

Efecto del uso del suelo sobre su calidad en áreas de la Finca "Baños de Marrero" **Effect of soil use on their quality, in areas of the farm "Baños de Marrero"**

Edith Aguila Alcantara, