

Variación de la mesofauna del suelo en áreas recultivadas de la zona minera de Moa, Holguín, Cuba*

Ana A. SOCARRÁS** y María E. RODRÍGUEZ**

Abstract: ABSTRACT: Changes of the mesofauna of the soil in some aforested areas in Moa, Holguín, Cuba. It was evaluated the effect of *Casuarina equisetifolia* and *Pinus cubensis* on the recovery of mined affected areas, using soil mesofauna as an index of this recovery. It was compared the density and soil mesofauna composition in some aforested areas, and in an industrial contaminated area (Cupey) with that in a nearby natural forest in Moa. It was observed that in the aforested areas, the average density of mesofauna was lower than in the natural forest. The lowest value was obtained in the area aforested with pines what indicates that it does not still exist a recovery of soil mesofauna in these areas. The indicative groups of stability and fertility (Oribatid and Collembola) were more abundant and showed maximum mean density in the natural forest, followed by the area of industrial contamination (Cupey) that maintain a remaining natural vegetation. The indicative groups of productive instability are greater in the aforested areas with pine and casuarina showing an imbalance of the pedofauna in these areas affected by the mining activity.

KEY WORDS: mesofauna, aforested, industrial contamination, pedofauna.

INTRODUCCIÓN

El equilibrio ecológico del suelo puede ser perturbado fácilmente por la actividad humana con el consecuente decremento de su fertilidad biológica. La degradación del suelo en áreas dedicadas a la explotación minera causa considerables perjuicios a la integridad ecológica del suelo, de ahí que el desarrollo de la actividad de rehabilitación en estas áreas, adquiere gran importancia en el mundo (Mummey *et al.* 2002). En la actualidad son ampliamente utilizadas en suelos degradados especies de gran adaptabilidad como *Casuarina equisetifolia* Forst., *Pinus cubensis* y *Anacardium occidentale* (marañón), que se establecen fácilmente, y poseen gran adaptabilidad a las carencias nutricionales del suelo.

En Cuba se lleva a cabo un programa de rehabilitación en áreas perturbadas por la actividad minera en suelos oxisoles, típicos de la región de Moa, donde se localizan los principales yacimientos niquelíferos del país. El incremento de la actividad industrial y la explotación minera a cielo abierto ha provocado serios daños, en la destrucción de la cobertura vegetal, disminución en el contenido de materia orgánica y degradación de la estructura del suelo en esta zona, lo que impide el desarrollo sucesional temprano de la biota edáfica, especialmente de las comunidades de la mesofauna (Parrotta, 1993).

La mesofauna del suelo interviene en procesos decisivos para el mantenimiento de la productividad del suelo como son la descomposición de la materia orgánica, la aceleración y reciclaje de los nutrientes y la mineralización del fósforo y el nitrógeno (Seastedt y Crossley) 1980). La presencia y el balance de algunos de sus grupos, son considerados indicadores potenciales del grado de perturbación y recuperación del suelo, por ser muy sensible a los cambios climáticos y a las perturbaciones antrópicas del medio edáfico, que provoca variaciones en su densidad y diversidad.

Otro aspecto es la utilización de los criterios de resiliencia o capacidad de recuperación que nos permite cuantificar las relaciones entre la actividad antrópica y el ambiente natural (Ares *et al.* 2001).

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la rehabilitación con *Casuarina equisetifolia* Forst., *Pinus*

cubensis Griseb. y *Anacardium occidentale* Lineo en áreas afectadas por la actividad minera en Moa, comparándolas con un Bosque Natural Remanente, utilizando la variación de la mesofauna edáfica como indicador biológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la zona minera de Moa en Holguín, en el Noroeste de Cuba. El clima regional es subtropical con una temperatura media anual de 25° C y un promedio de precipitaciones que varía entre 1750 – 2300 mm. El suelo predominante es Oxisol (Soil Taxonomy, Hernández *et al.* 1996).

Las áreas seleccionadas para el estudio fueron: área de bosque natural remanente. Áreas revegetadas con: *Pinus cubensis* Grises, *Casuarina equisetifolia* Forst. y *Anacardium occidentale* Lineo. Estas áreas fueron muestreadas en los meses octubre/noviembre a los cuatro años de haberse iniciado el proceso de rehabilitación. En cada área se tomaron aleatoriamente 5 muestras de suelo a 0 -5 y 5 -10 cm de profundidad con un cilindro de cinco cm de diámetro por 10 cm de profundidad. La extracción de la fauna edáfica se realizó mediante la utilización de embudos Tullgren durante siete días. Los ejemplares así recolectados se conservaron en alcohol 70% y se procedió a la identificación hasta la categoría de suborden en el caso de los ácaros, siguiendo la clasificación de Evans (1992) y de orden en los insectos.

Con estos datos se obtuvo la densidad (ind/m²) de cada taxón en cada período. La selección de los indicadores biológicos se realizó teniendo en cuenta las características ecológicas de los organismos presentes y adoptando algunos criterios propuestos por otros investigadores (Hermosilla *et al.*, 1977; van StraaJen, 1998; Behan-Pelletier, 1999 y Bedano *et al.*, 2001). Además se aplicó la relación área rehabilitada/bosque natural siguiendo los criterios de Ares *et al.* (2001) y Rapoport *et al.* (1998).

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple para conocer los efectos del tiempo sobre la variación de la densidad de la mesofauna y sus componentes.

*Manuscrito aprobado Marzo del 2005.

**Instituto de Ecología y Sistemática, Apartado 8029. La Habana. C. P. 10800. Cuba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los mayores valores de la densidad promedio de la mesofauna se encontraron en el bosque natural (Tabla 1). La existencia de una densa vegetación o de un área con cobertura vegetal, produce un alto valor de humedad y una reducción de la temperatura, condiciones favorables para la densidad y abundancia de la mesofauna (Weideman *et al.*, 1982). Este bosque, de más de 25 años de existencia, está sometido a una mínima perturbación antrópica, por lo que se considera en equilibrio, además presenta una alta diversidad vegetal, elemento que propicia el aumento de la diversidad faunística.

Los valores intermedios de la densidad promedio de los microartrópodos edáficos aparecen en las áreas recultivadas con pino y con casuarina, siendo los valores encontrados en el área revegetada con pino significativamente superior a los encontrados en la plantación de casuarina (Tabla 1). Weideman *et al.* (1982) y Pérez *et al.* (1992) observaron que la densidad de la mesofauna depende de la calidad de la materia orgánica y de su proceso de descomposición y que ésta influye, a su vez, sobre la acumulación de la hojarasca. Estos mismos autores señalan que las diferencias en la composición química de la hojarasca, de distintas plantas, parece no hacerla palatable, así como la estructura de las hojas que la forman pueden influir sobre las diferencias intra-hábitat. Estos factores justificarían el valor intermedio de densidad promedio de la mesofauna encontrado en las áreas de casuarina y pino. Por otro lado es de destacar que este valor ha sido beneficiado por la presencia de grupos indicadores de inestabilidad e infertilidad del estado del suelo (Astigmados y Prostigmados), así como de un grupo (Psocoptera) considerado el pionero de la recuperación de áreas afectadas por las perturbaciones tanto antrópicas como naturales. Los grupos indicadores de estabilidad y fertilidad del medio edáfico (Oribátidos, Gamasinos, Uropodinos y Colémbolos) presentan en estas plantaciones valores muy bajos; todo esto nos demuestra un desequilibrio entre las poblaciones de los diferentes grupos que componen la mesofauna. Estos valores alcanzados en las áreas de pino y casuarina difieren significativamente de los alcanzados en el bosque natural, lo que demuestra que aún estas áreas no han alcanzado las condiciones de equilibrio y estabilidad necesarias para el establecimiento armónico de las poblaciones de la mesofauna.

El área rehabilitada con *A. occidentale* presenta un 45% de cobertura del suelo aproximadamente, encontrándose en la misma el mínimo valor de densidad de la mesofauna (Tabla 1). La pobre cobertura vegetal del suelo podría ser el principal factor que ha determinado este valor de densidad. Es conocido que el empleo de plantas de cobertura vegetal favorece la formación y la estabilidad de agregados, a través del suministro de materia orgánica por la deposición de restos de plantas y crea condiciones para el establecimiento de la fauna del suelo (Cerdà, 1998).

El análisis de varianza simple aplicado a este experimento demostró que la densidad de la mesofauna difiere significativamente ($P < 0.05$) con el tipo de plantación utilizada (*Pinus cubensis*, *Casuarina equisetifolia* o *Anacardium occidentale*) en la recultivación y las áreas de vegetación natural remanente (Tabla 1).

Los ácaros astigmados y prostigmados y los insectos colémbolos y psocópteros constituyeron los grupos dominantes de la pedofauna en los muestreos realizados que coinciden con los encontrados por Socarrás y Rodríguez (1999) y Socarrás *et al.* (2003) en áreas recultivadas con *Casuarina equisetifolia* y *Pinus cubensis* en zonas mineras de Ocuja y Moa (Tabla 1).

Los valores de la densidad calculados para oribátidos alcanzan su máximo en el bosque natural y difieren significativamente ($P < 0,05$) de las otras áreas analizadas (Tabla 1). Esto concuerda con lo planteado por Rockett (1986) en cuanto a que en los bosques se registra un promedio superior de ácaros oribátidos en comparación con los campos cultivados o ecosistemas alterados. Este grupo es más abundante cuando existe una mayor acumulación de la hojarasca, debido a que la mayor parte de las especies de este grupo son laterícolas y se alimentan de hojarasca, hongos y otros materiales orgánicos (Andrén y Lagerlöf, 1983). En las tres áreas afectadas por la minería el valor de la densidad promedio de este grupo de ácaros es bajo, no presentando diferencia significativamente ($P > 0,05$) entre las plantaciones de casuarina y pino pero sí con el valor encontrado en el área revegetada con marañón. La densidad de oribátidos constituye un buen indicador ya que es máxima en los ambientes menos degradados.

Los mayores valores de la densidad poblacional de astigmados se encontraron en las tres áreas afectadas (apareciendo en orden: pino > casuarina > marañón). Esto

Tabla 1. Densidad promedio de los grupos que componen la mesofauna en áreas recultivadas con diferentes tipos de vegetación (medias con letras diferentes muestran diferencias significativas mediante una prueba de Duncan).

Densidad/total	Casuarina	Marañón	Pinar	Bosque Natural	FF
Mesofauna	14 082 ^c	6 617 ^d	14 930 ^b	16 118 ^a	26.705***
Oribátidos	848 ^b	678 ^c	848 ^b	5 259 ^a	43.396***
Astigmados	6 617 ^b	3 053 ^c	6 956 ^a	1 696 ^d	18.933***
Gamasinos	678	678	1 018	1 527	2.792 n.s.
Prostigmatos	3 223 ^a	2 036 ^c	2 714 ^b	1 357 ^d	6.111*
Uropodinos	509	509	509	678	1.000 n.s.
Colémbolos	509	509	509	2 714	3.250 n.s.
Psocópteros	1 696 ^b	1 187 ^c	2 545 ^a	848 ^d	12.611***

concuera con lo planteado por Andrés (1990) de que los astigmados son micófagos y una elevada abundancia está presente cuando las condiciones del medio son desfavorables, por lo que constituyen bioindicadores de inestabilidad y disminución de la fertilidad del suelo. Son específicos de suelos pobres en nutrientes y perturbados por lo que constituyen bioindicadores de inestabilidad y disminución de la fertilidad del suelo.

El máximo valor de densidad de astigmados es alcanzado en el área de pinos (Tabla 1). En este caso el empleo de esta especie en la recultivación produce una capa de hojarasca discontinua que es muy difícil de degradar por los microartrópodos y la microflora por sus características y además, desprende un olor que ahuyenta a estos organismos, pero a su vez, en esta capa de hojarasca se acumula una gran cantidad de hongos que son más activos en la descomposición lo que constituye un estrato ideal para el establecimiento de estos ácaros.

Los valores mínimos de la densidad promedio de los astigmados se corresponden con el bosque natural, área con una mayor estabilidad ecológica. El comportamiento de este grupo de ácaros difiere significativamente ($P < 0.05$) entre las parcelas estudiadas (Tabla 1).

Los gamásinos, otro grupo dentro de los ácaros, cuyo papel trófico es ser depredadores de las poblaciones de microartrópodos del suelo presenta su máximo valor de densidad promedio en el bosque natural; el valor intermedio aparece en el área de pino y los mínimos se corresponden con las áreas de casuarina y marañón (Tabla 1). De forma general, se observa que existe un comportamiento lineal entre este grupo y los oribátidos, debido a que son sus activos depredadores. Son de cuerpo blando y por lo tanto más sensibles a cambios desfavorables del medio (Hägvar, 1984). Estas características lo hacen ser un buen indicador de la calidad de los suelos al presentar una mayor abundancia en los que están menos perturbados. En el análisis estadístico aplicado a este grupo aparecen diferencias significativamente entre las parcelas estudiadas.

Los mayores valores de la densidad promedio para prostigmados aparecen en las áreas recultivadas y afectadas y el menor valor en el bosque natural (Tabla 1). Este grupo de ácaros es dominante en suelos pobres en nutrientes y con bajos valores de carbonato de calcio, bajo contenido de materia orgánica y poca humedad (Wallwork *et al.*, 1985). Además, Andrés y Lagerlöf (1983) señalan que ciertos grupos como prostigmados pueden ser más abundantes en suelos perturbados, debido a que poseen un alto potencial reproductivo que les permite adaptarse al efecto del factor perturbador, por lo que en ausencia relativa de depredadores y competidores por el alimento, pueden aumentar rápidamente su número.

En estos tipos de suelos alcanzan la dominancia numérica con respecto a los oribátidos. Los resultados obtenidos en Moa corroboran que el balance de este grupo sirve como bioindicador de las condiciones del suelo. La densidad promedio de los prostigmados en el bosque natural difiere significativamente ($P < 0.05$) del resto de las áreas afectadas por la minería.

Los valores de densidad calculados para Uropodinos son muy bajos en sentido general, encontrándose los mayores en

el Bosque Natural Remanente. En las áreas revegetadas se encuentran los mínimos valores, no presentando diferencias significativas ($P > 0.05$) entre todas las áreas muestreadas. Athias-Binche (1980) planteó que este grupo es poco abundante en el suelo porque presenta características morfológicas y bioecológicas que lo hacen muy exigentes en cuanto a las cualidades del hábitat. Son húmicolas y responden positivamente ante las buenas condiciones de aireación del suelo.

Los valores de la densidad promedio calculados para colémbolos son mínimos si se compara con los otros grupos faunísticos analizados. Esto coincide con lo encontrado por Rodríguez *et al.* (1987) y Socarrás *et al.* (2003) en un estudio realizado en un área recultivada con pinos y casuarinas, así como un bosque natural remanente, sobre suelos Ferríticos semejantes a los de Moa. Estos resultados y los de ahora encontrados, parecen reafirmar la baja densidad de colémbolos como característica de estos suelos.

Los mayores valores se corresponden con el área de vegetación natural, aunque no se presentan diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las áreas recultivadas y el bosque natural remanente. Mitra *et al.* (1983) y Weideman *et al.* (1982) encontraron que la presencia de la cobertura vegetal y la existencia de una abundante vegetación, produce un alto valor de humedad, lo que es positivo para el desarrollo de la pedofauna y en especial de este grupo. Estos apterigotos dependen grandemente de la conjugación de los factores materia orgánica y humedad (Chaudhuri y Roy, 1966 y Mitra *et al.* 1983). Además son susceptibles a las perturbaciones del medio (Hermosilla *et al.*, 1977 y Zorrilla *et al.*, 1988).

Los mayores valores calculados para la densidad promedio de los psicópteros se aprecian en el área recultivada con pino. Un grupo intermedio de valores de la densidad promedio se observaron en las áreas de casuarina y marañón, mientras los menores valores se corresponden con el Bosque Natural (Tabla 1). Majer (1984) plantea que estos insectos son los pioneros de la recolonización en áreas alteradas o perturbadas, lo que se corresponde con este resultado por las características oligotróficas y de sequía edáfica que presentan estos suelos. Los valores de densidad promedio de psicópteros difieren significativamente ($P < 0.05$) entre las áreas.

Indicadores Biológicos. Diferentes autores han propuesto balances o relaciones de los organismos que integran a la mesofauna del suelo teniendo en cuenta sus características ecológicas y adoptando algunos criterios de comportamiento y funcionamiento del ecosistema y de la fauna acompañante, así como del manejo a que son sometidos.

Relación o Balance Oribátidos/Astigmados. Existe una relación entre los oribátidos y los astigmados, ya que mientras uno aumenta el otro disminuye, de ahí la importancia que tiene este balance para medir el grado de desequilibrio entre las biocenosis edáficas (Karg, 1963). En este estudio la relación favorece (< 1) a los astigmados en las áreas recultivadas y afectadas por la actividad minera, mientras en el bosque natural favorece a los oribátidos (> 1) (Fig 1). Esto indica que las áreas más afectadas por la minería presentan desequilibrio, inestabilidad y por consiguiente una disminución de la fertilidad del suelo y que las áreas a los cuatro años de haberse iniciado el plan de recultivación, muestran el desbalance de los grupos de la mesofauna. Esta

relación ha sido utilizada por Andrés (1990), Socarrás (1999), Bedano (2001), Socarrás *et al.* (2002); Socarrás *et al.* (2003) en bosques y ecosistemas perturbados.

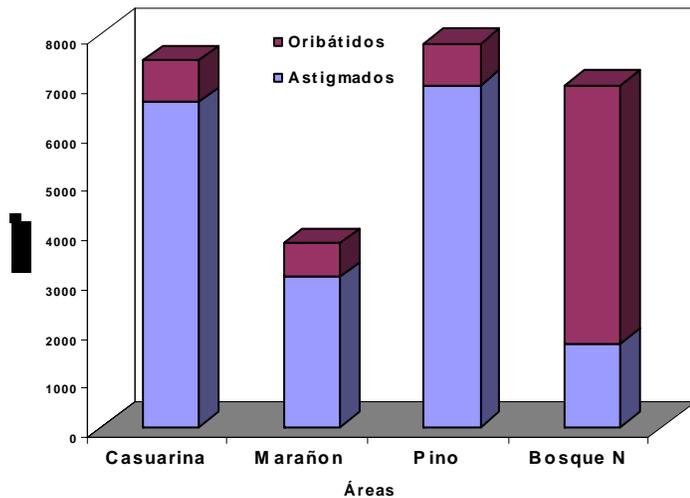


Fig. 1. Balance Oribátidos/Astigmados en las áreas estudiadas.

Relación o Balance Oribátidos/Prostigmados. Los resultados obtenidos en esta investigación corroboran que el balance de estos grupos sirve como bioindicador de las condiciones del suelo, al observar un valor elevado (>1) en el Bosque Natural, por la presencia mayoritaria de los oribátidos, mientras se observa un mínimo valor (<1) en las áreas revegetadas con casuarina, marañón y pino al alcanzar los prostigmados la dominancia numérica con respecto a los oribátidos (Fig 2). Cuando esto ocurre el grado de desequilibrio alcanzado en las comunidades del suelo es casi irreversible (Wallwork *et al.*, 1985 y Andrés, 1990), por lo que estamos en presencia de un área con bajo contenido orgánico, infértiles e inestables.

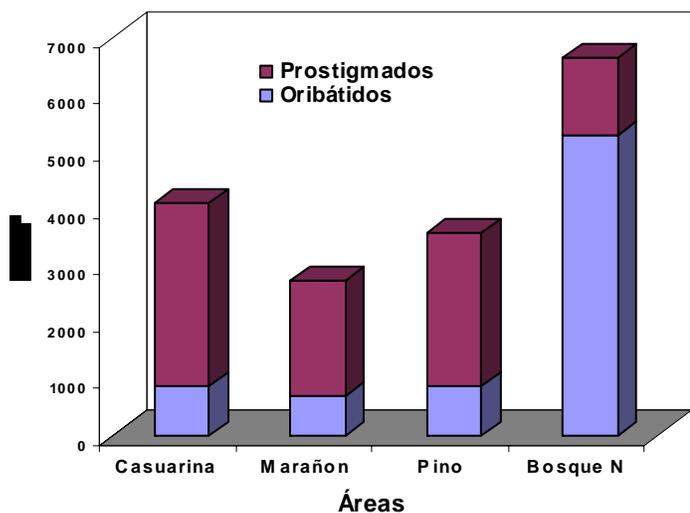


Fig. 2. Balance Oribátidos/Prostigmados en las áreas estudiadas

Relación o Balance Ácaros/Colémbolos. Otra relación es la descrita por Mateos (1992) en la cual se considera que el balance de los Ácaros/Colémbolos es útil para determinar el grado de perturbación en zonas afectadas. En este estudio esta relación o balance es elevada, denotando una diferencia mayor entre estos dos grupos en las diferentes áreas muestreadas (Fig.3). Esto demuestra aún la existencia de perturbación y desequilibrio en las áreas objeto de estudio aunque, se debe señalar que los colémbolos en estos suelos Ferríticos aparecen poco representados en comparación con otros suelos de Cuba. Esta relación ha sido utilizada por otros autores (Prieto *et al.*, 1989, Socarrás 1999, Socarrás *et al.*, 2002; Socarrás *et al.*, 2003) en diferentes agroecosistemas y campos no cultivados permitiendo comprobar que en todos los casos existe predominio de los ácaros, lo que indica la plasticidad ecológica de los estos y un cierto grado de perturbación en el medio edáfico.

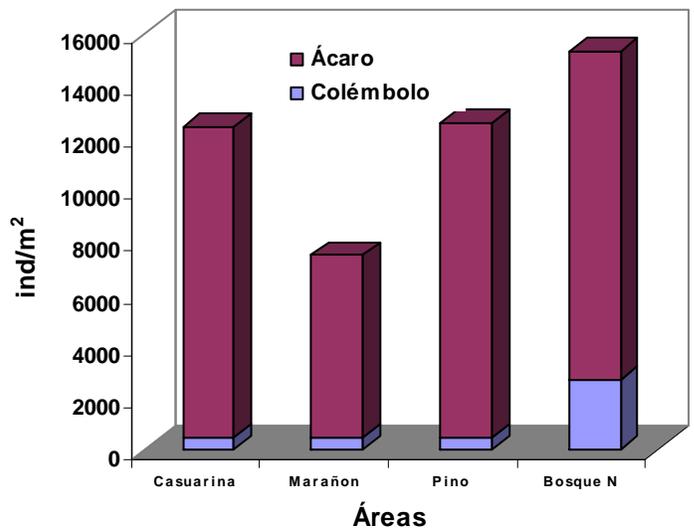


Fig. 3. Balance Ácaros/Colémbolos en las áreas estudiadas.

Entre los criterios de resiliencia o capacidad de recuperación podemos utilizar en el de *área rehabilitada/bosque natural*, tanto para la mesofauna como para cada grupo que la integra. Esta relación nos permite tratar de cuantificar en que proporción se aleja o se acerca, con diferentes tipos de plantaciones forestales, ese ecosistema de reemplazo en su funcionamiento, al bosque natural preexistente.

En nuestro estudio, con respecto al valor de densidad de la mesofauna total, encontramos que las relaciones Pino/Bn y Cas/BN son las que más se acercan a uno y eso nos da una medida de cuán próxima están estas plantaciones de alcanzar los valores obtenidos en el Bosque Natural que representa el ecosistema en equilibrio (Tabla 2).

En el caso de Oribátidos y Colémbolos, indicadores de fertilidad y estabilidad del suelo, todas las relaciones analizadas alcanzan valores bajos, muy por debajo de uno, lo que indica que existe una diferencia notable con los valores alcanzados para esos grupos en el ecosistema natural y que las condiciones para el establecimiento y recuperación de estas poblaciones edáficas aún no están creadas.

En el caso de Astigmados, bioindicador de infertilidad y desequilibrio del medio edáfico, la relación Mar/Bn alcanza valores superiores a uno lo que indica que la cantidad de astigmados presentes es mayor a la del Bosque Natural y en las relaciones Cas/Bn y Pino/Bn este valor es triplicado (3.90) y cuatuplicado (4.10) demostrando que las poblaciones de estos ácaros son 3 y 4 veces respectivamente superiores a la del ecosistema natural, lo que evidencia la existencia de perturbación y desequilibrio en todas las áreas muestreadas (Tabla 2).

Los valores de la relación Mar/Bn para Prostigmados son algo mayores que uno (1.50) y en las relaciones Pino/Bn y Cas/Bn alcanzan valores de dos (2.00) y más de dos (2.36), lo que indica que las poblaciones de este grupo son algo mayores en el caso del Marañón que en el Bosque Natural, mientras en las áreas rehabilitadas con casuarina y pino los valores doblan los encontrados en el bosque, demostrando un desequilibrio edáfico al ser estos ácaros indicadores de inestabilidad e infertilidad del suelo.

Otros dos grupos indicadores de fertilidad y estabilidad edáfica son los Gamasinos y Uropodinos. Los valores de estos dos grupos de ácaros están por debajo de uno en todas las relaciones analizadas, indicando que a los cuatro años de haber comenzado la recultivación con estas especies forestales aún no se han creado las condiciones para establecimiento de estos bioindicadores.

Con respecto a los valores encontrados para Psocópteros en la relación Mar/Bn son ligeramente superiores a uno (Tabla 2). En el caso de los valores determinados para las relaciones Cs/BN y Pino/BN duplican (2.30) y triplican (3.78) los valores encontrados en el Bosque Natural. La presencia de este grupo es indicador del inicio del proceso de recuperación progresiva del suelo, lo que explica que las poblaciones de estos insectos estén siempre presentes en las plantaciones analizadas.

Estos resultados corroboran lo planteado por Trasar-Cepeda *et al.* (2000) de que en los suelos de minas en vías de recuperación, después de la recultivación se produce una progresiva evolución de las propiedades físicas, químicas y bioquímicas, acercándose a los niveles típicos de estas propiedades en suelos naturales.

Tabla 2. Relación área rehabilitada/Bosque Natural para mesofauna y los grupos que la integran expresada en ind/m².

