

## Comportamiento de los indicadores biológicos del suelo en unidades lecheras

Idalmis Rodríguez<sup>1</sup>, G. Crespo<sup>1</sup>, A. Morales<sup>2</sup>, B. Calero<sup>2</sup> y S. Fraga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

<sup>2</sup>Instituto de Suelos, Carretera de Vento km 8 ½ e/ Norte y C. Carmelita, Capdevila, Ciudad de La Habana

Correo electrónico: irodriguez@ica.co.cu

Para evaluar el comportamiento de los indicadores biológicos del suelo se seleccionaron seis unidades de producción vacuna, ubicadas en el municipio San José de las Lajas, en la provincia Mayabeque. Se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones: tipo de suelo, pastizales y sistemas de manejo. Se estudiaron diferentes indicadores de la actividad de la microflora (respiración basal e inducida por diferentes sustratos y actividad celulolítica), la macro y mesofauna. La actividad de la biomasa microbiana presentó pocas diferencias entre las unidades. Las magnitudes de la respiración basal en los suelos fue alta (0.85-1.18 mg CO<sub>2</sub>. g suelo<sup>-1</sup>). Todos los suelos respondieron a la adición de carbono, nitrógeno y fósforo. Desde el punto de vista de la calidad microbiológica, los de las unidades cuatro y cinco presentaron las mejores condiciones. En los diferentes agroecosistemas de pastizales se encontraron poblaciones de mesofauna. No se pudo predecir la dinámica poblacional de estos grupos en los meses de muestreo. Se determinó el menor número de ácaros y chollébolos con respecto a otros insectos. En la macrofauna del suelo hubo diferencias ( $P < 0.001$ ) en cuanto al número de individuos y la biomasa entre los dos estratos estudiados en todas las unidades, excepto en la uno y cuatro. Las unidades tres, cuatro y cinco mostraron valores superiores, entre 2.5 y 2.33 individuos m<sup>-2</sup>. Sin embargo, la uno (14 de Valle del Perú) y dos (Genético 4), que presentaron menores poblaciones, tuvieron valores de biomasa superiores. Las lombrices, las larvas de coleópteros y las hormigas constituyeron los grupos principales en los ecosistemas estudiados. Los suelos no presentan signos de degradación microbiológica y estuvieron presentes los demás grupos edáficos del suelo (meso y macrofauna). Se concluye que los indicadores biológicos en todas las unidades estudiadas son apropiados. Se recomienda continuar esta investigación a largo plazo y realizar nuevos estudios con prácticas culturales que estimulen la diversidad de especies en los pastizales.

Palabras clave: *indicadores biológicos, microflora, mesofauna, macrofauna.*

Interpretar el estado de fertilidad del suelo en los diversos agroecosistemas es hoy en día una prioridad de muchos investigadores agrícolas (Büchs *et al.* 2003 y Makalew *et al.* 2010). La determinación de la actividad biológica constituye una práctica muy común a nivel internacional (Ekschmitt *et al.* 2003 y Waldhardt y Otte 2003), unida al uso de estos organismos, especialmente los invertebrados, como indicadores biológicos (Nogales y Machuca 2009 y Schon *et al.* 2010). En Cuba existen varios estudios en condiciones de pastoreo que muestran la existencia de gran actividad de la biota del suelo en estos ecosistemas (Rodríguez *et al.* 2003, Cabrera 2006, Font *et al.* 2009 y Lok 2010)

Los procesos de agotamiento, degradación y desertización de los suelos producen la disminución evidente de la biota edáfica y de sus actividades beneficiosas para las plantas (Medina *et al.* 2006). El conocimiento de su actividad permitirá el uso más racional de los suelos y la propuesta de prácticas de manejo agroecológico que ayuden al mantenimiento del medio ambiente.

El objetivo de este trabajo fue determinar el comportamiento de algunos indicadores biológicos del suelo para interpretar su fertilidad en seis unidades lecheras del municipio San José de las Lajas, en la provincia Mayabeque, con diferentes tipos de suelos, pastos y manejo.

### Materiales y Métodos

Las investigaciones se desarrollaron en seis unidades

de producción vacuna, ubicadas en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba (tabla 1). La selección de las unidades se realizó buscando ecosistemas contrastantes, en cuanto a tipos de suelos, diversidad de especies y tecnologías. La clasificación del suelo y su correlación con la clasificación Soil Taxonomy (de Estados Unidos) se realizó según Hernández *et al.* (2006) y el World Reference Base (I USS Working Group, WRB, 2008).

Para el estudio de la microflora, el muestreo del suelo se realizó en el período lluvioso, a la profundidad de 0-20 cm (tres muestras compuestas por unidad). Las muestras se secaron al aire, se pasaron por un tamiz de malla 2 mm y se conservaron bajo techo, a temperatura ambiente durante dos meses, hasta su posterior análisis, según establece la metodología. Se determinó la respiración basal del suelo (RB) y la inducida por sustratos. Para la basal, se utilizó el sistema de frascos cerrados, propuesto por Isemeyer (1952), con humedad del suelo (25 g) al 60 % de la capacidad máxima de retención de agua, según Forster (1995). Se determinó el CO<sub>2</sub> a 30° C, al cabo de 24 h de incubación. Para la inducida por carbono (RIC), carbono + nitrógeno + fósforo (RICNP), se utilizaron las concentraciones propuestas por Alef y Nannipeiri (1995). La capacidad celulolítica se evaluó en tubos de ensayo, según Szegui (1988).

Los muestreos de la mesofauna se realizaron con una frecuencia mensual en las vaquerías dos y seis. En las restantes, entre tres y cuatro meses, por encontrarse más distantes. Las muestras se extrajeron por el método de embudos Berlesse-Tullgren, para lo que se tomaron

Tabla 1. Características de las unidades y suelos estudiados

Unidad	Características	Tipo de pastos	Tipo de suelo
1	Posee 80 ha en terrenos con pendientes entre 10 y 15 %. 40 cuartones de 1 ó 2 ha. Carga: 1.63 UGM/ha. Más del 50 % de pasto natural	<i>Paspalum notatum</i> y <i>Dichanthium anulatum</i> <i>Cynodon nlemfuensis</i>	Pardo con carbonato.
2	Posee 60 ha, dividida en 100 cuartones de 0.65 ha. Terrenos llanos. Carga: 1.8 UGM/ha. Proporción 50 % pasto natural 50 % pasto mejorado	<i>P. notatum</i> y <i>D. anulatum</i> <i>C. nlemfuensis</i> <i>Leucaena leucocephala</i> / <i>C. nlemfuensis</i>	Hidromorfo y Ferralico rojo
3	Posee 62 ha, 78 cuartones de 0.38 ha y pendientes entre 5 y 10 %. Carga: 2.27 UGM/ha. Sistema de pasto natural + <i>Leucaena silvopastoril</i>	<i>Leucaena leucocephala</i> / <i>P. notatum</i> y <i>D. anulatum</i>	Pardo con carbonato
4	Posee 83 ha, 30 cuartones de 0.80 ha y terrenos con ligeras pendientes. Carga: 1.22 UGM/ha. Más del 50 % de pasto natural	<i>Sporobolus indicus</i> <i>Paspalum virgatum</i> <i>C. nlemfuensis</i>	Pardo con carbonato.
5	Posee 49 ha dividida en 76 cuartones. Terrenos llanos. Carga: 1.97 UGM/ha. Proporción 50-50 % pasto natural y mejorado	<i>Leucaena leucocephala</i> / <i>P. notatum</i> y <i>D. anulatum</i> <i>Pennisetum purpureum</i> vc. Cuba CT-115 <i>C. nlemfuensis</i> , <i>P. notatum</i> y <i>D. anulatum</i>	Ferralítico amarillento
6	Posee 42 ha dividida en 54 cuartones. Terrenos llanos. Carga: 2.27 UGM/ha. Más del 50 % pasto mejorado	<i>S. indicus</i> , <i>P. notatum</i> <i>C. nlemfuensis</i> <i>Pennisetum purpureum</i> vc. Cuba CT-115	Ferralico rojo

porciones de suelo en forma de cilindro, de 8.5 cm de profundidad y 4 cm de diámetro. Los individuos capturados se conservaron en el alcohol para su posterior clasificación, según los diferentes grupos estudiados: ácaros, collémbolos y otros insectos. Se tomaron 12 muestras por unidad, para lo que se dividió cada una en cuatro cuadrantes, y tres muestras por cuadrante. Los indicadores determinados fueron: número de individuos totales, población de ácaros, collémbolos y otros insectos, número de especies presentes en el suelo.

La macrofauna se determinó en dos cuartones en cada unidad y se evaluó el número de individuos presentes en el suelo, a las profundidades de 0-10 y 10-20 cm, en un marco de 25 x 25 cm (0.065 m<sup>2</sup>), según Springett (1981). El muestreo se realizó durante la estación lluviosa por dos años. Los indicadores determinados fueron biomasa y número total de individuos, el cual se transformó según  $\sqrt{x}+0.35$ . Los individuos se separaron por grupos para su posterior clasificación y se trasladaron al laboratorio en frascos con solución de 90 % de alcohol + 4 % de formol, en una proporción 1:3 para determinar su biomasa, posteriormente, en una balanza analítica y se conservaron para su clasificación en género y familia.

**Análisis estadístico.** Los datos se analizaron mediante un modelo lineal. Mientras que para el indicador número de individuos, los datos se transformaron por  $\sqrt{x} + 0.357$ .

### Resultados y Discusión

El estado microbiológico y bioquímico se propuso como un indicador del estado biológico real del suelo, así como de

procesos de recuperación, en ecosistemas naturales como en agroecosistemas (Bolton *et al.* 1985). Estos "bioindicadores" son más sensibles a los cambios, por lo que pueden describir la calidad del suelo en un contexto más amplio. El término "bioindicador" se define como un indicador microbiano que representa las características del entorno o los efectos sobre él. Este término se puede interpretar más allá de la información que representa la medición u observación de determinados indicadores.

Cuando un suelo seco al aire se lleva a una humedad óptima para el metabolismo microbiano, la microflora presente en estado de latencia se activa, utilizando fundamentalmente el carbono y el nitrógeno, biológicamente disponibles en la materia orgánica del suelo. De ahí que la cantidad de CO<sub>2</sub> desprendida durante el proceso de respiración se relacione con el número de microorganismos viables y las reservas energéticas presentes en las estructuras orgánicas. Esta medida se conoce como respiración basal (RB) o endógena, y se clasifica como un indicador de actividad potencial básica (Alef y Nannipieri 1995). Al adicionar un sustrato externo (respiración inducida) se facilita que la microflora se manifieste, sin depender de las reservas presentes en la materia orgánica nativa. La capacidad celulolítica evidencia la potencialidad de la microflora para la degradación de compuestos carbonados complejos.

Los indicadores de la actividad de la biomasa microbiana del suelo (figura 1) presentaron, en sentido general, un comportamiento muy similar entre las áreas

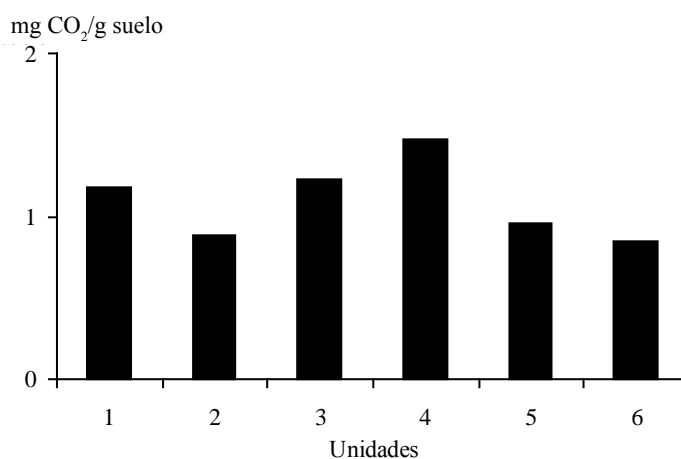


Figura 1. Respiración basal (mg CO<sub>2</sub>. g suelo<sup>-1</sup>)

en estudio. En todos los casos se produjo incremento considerable de la respiración, como consecuencia de la actividad potencial de la microflora existente. Los valores de respiración basal, obtenidos en la unidad cuatro, pueden estar asociados a la presencia de mayor contenido de reservas energéticas en la materia orgánica presente en los suelos de esta unidad.

Según Schloter *et al.* (2003) y Ma y Tang (2011), la microflora del suelo se caracteriza por presentar alta densidad y diversidad, pero es extremadamente variable, según las fuentes energéticas y las condiciones medioambientales. No obstante, al igual que en este estudio, Doran y Safley (1994), Gómez y Paolini (2006) y Paolini y Murillo (2009), seleccionaron como indicadores biológicos los contenidos de C y N de la biomasa microbiana, el N potencialmente mineralizable y la respiración del suelo.

En todos los suelos, la microflora respondió marcadamente a la adición de C y de C + N + P (figura 2). Esto evidencia, en el primer caso, la presencia de nitrógeno biológicamente disponible y, en el segundo, una alta población microbiana. Se destacan las unidades cuatro y cinco, con valores de 6.3 y 6.9 mg CO<sub>2</sub>. g

suelo<sup>-1</sup>, respectivamente.

Las magnitudes de la respiración basal en todos los suelos fueron altas, si se comparan con los valores obtenidos por Calero *et al.* (1999 y 2001), Alfonso *et al.* (2001) y Chaveli *et al.* (2002) en suelos ferralíticos rojos y pardos, con carbonatos dedicados a cultivos varios. Estas diferencias evidencian las ventajas que poseen los suelos de pastizales para el mantenimiento de su microflora, ya que existen reservas energéticas en la materia orgánica que son favorables para estos grupos. Según Toresani *et al.* (2009), este es el factor más estimulante para la actividad biológica del suelo.

La capacidad celulolítica (figura 3) se comportó de forma similar en las diferentes áreas de las vaquerías en estudio. Aumentó gradualmente en el tiempo y alcanzó una tasa alta en el porcentaje de descomposición al terminar el análisis, por lo que se infirió la presencia de grupos microbianos capaces de utilizar con facilidad esta fuente carbonada.

Morales *et al.* (2006) determinaron tasas de descomposición de la celulosa, muy similares a las obtenidas en esta investigación. Estos autores evaluaron el estado microbiológico del suelo en diferentes

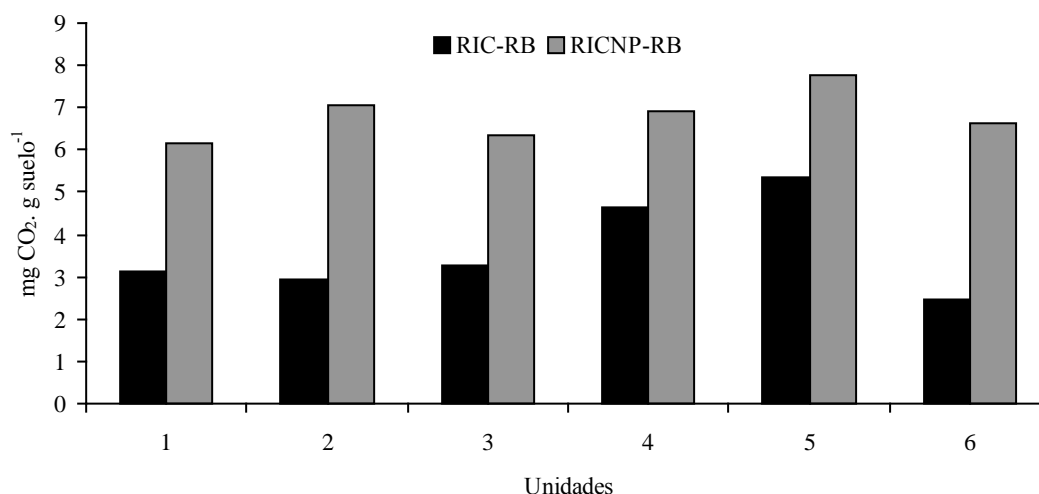


Figura 2.- Valores medios para los incrementos de la respiración por la adición de carbono (RIC-RB) y carbono + nitrógeno + fósforo (RICNP-RB).

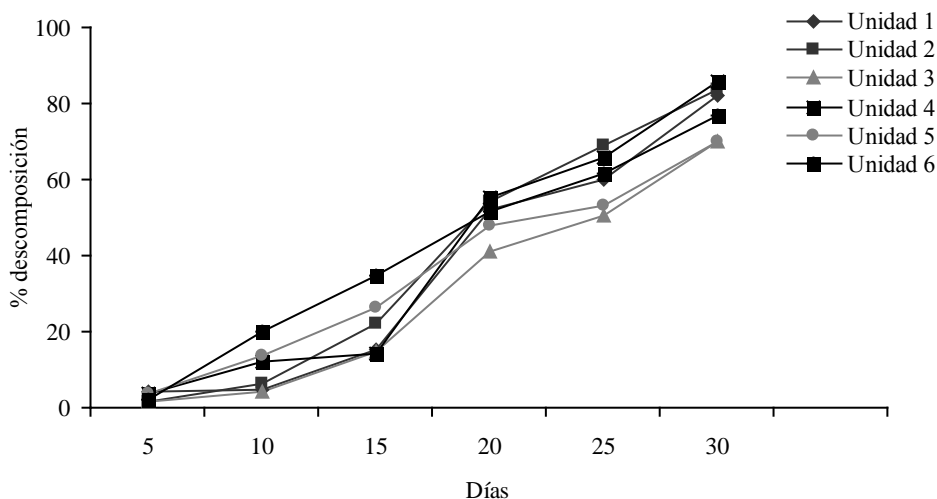


Figura 3. Velocidad de descomposición de la celulosa.

pastizales, antes y después de la aplicación de diferentes medidas de rehabilitación, las cuales no provocaron cambios considerables en estos grupos.

En estudios realizados por Medina *et al.* (2006) en Cuba, en pastizales de la Sierra del Rosario, y en Venezuela se demostró cierta relación entre los niveles de arcilla en los suelos y la presencia de microorganismos celulolíticos aerobios totales. Sin embargo, en este experimento, al parecer, no fue este el factor excluyente, ya que el comportamiento en las diferentes unidades fue parecido, a pesar de tratarse de diferentes tipos de suelos. Según estos autores, el factor humedad es el predominante en el proceso bioquímico de hidrólisis de la celulosa.

La mesofauna constituye un indicador muy importante en el estudio de la estabilidad de los suelos de pastizales, ya que la presencia o no de los diferentes grupos, se puede deber a las variadas prácticas de manejo aplicadas al suelo (Behan-Pelletier 1999). Las prácticas agrícolas eliminan prontamente las especies más susceptibles a la destrucción del micro hábitat, especialmente las de ciclos de vida mayores a un año, como son los ácaros del suborden Oribatida (Hermosilla y Rubio 1974 y Behan-Pelletier 1999).

Socarrás (2006) recomienda el establecimiento de sistemas silvopastoriles en los ecosistemas de pastizales para aumentar la densidad de los

grupos de oribátidos, astigmados, gamasinos, prostigmados y las relaciones oribátidos/astigmados y oribátidos/prostigmados, ya que estos sistemas son más estables y propician un habitat muy favorable. Además, en ellos existe un mayor aporte de hojarasca y una mejora de las propiedades físicas de los suelos (Lok 2010). Según Schon *et al.* (2010), estos factores influyen directamente en la diversidad y abundancia de todos los grupos de la fauna edáfica.

Con respecto a la diversidad de la mesofauna, Rodríguez *et al.* (2003) en suelos de pastizales muy similares a los de este estudio, determinaron la presencia de tres familias de collémbolos (Brachystomidae, Entomobryoidae e Isotomidae), pertenecientes a las familias del orden Arthropleona. Los ácaros identificados pertenecieron a cuatro órdenes. En el Cryostigmata, se observó la presencia de cinco familias (Thrypochthoniidae, Sheloribatidae, Galumnidae, Haplozetidae y Oppidae) y tres géneros (Allonothrus, Sheloribates y Rostozetes). Sin embargo, en este caso no fue posible determinar los grupos presentes.

Se pudo constatar mayor representación de los insectos dentro de la mesofauna, mientras que la presencia de los ácaros y collémbolos ocurrió esporádicamente (tabla 2). Las unidades tres y seis mostraron valores de diversidad por debajo del resto. Se observó, por lo general, la gran variabilidad

Tabla 2. Comportamiento de la mesofauna del suelo en las unidades estudiadas (individuos 100 cm<sup>-3</sup> de suelo)

Unidad	Número total de individuos	Insectos	Diversidad
1	1.01 (1.50) ± 0.29	1.02 (1.50) ± 0.28	0.75 ± 0.20
2	1.14 (2.26) ± 0.12	0.96 (1.69) ± 0.20	0.89 ± 0.14
3	1.29 (2.79) ± 0.21	1.29 (2.79) ± 0.28	0.67 ± 0.14
4	1.43 (2.75) ± 0.29	1.43 (2.75) ± 0.16	0.83 ± 0.20
5	1.67 (3.81) ± 0.17	1.25 (2.39) ± 0.16	1.19 ± 0.11
6	1.07 (2.32) ± 0.13	0.83 (1.82) ± 0.12	0.68 ± 0.09

( ) Valor original

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

entre los cuadrantes de unidad. Según Franklin *et al.* (2005) y Andrés y Mateos (2006), la distribución y abundancia de la mesofauna puede estar determinada por la combinación de la cubierta vegetal y el tipo de suelo, así como por sus características físico-químicas. Hodkinson y Jackson (2005) sugieren que para tomar estos grupos como bioindicadores es necesario conocer la respuesta de las diferentes especies a los factores medioambientales.

El número de individuos y la biomasa de la macrofauna en las diferentes unidades se muestran en la tabla 3 y la figura 4. Existen diferencias ( $P < 0.01$ ) entre los dos estratos de suelos estudiados en todas las unidades, excepto en la uno y la cuatro. Las unidades tres, cuatro y cinco mostraron valores superiores, entre 2.05 y 2.33 individuos  $m^{-2}$ . Por lo general, los valores están muy por debajo a los determinados por Sánchez *et al.* (2000), Martínez *et al.* (2004) y Cabrera y Martínez (2006) en otros sistemas de pastizales de la región occidental de Cuba, donde se han encontrado valores entre 1.26 y 3.28 individuos  $0.25 m^{-2}$ .

Se observó que la biomasa de los individuos en el estrato de 0-10 fue mayor (figura 4). La unidad dos presentó mayor biomasa de sus individuos, ya que el grupo predominante fueron las lombrices. Entre los grupos encontrados, las larvas de coleópteros, las lombrices y las hormigas fueron las de mayor peso en la biomasa, lo que coincide con informes de Cabrera y Martínez (2006).

La diversidad de grupos de la macrofauna edáfica fue muy baja. En Cuba, en condiciones de pastizales muy similares, Cabrera (2006) determinó una riqueza taxonómica superior en las comunidades. Lavelle y Pashanasi (1989) han identificado, aproximadamente, 27 taxones en otros ecosistemas de pastizales.

Los suelos estudiados no tuvieron signos de degradación biológica: Se caracterizaron por presentar fuentes de nitrógeno biológicamente asimilables y una microflora potencialmente activa, que responde a la adición de fuentes externas de C, N y P y a la presencia activa de los grupos de la meso y macrofauna. Sin bien se analizó de forma individual cada grupo, se puede señalar, al igual que Linden *et al.* 1994, que la fauna del suelo constituye en sentido general, una medida integradora de sus condiciones.

Se concluye que el estado microbiológico potencial de estos suelos es aún favorable, lo que quiere decir que está en capacidad de mejorar, según sean sus condiciones de manejo. Se considera que la determinación de los indicadores biológicos de los ecosistemas ganaderos es de vital importancia para determinar el grado de estabilidad de los suelos. Se recomienda estudiar a más largo plazo la dinámica de la diversidad de la mesofauna en estos ecosistemas.

### Referencias

Alef, K. & Nannipieri, P. 1995. Methods in Applied Soil

Tabla 3. Comportamiento de la macrofauna del suelo en las unidades estudiadas

Unidad	Número total de individuos $m^{-2}$		EE $\pm$
	0-10 cm	10-20 cm	
1	1.53 (2.31)	0.93 (0.69)	0.12**
2	1.63 (2.28)	0.93 (0.68)	0.12**
3	2.05 (1.79)	1.23 (1.21)	0.21**
4	2.03 (5.25)	1.36 (1.75)	0.25
5	2.33 (5.78)	1.29 (1.72)	0.20*
6	1.37 (1.59)	0.97 (0.66)	0.08**

( ) Valores originales

\* $P < 0.05$  \*\* $P < 0.01$

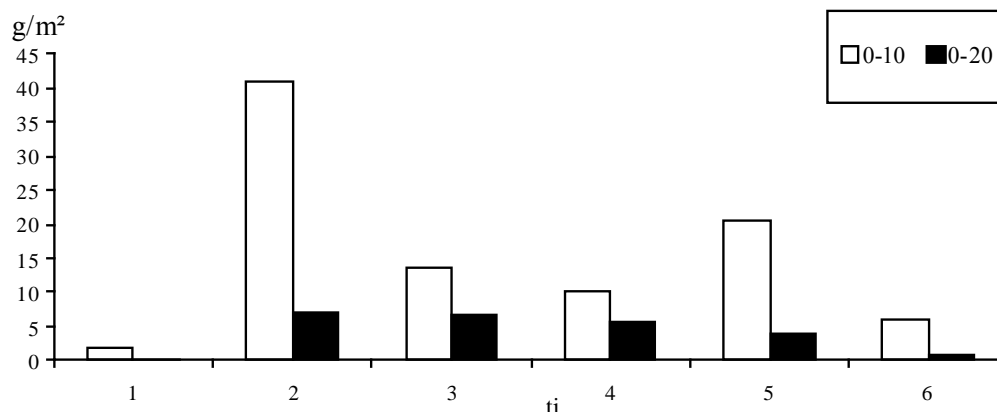


Figura 4. Biomasa de los individuos de la macrofauna en los diferentes estratos.

- Microbiology and Biochem. New York, Academic Press, Cap. 1. p. 1
- Alfonso, C.A., Monederos, M., Calero, B.J., González, B., Pascual, J.A. & Uriarte, R. 2001. Funcionamiento Actual de los suelos Rodic Ferralsol degradado por compactación del sur de La Habana. Boletín No.4 Sociedad Cubana de la Ciencia de Suelo (SCCS). Publicación Electrónica
- Andrés, P. & Mateos, E. 2006. Soil mesofaunal responses to post-mining restoration treatments. *Appl. Soil Ecol.* 33:67
- Behan-Pelletier, V.M. 1999. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agric. Ecosyst. and Envir.* 74: 411
- Bolton, JR., Elliott L.F., Papendick R.I. & Bezdicsek, D.F.1985. Soil microbial biomass and selected soil enzyme activities: effect of fertilization and cropping practices. *Soil Biol Biochem.* 17: 297
- Büchs, W., Harenberg, A., Zimmermann, J & Birgit, Weiß. 2003. Biodiversity, the ultimate agri-environmental indicator? Potential and limits for the application of faunistic elements as gradual indicators in agroecosystems. *Agric. Ecosystems & Environment* 98:99
- Cabrera, G. 2006. La macrofauna edáfica en la valoración de manejos agroecológicos empleados en sistemas ganaderos en la Habana, Cuba. IV Congreso Latinoamericano de agroforestería pecuaria para la producción pecuaria sostenible. III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. La Habana. Cuba. p.104
- Cabrera, G. & Martínez, M. A. 2006. Evaluación de algunas prácticas agroecológicas mediante la macrofauna del suelo. VI Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia de Suelo. La Habana. Cuba. CD ROM
- Calero, B.J., Guerrero, A., Alfonso, C.A., Somoza, V. & Camacho, E.1999. Efecto residual de la fertilización mineral sobre el estado microbiológico del suelo. *Rev. La ciencia y el hombre* 11:89
- Calero, B. J., Morales, A., Font, L. & Alfonso, C.A. 2001. Estado microbiológico de un ferralsol sometido a diferentes sistemas de manejo agrícola. Boletín No.4 Sociedad Cubana de Ciencias del Suelo (SCCS). La Habana
- Chaveli, P., Font, L., Gandarilla, J., Calero, B.J. & Mendosa, L. 2002. Estudio microbiológico de un suelo Pardo sin carbonatos propenso a la erosión para un manejo agrícola sostenible. *Centro Agrícola* 4: 66
- Doran J.W. & Safley, M. 1994. Defining and assessing soil health and sustainable productivity. En: *Biological indicator of soil health*. Pankhurst, C. E., Doube, B.M y Gupta, V.S.R (eds). CAB International. 28 pp.
- Ekschmitt, K., Stierhof, T., Dauber, J., Kreimes, K. & Wolters, V. 2003. On the quality of soil biodiversity indicators: abiotic and biotic parameters as predictors of soil faunal richness at different spatial scales. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98:273.
- Font, L.V., Calero, B., Muñis O., Chaveli, P.C., Del Castillo, A. R., Mendoza L.R., Curbelo, R.R., Corona W.L., Montero R. C. & Valenciano, M. A. 2009. Estimación de la calidad del suelo: criterios físicos, químicos y biológicos. XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Costa Rica.
- Forster, J.C 1995. Soil sampling, handling, storage and analysis. En: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Kassem Alef and Paolo Nannipieri (Eds.). New York, Academic Press: 106
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.
- Franklin E., Magnusson, W.E. & Luizao, F.J. 2005. Relative effects of biotic and abiotic factors on the composition of soil invertebrate communities in an Amazonian savanna. *Appl. Soil Ecol.* 29:259
- Gómez, Y. & Paulini, J. 2006. Actividad microbiana en suelos de sabanas de los llanos orientales de Venezuela convertidos en pastoras. *Rev. Biología Tropical* 52:2
- Hermosilla, W. & Rubio I. 1974. Prospección preliminar de la fauna edáfica de la estancia El Vecino (cuenca del Salado, Prov. Buenos Aires, Argentina.) *Physis* 33: 259
- Hernández, A. J., Morales, M. D., Ascanio, M. G. & Morell, F. 2006. Manual para la aplicación de la nueva clasificación genética de los suelos de Cuba. VI Congreso Nacional de la Sociedad Cubana de Ciencias de los Suelos. Cuba. 193 p.
- Hodkinson, I.D. & Jackson, J.K. 2005. Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems. *Environ. Manage.* 35:649
- Isemeyer, H. 1952. Eine einfache methode zur bestimmung der bodenatmung und der karbonate im bodem. . En: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry* Kassem Alef and Paolo Nannipieri (Eds.). New York, Academic Press. p. 215
- IUSS, Working Group, WRB 2008. Base referencial mundial del recurso suelo. Informe sobre recursos mundiales de suelos. 103. FAO Roma. 117 p.
- Lavelle, P. & Pashanasi, B. 1989. Soil Macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiología* 33:283
- Linden, D.R., Hendrix, P.F., Coleman, D.C & van Vliet, C.J. 1994. Faunal indicators of soil quality. En: *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSSA special publication number 35. Wisconsin, USA
- Lok, S. 2010. Indicadores de sostenibilidad para el estudio de pastizales. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 44:333
- Ma, J. & Tang, H.P. 2011. Variations of soil respiration rate and its temperature sensitivity among different land use types in the agro-pastoral ecotone of Inner Mongolia. *Chinese J. Plant Ecol.* 35. p. 167
- Makalew, A., Bambang, H. S., Woerjono, M. & Didik, I. 2010. Soil quality assessment of Oxisols and Ultisols: The roles of site-specific factors. En: XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Costa Rica
- Martínez, M., Cabrera, G. & Rodríguez, C. 2004. Evaluation o fan agroecological method by jeans of soil fauna. XIV th International Colloquium on Soil Zoology and Ecology "Soil Animals and Ecosystem Services". Rouan. Francia. 271 pp.
- Medina. M., Velazco, A., Orozco, M. O., García, M., Herrera, R. A., Coto O., Collazo, E. & Portier, M. 2006. Grupos funcionales microbianos en ecosistemas de bosque y pastizal en Cuba y Venezuela. VI Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia de Suelo. La Habana. Cuba (CD ROM)
- Morales, A. V., Calero, B., Crespo, G. & Martínez, V.2006. Evaluación de indicadores microbiológicos en suelos ganaderos de una UBPC de la Habana. VI Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia de Suelo. La Habana. Cuba (CD ROM)
- Nogales, R., & Machuca, V. 2009. Los indicadores biológicos como marcadores para evaluar la calidad de los suelos y la biotransformacion de residuos orgánicos. Memorias XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo.

