de bacterias fijadoras de nitrógeno asociadas a las raíces de leguminosas, entre los que destaca *Rhizobium*. La autora señala que 1/3 de la fijación total del nitrógeno es realizada por las 30 especies conocidas a nivel mundial, aunque la investigación y el manejo se han centrado solamente en unas pocas. Debido a que México tiene numerosas leguminosas nativas, existe una diversidad genética enorme, que solo se ha documentado para unas cuantas especies y biovariedades. La autora finaliza señalando la importancia de preservar las leguminosas nativas para garantizar la conservación de los rizobia, cuyo manejo para incrementar el nitrógeno en los agroecosistemas es muy prometedor.

Varela & Trejo (2001) revisan un caso particular de asociación mutualista: la micorriza. Estas autoras sintetizan el conocimiento en México sobre los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), un grupo particular de los siete tipos de micorrizas. Señalan que en nuestro país se han encontrado 44 especies de HMA, registradas en solo 11 estados, principalmente en agroecosistemas. Concluyen su trabajo señalando la necesidad de intensificar la exploración taxonómica, crear un banco de germoplasma, implementar prácticas de manejo que conserven esta asociación y seleccionar consorcios microbianos específicos.

Como un ejemplo de una relación de parasitismo edáfico tenemos el trabajo de Rodríguez (2001) sobre los hongos fitopatógenos del suelo. La autora menciona que en México estos organismos han sido muy estudiados desde el punto de vista de su biología, los daños que ocasionan y su control, pero que se sabe poco sobre su diversidad y rol en las microcadenas tróficas del suelo. El enfoque de la autora, más que en proporcionar estimados de la diversidad actual, se centra en señalar que el papel parasítico de estos hongos es una consecuencia de la clase de agricultura desarrollada. Señala que en suelos ricos en materia orgánica y con gran cantidad de descomponedores primarios y secundarios, el daño a las plantas generalmente se atenúa. En conclusión, en este caso se demuestra que los resultados positivos del manejo de una plaga están directamente relacionados con prácticas que maximizan la diversidad y funcionamiento biológicos del suelo.

Los siguientes cuatro artículos se refieren a invertebrados pertenecientes a la macrofauna, los cuales juegan un papel importante como fragmentadores y bioturbadores del suelo y cuyo manejo es prometedor pero ha sido poco explotado. Brown *et al.* (2001) analizan el conocimiento que se tiene en México sobre la macrofauna edáfica, centrándose en los patrones encontrados a nivel de grandes grupos (órdenes y familias). Estos autores evaluaron 127 comunidades de macrofauna provenientes de 37 localidades y 9 tipos de ecosistemas,

encontrando que la macrofauna incluye a más de 14,500 especies de 18 grupos. Los resultados de su análisis mostraron, independientemente del tipo de ecosistema, un dominio de las lombrices de tierra en la biomasa y de las hormigas en la abundancia, ocupando los termes el tercer lugar de abundancia, y que la perturbación afecta fuertemente a casi todos los grupos. Los autores proponen varias prioridades de investigación para el futuro, entre las que sobresalen: i) el incremento de los estudios taxonómicos para la mayor parte de los grupos, ii) la investigación en regiones pobremente exploradas y iii) la profundización de los efectos en el suelo y de las interacciones con los ingenieros del ecosistema edáfico (termes, hormigas y lombrices de tierra).

Un grupo importante de la macrofauna edáfica señalado por Brown *et al.* (2001) es el de las larvas de Coleoptera. Acerca de ellas, Morón (2001) realiza una síntesis sobre la importancia ecológica de las larvas edafícolas de la familia Melolonthidae (conocidas como "gallinas ciegas") en México, en donde se calcula que existen 870 especies, varias de ellas plagas importantes de diversos cultivos agrícolas. Este autor menciona que estas larvas miden de 3 a 90 mm de largo, con un peso de 0.05 a 27g y que su densidad puede alcanzar los 600 individuos por m². Considera que es necesario evaluar la utilidad de estos insectos en la conservación de suelos y realizar experimentos orientados a obtener un manejo adecuado de las especies rizófagas nocivas de los sistemas agrícolas y forestales.