	Relación Cas/BN	Relación Mar/BN	Relación Pino/BN
Mesofauna	0.87	0.41	0.92
Oribátidos	0.16	0.12	0.16
Astigmados	3.90	1.80	4.10
Gamásinos	0.44	0.44	0.66
Prostigmados	2.36	1.50	2.00
Uropodinos	0.75	0.75	0.75
Colémbolos	0.18	0.18	0.18
Psocópteros	2.30	1.39	3.78

CONCLUSIONES

- ◆ Se destacan como buenos indicadores del estado del suelo la densidad de oribtdidos, astigmados, gamasinos, prostigmados, colémbolos y psocópteros y las relaciones Oribátidos/Astigmados, Oribátidos/Prostigmados, Ácaros/colémbolos y Área rehabilitada/Bosque Natural.
- ◆ Se destaca la proporción de grupos zoológicos, indicadores de inestabilidad e infertilidad del suelo Prostigmados y Astigmados, lo que evidencia una afectación del medio edáfico.
- ◆ Los grupos indicadores de estabilidad y fertilidad del medio edáfico (Oribátidos, Gamasinos, Uropodinos y Colémbolos) presentan en estas plantaciones valores muy bajos; todo esto nos demuestra un desequilibrio entre las poblaciones de los diferentes grupos que componen la mesofauna.
- ◆ Consideramos que la mayor afectación ocurre en el área recultivada con marañón, seguido del área de casuarina y por último del pinar y que esta afectación a los cuatro años no ha sido aun revertida lo que se evidencia por la dominancia de estos grupos y la disminución o la ausencia de otros grupos importantes de la mesofauna edáfica.

REFERENCIAS

- Andrés, P. 1990. *Descomposición de la materia orgánica en dos ecosistemas forestales del macizo del Montseny (Barcelona)*: [Inédito] Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. 237 pp.
- Andren, O. y L. Lagerlöf 1983. Soil fauna (microarthropods, enchytraeids, nematods) in Swedish agricultural cropping systems. *Acta. Agric. Scand.* 33: 29-42.
- Ares, J., M. Bertiller y S.H. del Valle 2001. Funtional structural and scape indicators of intensification, resilience y resistance in agroecosystems in Southern Argentina based on remotely sensed data. *Landscape Ecol*, 16: 221-234.
- Athias-Binche, F. 1980. *Contribution a la connaissance des Uropodides libres (Arachnides: Anactinotriches) de quelques ecosystems forestiers europeens*, Tesis Doctoral. Universidad Pedro y Maria Curie, Paris, Francia, 360 pp.
- Bedano, J. C., M. P. Cantú y M. E. Doucet 2001. La Utilización de Ácaros Edáficos como Indicadores de Calidad de Suelos en Agroecosistemas del Centro de Argentina. En: *Memorias del XV Congreso Latinoamericano de las Ciencias del Suelo*. CD-room.
- Behan-Pelletier, V.M. 1999. Abundance of soil mites under four agroecosystems: role for bioindication. *Agric. Ecosyst. Envir.* 74:411-423.
- Cerdà A. 1998. Soil aggregate stability under different Mediterranean vegetation types. *Catena* 32:73-86.
- Chaudhuri, D. K. y S. Roy. 1966. The role of edaphic factors on the distribution of subterranean collembolan microfauna of West Bengala, India; Part 1. En: *Actas del Coloquio Latinoamericano del suelo (E. H. Rapoport, ed), Bahía Blanca, Montevideo*, pp. 391-403.

