

Evaluación de la mesofauna del suelo en áreas rehabilitadas con casuarina y marañón de la zona minera de Moa

Evaluation of mesofauna of the soil in areas rehabilitated with cassowary and cashew in the Moa mining zone

Ana A. Socarrás y María E. Rodríguez

Instituto de Ecología y Sistemática. (CITMA). CUBA. Carretera de Varona km 3¹/₂, Capdevila. Boyeros. Ciudad Habana. Cuba. A. P. 8029 C.P. 10800, Telef. 57-8010.

E-mail: anameri@ecologia.cu

RESUMEN. Se evaluó el efecto que sobre la mesofauna del suelo tuvo la rehabilitación de áreas dedicadas a la minería, en los yacimientos de Moa, con casuarina (*Casuarina equisetifolia* Forst.) y marañón (*Anacardium occidentale* L). Se compararon los resultados con un área de bosque natural. La mesofauna se evaluó como indicador biológico. Los muestreos se efectuaron en los meses de octubre/noviembre, en suelos ferríticos púrpura, profundos, de baja fertilidad y buen drenaje. Se tomó un promedio de 5 muestras de suelo en los primeros 10 cm de profundidad, divididos en profundidades de 0-5 cm y desde 5 cm hasta 10 cm. La extracción de la mesofauna edáfica se realizó mediante la utilización de embudos Tullgren durante 7 días. Los máximos valores de densidad de la mesofauna total y de los grupos descomponedores (Oribátidos y Colémbolos), se observaron en el bosque natural. El área rehabilitada con casuarina, mostró valores intermedios de densidad de la mesofauna y los mínimos se correspondieron con el área reforestada con marañón, donde se destacaron los grupos de indicadores de infertilidad e inestabilidad (Astigmados y Prostigmados). A pesar de la rehabilitación de estas áreas hace 4 años no se ha podido revertir el daño por la actividad minera, dado por los valores de los grupos indicadores de inestabilidad e infertilidad y los mínimos valores o ausencia de grupos indicadores de estabilidad y fertilidad del suelo.

Palabras clave: *Anacardium occidentale*, *Casuarina equisetifolia*, mesofauna, rehabilitación, suelo.

ABSTRACT. The effect on mesofauna of the soil in rehabilitated areas formerly dedicated to mining in the Moa deposits was evaluated using cassowary (*Casuarina equisetifolia* Forst.) and cashew (*Anacardium occidentale* L). Results were compared with natural forest areas. Soil mesofauna was evaluated as a biological indicator. Field samples were taken during October/November in deep purple ferralitic soils with low fertility and good drainage. An average of five soil samples were taken in the first 10 cm of depth, divided between depths of 0-5cm and 5-10cm. The extraction of soil mesofauna was conducted using "Tullgren" funnels over 7-day periods. The greatest density values of the total mesofauna and of the decomposer groups (Oribátidos y Colémbolos) were observed in the natural forest areas. The area rehabilitated with cassowary presented intermediate intensity values while minimum values corresponded with cashew reforested areas, where indicator groups of infertility and instability (Astigmados y Prostigmados) stood out the most. In spite of 4 years of rehabilitation in these areas, the damage caused by mining activity has not been reverted given the values of indicator groups for instability and infertility, or the absence of values of indicator groups for soil stability and fertility.

Key words: *Anacardium occidentale*, *Casuarina equisetifolia*, mesofauna, rehabilitation, soil.

INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo en áreas dedicadas a la explotación minera causa considerables perjuicios a la integridad ecológica del mismo, 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. 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 con estas especies forestales, en áreas perturbadas por la extracción de minerales a cielo abierto en suelos oxisoles, típicos de la región de Moa, donde se localizan los principales yacimientos niquelíferos del país y su mayor actividad industrial.

La mesofauna edáfica interviene en procesos decisivos para el mantenimiento de los ciclos de nutrientes en el suelo como son la descomposición de la materia orgánica, la aceleración y reciclaje de los nutrientes y la mineralización del fósforo y el nitrógeno (Rockett, 1986). 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.

El objetivo del trabajo fue evaluar, a través de la mesofauna edáfica, el efecto de la rehabilitación con *Casuarina equisetifolia* Forst. y *Anacardium occidentale* L. en áreas afectadas por la actividad minera en Moa.

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 oscila entre 1750–2300 mm. El suelo predominante es oxisol. (Hernández *et al.*, 1996)

Las áreas seleccionadas para el estudio fueron: área de bosque natural, áreas rehabilitadas con: casuarina (*Casuarina equisetifolia* Forst) y marañón (*Anacardium occidentale* L). Estas áreas fueron muestreadas en los meses octubre/noviembre a los 4 años de haberse iniciado el proceso de rehabilitación. En cada área se tomaron aleatoriamente 5 muestras de suelo a 0-5 cm y de 5-10 cm de profundidad con un cilindro de 5 cm de diámetro por 10 cm de profundidad. La extracción de la fauna edáfica se realizó mediante la utilización de embudos Tullgren

durante 7 días. Los ejemplares colectados se conservaron en alcohol 70 % y se procedió a la identificación hasta la categoría de suborden en el caso de los ácaros, y de orden en los insectos.

Con estos datos se obtuvo la densidad (ind/m²) de cada taxón. Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple. La selección de los indicadores biológicos se realizó teniendo en cuenta las características ecológicas de los organismos presentes y criterios propuestos por otros investigadores (Bedano *et al.*, 2001). Además se aplicó la relación área rehabilitada/bosque natural siguiendo los criterios de Ares *et al.* (2001).

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 (Ares *et al.*, 2001). El bosque natural posee más de 25 años, 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.

Tabla 1. Comparación de la densidad promedio de los grupos de la mesofauna en áreas con diferentes tipos de vegetación

Organismos	Casuarina	Marañón	Bosque Natural	EE ± x̄
Mesofauna	14 082 ^c	6 617 ^d	16 118 ^a	26,705 ^{***}
Oribátidos	848 ^b	678 ^c	5 259 ^a	43,396 ^{***}
Astigmados	6 617 ^b	3 053 ^c	1 696 ^d	18,933 ^{***}
Prostigmados	3 223 ^a	2 036 ^c	1 357 ^d	6,111 [*]
Colémbolos	509	509	2 714	3,250 n.s.
Psocópteros	1 696 ^b	1 187 ^c	848 ^d	12,611 ^{***}

Medias con letras diferentes en la misma columna tiene diferencias significativas por Duncan (P < 0,05).

El mínimo valor de densidad de organismos encontrado corresponde al área rehabilitada con marañón (tabla 1), que presenta un 65 % de cobertura del suelo.

Es conocido que el empleo de plantas de amplia 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). Este podría ser el principal factor que ha determinado el mínimo valor de densidad encontrado en la plantación de marañón. La densidad de la mesofauna difiere significativamente con el tipo de plantación utilizada en la rehabilitación y con el área de vegetación natural (tabla 1).

Los grupos dominantes de la pedofauna en los muestreos realizados fueron: los ácaros, entre estos se destacan los astigmados seguidos de los prostigmados; y los insectos, representados por colémbolos y psocópteros (tabla 1).

Los valores de la densidad calculados para oribátidos alcanzan su máximo en el bosque natural y difieren significativamente de las otras áreas analizadas (tabla 1). Esto concuerda con Rockett (1986) cuando refiere que son más abundantes estos organismos cuando existe una mayor acumulación de la hojarasca, debido a que la mayor parte de las especies son laterícolas y se alimentan de hojarasca, hongos y otros materiales orgánicos.

En las dos áreas afectadas por la minería el valor de la densidad promedio de este grupo de ácaros fue menor que en el bosque natural, aunque estas áreas entre sí presentaron diferencias significativas. La densidad de oribátidos constituye un buen indicador ya que sus niveles en los ambientes menos degradados superan al de los sistemas rehabilitados.

El máximo valor de densidad de astigmados es alcanzado en el área de casuarina (tabla 1). En este caso el empleo de esta especie en la rehabilitación produce una gruesa capa de hojarasca donde 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 con diferencias significativas entre todas las áreas. Esto concuerda con lo expresado por Andrés (1990) al

referir que son más abundantes cuando las condiciones del medio son desfavorables, por lo que constituyen bioindicadores de inestabilidad y disminución de la fertilidad del suelo. Los mayores valores de la densidad promedio para prostigmados aparecen en las áreas rehabilitadas 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, además 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. (Andrés, 1990)

Los mayores valores de densidad calculados para colémbolos 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. Estos apterigotos dependen grandemente de la conjugación de los factores materia orgánica y humedad y son susceptibles a las perturbaciones del medio. (Bedano, 2001)

Los mayores valores del orden Psocoptera aparecen en las áreas rehabilitadas cultivadas y los mínimos en el bosque natural, con diferencias significativas entre todas las áreas. Este grupo de insectos son conocidos en la literatura por ser los pioneros en la colonización de áreas alteradas o perturbadas, lo que se corresponde con este resultado por las características oligotróficas y de sequía que presentan estos suelos.