Los tres últimos artículos de este número se refieren a los grupos de la macrofauna que por su importancia en los procesos del suelo son considerados ingenieros del ecosistema: las lombrices de tierra, los termes y las hormigas.

Fragoso (2001) presenta una síntesis del conocimiento taxonómico, ecológico y del potencial de manejo de las lombrices de tierra en México. Se calcula que la diversidad relativamente baja encontrada (129 especies, 36 de ellas en proceso de descripción), solo representa la mitad de la diversidad real del país. Esta fauna esta dominada por especies habitantes del suelo (endogeas) y resulta afectada con la perturbación, principalmente en cultivos anuales. Un aspecto importante que se aprecia en este estudio es la invasión de fauna exótica (47 especies) característica de ambientes perturbados. Finalmente, el autor señala que de las 129 especies del país, sólo con diez se han realizado estudios poblacionales o de impacto en el suelo y en las plantas, y que la mayor parte del manejo se ha hecho con dos especies epigeas exóticas composteadoras. El autor concluye señalando el gran potencial de manejo "in situ" de algunas especies endogeas.

Méndez-Montiel & Equihua-Martínez (2001) analizan la diversidad y manejo de los termes en nuestro país, basados en gran medida en el trabajo previo de Cancelló & Myles (2000). Al igual que el grupo anterior, los termes son poco diversos (79 especies) aunque se calcula que el número real de especies puede ser

de más del doble. Los autores mencionan que la investigación en México con este grupo es muy escasa, a pesar de su importancia. El manejo de este grupo en los agroecosistemas debe incluir su control como probables plagas y el aprovechamiento de su efecto bioturbador y mineralizador del suelo.

Finalmente Rojas (2001) presenta un análisis muy detallado de las hormigas del suelo de México. La autora explícitamente indica que la revisión se refiere a la formicofauna edáfica, excluyendo aquellas hormigas de hábitos arborícolas. Tras sustentar su importancia en los ecosistemas por su abundancia, actividades y rol trófico, demuestra que este grupo tiene un impacto notorio en la dinámica edáfica, aspecto hasta ahora muy poco estudiado. Algunos patrones interesantes que encuentra la autora son: i) de las 407 especies registradas en todo el país, la mayoría se encuentran en la región del Este y Sureste, ii) las comunidades más ricas se encuentran en la hojarasca y la madera muerta de las selvas tropicales, iii) los sitios perturbados tienen mayor abundancia y biomasa, pero menor diversidad. Menciona también que su papel como plagas y como agentes de control biológico ha sido poco estudiado. La autora concluye que en el futuro deben completarse los inventarios seleccionando localidades o grupos, evaluarse los efectos de estos insectos en el suelo y comenzar los estudios sobre posible manejo para aumentar la fertilidad del suelo.

La relación entre diversidad biológica, función del sistema y perturbación humana es evidente en el suelo. Los trabajos que se presentan en este número especial, señalan que una mayor diversidad es garantía de un funcionamiento normal, y en general tratándose del suelo, de un ecosistema saludable. Sin embargo, no solo se constata en estos trabajos la pérdida importante de esta diversidad, sino que además queda claro que nuestro conocimiento de la mayor parte de la biota edáfica de México es muy escaso.

Con una población que crece aceleradamente y con una cantidad de áreas de cultivo que disminuyen año con año, México debe enfrentar el reto futuro de hacer más productivos sus cultivos agrícolas. En este sentido es tiempo ya de voltear los ojos a los habitantes del suelo y cambiar al segundo paradigma de la fertilidad (Swift 1999), aquel que reconoce que la fertilidad puede obtenerse con el manejo de la biota edáfica.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Sánchez, J. 2001. Descomposición y Ciclo de Nutrientes en Ecosistemas Terrestres de México. *Acta Zool. Mex. (n.s.)*. Número especial 1:11-27
- Anderson, J.M. 1975. Succession, diversity and trophic relationships of some soil animals in decomposing leaf litter. *Journal of Animal Ecology* 44(2):475-495.

- Barois I. & D. Bennack.** 2000. Management of agrobiodiversity in Mexico, for sustainable land use and global environmental benefits. Workshop report:TSBF, PNUMA, INECOL and GEF. Xalapa, Ver. México. 23 pp.
- Beare, M.H., M. Vikram, G. Tian & S.C. Srivastava.** 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of decomposer biota. *Appl. Soil Ecol.* 6: 87-108.
- Black, H.I.J. & M.J.N. Okwakol.** 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of termites. *Appl. Soil Ecol.* 6: 37-54.
- Brown, G., C. Fragoso, I. Barois, P. Rojas, J. C. Patrón, J. Bueno, A. G. Moreno, P. Lavelle & V. Ordaz.** 2001. Diversidad y Rol Funcional de la Macrofauna Edáfica en los Ecosistemas Tropicales Mexicanos. *Acta Zool. Mex. (n.s.)*. Número especial 1:79-110
- Brussaard L., V. Behan-Pelletier, D. Bignell D., V. Brown, W. Didden, P. Folgarait, C. Fragoso, D. Freckman, V.S.R. Gupta, T. Hattori's, D.L. Hawksworth, C. Klopatek, P. Lavelle P, D. Malloch, J.Rusek J., Söderström B., Tiedje J. & R. Virginia.** 1997. Biodiversity and Ecosystem functioning in Soil. *Ambio* 26(8): 563-570.
- Cancello, E.M. & T.G. Myles.** 2000. Isoptera. Pp. 295-315. En: J.B. Llorente, E. González & N. Papavero (eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. 2.* UNAM, México, D.F.
- Challenger, A.** 1998. *Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro.* (Ed.) CONABIO, Instituto de Biología, UNAM, Agrupación Sierra Madre, S.C. pp: 847. México.
- Erwin, T.L.** 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. *Coleopterists Bulletin*, 36: 74-75.
- . 1988. The tropical forest canopy: The heart of biotic diversity. pp: 123-129. *In:* E.O. Wilson (ed.) *Biodiversity*. National Academy of Sciences.
- Fragoso, C.** 2000. Proyecto CYTED PIP XII.3 "Diversidad de la macrofauna de invertebrados en el suelo: implicaciones ecológicas"p. 176. *In:* Halfpeter (Coord.): Suprograma XII Diversidad Biológica. Memoria 1999-2000. CYTED. Madrid, España.
- Fragoso, C.** 2001. Las Lombrices de Tierra de México (Annelida, Oligochaeta): Diversidad, Ecología y Manejo. *Acta Zool. Mex. (n.s.)*. Número especial 1:131-171
- Fragoso, C., G. Brown, J.C. Patrón, E. Blanchart, P. Lavelle, B. Pashanasi, B. Senapati & T. Kumar.** 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Appl. Soil Ecol.* 6: 17-36.
- Freckman, D.W., T. H. Blackburn, L. Brussaard, P. Hutchings, M. A. Palmer & P.V.R. Snelgrove** 1997. Linking Biodiversity and Ecosystem Functioning of Soils and Sediments. *Ambio* 26(8): 556-561.
- Gaston, K.J.** 1991. The magnitude of global insect species richness. *Conservation Biology.* 6(3): 283-296.
- Hodkinson, I.D.** 1992. Global insect diversity revisited. *Journal of Tropical Ecology*, 8:505-508.
- Kahindi, J.H.P., P. Woomeer, T. George, F.M. De Souza Moreira, N.K. Karanja & K.E. Giller.** 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of nitrogen-fixing bacteria. *Appl. Soil Ecol.* 6: 55-76.