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

Costa Rica

- Paulini, J. & Murillo, Y. 2009. Actividad microbiológica en suelos semiáridos del estado de Falcón, Venezuela. VIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. C. Rica
- Rodríguez, I., Crespo, G., Fraga, S., Rodríguez, C. & Prieto, D. 2003. Actividad de la mesofauna y la macrofauna en las bostas durante su proceso de descomposición. Rev. Cubana. Cienc. Agríc 37:315
- Sánchez, S., Hernández, M. & Simón, L. 2000. Caracterización de la macrofauna edáfica en un sistema biodiverso de gramíneas y leguminosas con densidad media de *Leucaena leucocrphala*. IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". Varadero. Cuba. 464 pp.
- Schlöter, M., Dilly, O. & Munich, J.C. 2003. Indicators for evaluating soil quality. Agriculture, Ecosystems & Environment 98:255
- Schon, N.L., Mackay, A.D., Yeates, G.W. & Minor, M.A. 2010. Separating the effects of defoliation and dairy cow treading pressure on the abundance and diversity of soil invertebrates in pastures. Appl. Soil Ecol. 46:209
- Socarrás, A. 2006. Evaluación del medio edáfico en un sistema silvopastoril mediante los componentes de la mesofauna edáfica. IV Congreso Latinoamericano de agroforestería pecuaria para la producción pecuaria sostenible. I II Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. La Habana. Cuba. 100 pp.
- Springett, J. 1981. A new method for extracting earthworm from soil crow, with comparison of four commonly used methods for estimating earthworm population. Pedobiología. 21:216
- Szegui, J. 1988. Cellulose decomposition and soil fertility. Akademiai kiads, Budapest. pp. 241
- Toresani, S., Bonel Ferreras, L., Magra, G., Dickie, M.J., Galarza, C. & Faggioli, V. 2009. Indicadores biológicos, físicos y químicos del suelo en sistemas de labranza y fertilización para mejorar la producción. 42. INTA EEA Oliveros. p.77
- Waldhardt, R. & Otte, A. 2003. Indicators of plant species and community diversity in grasslands. Agriculture, Ecosystems & Environment. 98:339

**Recibido: 13 de mayo de 2010**