Relación Oribátidos/Astigmados

Existe una relación entre oribátidos y astigmados inversamente proporcional, 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 reforestadas, afectadas por la actividad minera, mientras en el bosque natural favorece a los oribátidos (> 1) (figura 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 4 años

de haberse iniciado el plan de reforestación, muestran el desbalance de los grupos de la mesofauna. Esta relación ha sido utilizada por Bedano (2001), Socarrás *et al.* (2002 y 2003) en bosques y ecosistemas perturbados

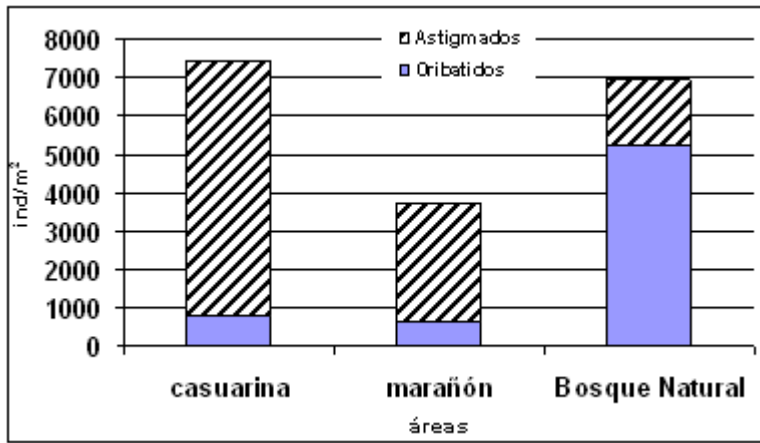


Figura 1. Balance Oribátidos/Astigmados en las áreas estudiadas (ind/m²)

Relación Oribátidos/Prostigmados

Se obtiene un valor (>1) en áreas rehabilitadas con casuarina y marañón al alcanzar los prostigmados poblaciones mayores con respecto a los oribátidos (Figura 2). Esta relación se invierte en el bosque natural, señal de que en este último existe un equilibrio no restaurado aún en 4 años de reforestación de las áreas que fueron de explotación minera. Cuando esto ocurre el grado de desequilibrio alcanzado en las comunidades del suelo es casi irreversible (Andrés, 1990), por lo

que estamos en presencia de un área con bajo contenido orgánico, infértil e inestable.

Entre los criterios de resiliencia o capacidad de recuperación podemos utilizar el de *área rehabilitada/bosque natural*, 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.

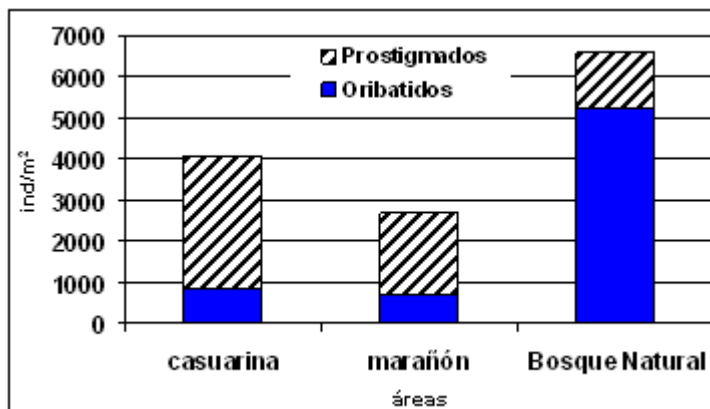


Figura 2. Balance Oribátidos/Prostigmados en las áreas estudiadas

En el caso de Oribátidos y Colémbolos indicadores de fertilidad y estabilidad del suelo, todas las relaciones analizadas poseen los valores más bajos, (tabla 2), 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 marañón/bosque natural alcanzan valores superiores a uno, lo que indica que la cantidad de astigmados presentes es mayor a la del bosque natural y en la relación casuarina/bosque natural este valor se triplicó (3,90), aspecto que demuestra la existencia de perturbación y desequilibrio en todas las áreas muestreadas (tabla 2).