- Evans G.O. 1992. *Principles of Acarology*. Cab. International Wallingland. 563 pp.
- Hägvar, S. 1984. Six common mite species (Acari) in Norwegian coniferous forest soils: Relations to vegetation types and soil characteristics. *Pedobiología*, 27: 355-364.
- Hermosilla, W., A. R. Reza, J.C. Pujalte e Y. Rubio. 1977. Efectos de la compactación del suelo sobre la fauna edáfica en campos pastoreados (Partido de Chascomús, Provincia de Buenos Aires. Argentina.) *Physis, Secc. C.*, 36, 92:227-236.
- Hernández, A., J. M. Pérez, R. Marsán, M. Morales y R. López. 1996. "Correlación de la nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba, con clasificaciones internacionales" (Soil Taxonomy y FAO - UNESCO). Clasificaciones nacionales (2^{da} clasificación genética y clasificación de series de suelos. [inédito]. Instituto de Suelos, La Habana.
- Karg, W. 1963. *Die edaphischen Acarina in ihren Beziehungen zur MiJ:roflora und in ihren Eignung als Anzciger für Prozesse der Bodenbildung*. Amsterdam, North-Holland pp. 305-:315.
- Majer, J. D. 1984. Short-teInlre Spones of soil and litter invertebrates to a coal 3UtlmJm burn in JaITah (Eucaliptus marginata) forest in Westem Australia. *Pedobiologia*. 26: 229- 246.
- Mateos, E. 1992. *Colémbolos (Collembola, Insecta) edáficos de encenares de la Serra de L'Oba y de la Serr de Prades (Sierra Prelitoral Catalana)*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Facultad de Biología. 1-386 pp.
- Mitra, S. K., A. K. Hazra, A. K. Sanyal y S. B. Mandal 1983. Changes in the population structures of Collembola and Acarina in a grassland and rain-water drainage at Calcutta. *Proceeding of the VIII Internatinal. Colloquium of Soil Zoology*, Louvain-la-Neuve, Belgium. (Ph. Lebrun, H.M.André, A. De Medts, C. Grégoire-Wibo y Wauthy eds.) pp. 644-666.
- Mummey D. L., Peter D. Stahl and Jeffrey S. Buyer. 2002. Soil microbiological properties 20 years after surface mine reclamation: spatial analysis of reclaimed and undisturbed sites. *Soil Biology & Biochemistry* 34, p. 1717-1725.
- Parrotta, John A. 1993. *Casuarina equisetifolia* L. ex J.R. & G. Forst. Casuarina, Australian pine. SO-ITF-SM-56. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 11 p.
- Pérez, M., E. Ricón y A. Orozco-Segovia. 1992. Transmitancia del rojo y el rojo lejano y anatomía de las hojas de algunas especies leñosas de la selva alta perennifolia. *Bol. Soc. Bot. México*, 52:79-93.
- Prieto, D., V. González y M. Díaz. 1989. Composición y abundancia de insectos y ácaros edáficos en una plantación de *Manihot esculenta* Crantz. *Cien. Biol.* 21 -22: 137-143.
- y L. M. Hernández. 1991. Evaluación ecológica de la fauna de invertebrados asociada a la hojarasca de la manigua costera del Jardín Botánico Nacional. *Rev. Jardín. Bot. Nac.* (12): 153-161.
- Rapoport, D.J., W.G. Whitford y S.M. Hildén 1998. Commen patterns of ecosystem breakdown under stress. *Environmental monitoring and assessment* 51: 171-178
- Rockett, C. L. 1986. Agricultural impact on the horizontal distribution of Oribatid mites (Acari: Oribatida). *Pedobiologia*, 12: 175-180.
- Rodríguez, M. E., M A. Martínez y O. Mercado. 1987. Actividad biológica del suelo en áreas afectadas por la minería en Moa. *Rev. Jardln. Bot. Nac.* 8(3):77-108.
- Seastedt, T. R. y D. A. Crossley. 1980. Effects of microarthropods on the seasonal dynamics of nutrients in forest litter. *Soil Bio. J. Biochem.* 12:377:392.
- Socarrás, A. 1999. *Mesofauna del suelo en pastizales antropizados*. Tesis en opción al Título Académico de Master en Ecología y Sistemática Aplicada, Mención Ecología, C. de la Habana.
- y M.E. Rodríguez 1999. Comportamiento de la mesofauna del suelo en áreas recultivadas en la zona minera de Moa, Holguín, Cuba. *Poeyana*, 470-475:31-35.
- , M.E. Rodríguez y A. Ávila 2002. Utilización de la Mesofauna Edáfica como Indicador Biológico del Estado del Suelo. II. Suelos con manejo orgánico en la provincia La Habana. En: *Memorias del XIII Congreso Científico del INCA, La Habana, Cuba*. CD-room.
- , M.E. Rodríguez, A. Ávila e I. Izquierdo 2003. Utilización de la Mesofauna Edáfica como indicador Biológico del estado de los suelos. I Suelos afectados por la minería en Moa, Cuba. *Cocuyo*, 13: 11-14 p.
- Trasar-Cepeda C., M. C. Leirós de la Peña, F. García Fernández y F. Gil Sotres. 2003. "Preserving soil quality and soil biodiversity. The role of surrogate indicators." M.C. Lobo & J. J. Ibáñez (Eds.) *Soil Biochemical properties as indicators of soil quality*. P. 119-140.
- van Straalen, N.M. 1998. Evaluation of bioindicator system derived from soil arthropod communities. *Appl. Soil Ecol*, 9: 429-437.
- Wallwork, J. A., B. W. Knnil y W. G. Whitford 1985. Distribution and diversity patterns of soil mites and other microarthropods in a Chihuahuan desert site. *J. M d. Environ.* 9: 215.231.
- Weidemann,G., H. Koehler y T. Schriefer 1982. *Recultivation: a problem of stabilization during ecosystem development*. In. R. Bornkamm, J. A. Lee y M. R. D. Seaward (eds.), *Urban. Ecology*, Blackwell, Oxford: 305 -313.
- Zorrilla, M., M. A. Martínez y R. González 1988. La fauna asociada al suelo. En: *Ecología de los bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba*. Proyecto MAB No 1 1974-1987. Rostlac. Montevideo, Uruguay. Cap. 23: 485-508 pp.