- Lavelle, P. 1983. The soil fauna of tropical savannas. II. The earthworms. pp. 485-504. In: F. Bourliere (ed.) *Tropical Savannas*. Elsevier.
- Llorente, J., A.N. García & E. González (eds.). 1996. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. UNAM, México, D.F.
- . 2000. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. 2. UNAM, México, D.F.
- Martínez-Romero, E. 2001. Poblaciones de Rhizobia Nativas de México. *Acta Zool. Mex. (n.s.)*. Número especial 1:29-38
- May, R. 1990. Taxonomy as destiny. *Nature*, 347:129-130.
- McNelly J.A., K.R. Miller, W.V. Reid, R.A. Mittermeir y T.B. Werner. 1990. *Conserving the world's biological diversity*. IUCN, Gland Switzerland; WRI, CI, WWF-US, and the World Bank, Washington D.C. 193 pp.
- Méndez-Montiel, J.T. & A. Equihua-Martínez. 2001. Diversidad y Manejo de los Terres de México (Hexápoda, Isóptera). *Acta Zool. Mex. (n.s.)*. Número especial 1:173-187
- Morón, M.A. 1996a. Scarabaeidae (Coleoptera). Pp. 309-328. In: J.L. Llorente, A.N. García & E. González (eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. UNAM, México, D.F.
- . 1996b. Melolonthidae (Coleoptera). Pp. 287-307. In: J.L. Llorente, A.N. García & E. González (eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. UNAM, México, D.F.
- . 2001. Larvas de Escarabajos del Suelo en México (Coleoptera: Melolonthidae). *Acta Zool. Mex. (n.s.)*. Número especial 1:111-130
- Morón, M.A., B. Ratcliffe & C. Deloya. 1997. *Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia*. CONABIO, México, D.F.
- Munyanziza, E., H.K. Kehri & D.J. Bagyaraj. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. *Appl. Soil Ecol.* 6: 77-86.
- Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot & J. Fa. (compiladores). 1998. *Diversidad Biológica de México Orígenes y distribución*. (Ed.) Instituto de Biología, UNAM. pp: 792. México.
- Rodríguez, G. M. P. 2001. Biodiversidad de los Hongos Fitopatogenos del Suelo de México. *Acta Zool. Mex. (n.s.)*. Número especial 1:53-78
- Rojas, P. 1996. Formicidae. pp. 483-500. In: J. Llorente, A. García Aldrete y E. González S. (Eds): *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. UNAM. México. 660 pp.
- Rojas, P. 2001. Las hormigas del Suelo en México: Diversidad, Distribución e Importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zool. Mex. (n.s.)*. Número especial 1:189-238
- Stork, N.E. 1988. Insect diversity; facts, fiction and speculation. *Biological Journal of the Linnean Society*. 35: 321-337.
- Swift, M. 1997. Agricultural intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function in the Tropics: the role of decomposer biota. *Appl. Soil Ecol.* 6: 1-2.
- . 1999. Towards the second paradigm: integrated biological management of soil. Pp.11-24. In: J.O. Siqueira, F.M.S. Moreira, A.S. Lopes, L.R. Guilherme, V. Faquin, A.E.

- Furtini & J.G. Carvalho (eds.). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. UFLA, Lavras, Brasil.
- Swift, M.J., O.W. Heal & J.M. Anderson.** 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Blackwell Scientific Publications. Vol. 5. pp: 372. (Ed.) Oxford London Edinburgh Boston Melbourne.
- Varela, L. & D. Trejo.** 2001. Los Hongos Micorrizógenos Arbusculares como Componentes de la Biodiversidad del Suelo en México. *Acta Zool. Mex. (n.s.)*. Número especial 1:39-51
- Vane-Wright R.I., C.J. Humphries & P.H. Williams.** 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation*, 55: 235-254.
- Wall, H. D.** 1999. Biodiversity and ecosystem functioning: A special issue devoted to belowground biodiversity in soils and freshwater and marine sediments. *BioScience* 49(2): 107-108.
- Wilson, E.O.** 1985 The biological diversity crisis. *Bioscience*. 35:705-706
- Wilson, E.O. & Peter, F.** 1988. *Biodiversity*. National Academy of Sciences

Recibido: 3 de septiembre 2001

Aceptado: 10 de octubre 2001