La relación marañón/bosque natural para prostigmados fue de 1,50 y en la relación casuarina/bosque natural fue de 2,36, lo que indica que las poblaciones de este grupo son mayores en ambos casos que las del bosque natural, demostrando un desequilibrio edáfico al ser estos ácaros indicadores de inestabilidad e infertilidad del suelo.

Estos resultados corroboran lo expresado por Trasar-Cepeda *et al.* (2000) quienes en resultados de investigaciones en suelos de minas en vías de recuperación, después de la rehabilitación refieren que 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 de la mesofauna y grupos que la integran (ind/m²)

	Relación	
	<i>Casuarina/ Bosque Natural</i>	<i>Marañón/ Bosque Natural</i>
Mesofauna	0,87	0,41
Oribátidos	0,16	0,12
Astigmados	3,90	1,80
Gamásinos	0,44	0,44
Prostigmados	2,36	1,50
Colémbolos	0,18	0,18
Psocópteros	2,30	1,39

Los resultados obtenidos en esta investigación corroboran que el balance de estos grupos es útil como bioindicador de las condiciones del suelo.

CONCLUSIONES

1. El estado del suelo en áreas de bosque natural, dado por las relaciones *Oribátidos/*

Astigmados, Oribátidos/Prostigmados es bueno. mientras que las áreas rehabilitadas.

2. El área rehabilitada con casuarina posee una elevada proporción de grupos zoológicos, como Prostigmados y Astigmados, indicadores de inestabilidad e infertilidad del suelo, y una mínima representación de Oribátidos y Colémbolos, indicadores de estabilidad y fertilidad.

3. La mayor afectación fue en el área rehabilitada con marañón, seguida del área de casuarina, por lo que 4 años no es tiempo suficiente para revertir el desequilibrio de los componentes de la mesofauna edáfica.

BIBLIOGRAFÍA

ANDRÉS, P.: *Descomposición de la materia orgánica en dos ecosistemas forestales del macizo del Montseny (Barcelona)*: [Inédito] Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona, 237 pp, 1990.

ARES, J.; M. BERTILLER AND S. H. DEL VALLE: "Funcional aere structural and scape indicators of intensification, resilience y resistance in agroecosystems in Southern Argentina based on remotely sensed data", *Landscape Ecology* 16: 221-234, 2001.

BEDANO, J. C.; M. P. CANTÚ Y M. E. DOUCET: 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, 2001.

CERDÀ, A.: "Soil aggregate stability under different Mediterranean vegetation types", *Catena* 32: 73-86, 1998.

HERNÁNDEZ, A. J. *ET AL.*: "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, 1996.

KARG, W.: *Die edaphischen Acarina in ihren Bezie hunger zur MiJ:roflora und in ihren Eignung als Anzciger ftr Prozesse der Bodenbildurg*. Amsterdam, North-Holland, pp. 305-315, 1963.

MUMMEY D. L.; PETER D. STAHL AND JEFFREY S. BUYER: "Soil microbiological properties 20 years after surface mine reclamation: spatial analysis of reclaimed and undisturbed sites ", *Soil Biology & Biochemistry* 34: pp. 1717-1725, (2002).

Rockett, C. L.: "Agricultural impact on the horizontal distribution of Oribatid mites (Acari: Oribatida)", *Pedobiologia* 12: 175-180, 1986.

SOCARRÁS, A.; M. E. RODRÍGUEZ Y A. ÁVILA: 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, 2002.

SOCARRÁS, A.; M. E. RODRÍGUEZ; A. ÁVILA E I. IZQUIERDO: "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, 2003.

TRASAR-CEPEDA C.; M. C. LEIRÓS DE LA PEÑA, F. GARCÍA FERNÁNDEZ Y F. GIL SOTRES: "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*, pp. 119-140, 2003.

Agradecimientos

A la MSc. Bárbara Muñoz del Instituto de Ecología y Sistemática por su valiosa ayuda en el análisis estadístico.

Recibido: 20/Diciembre/2006

Aceptado: 12/Febrero/2007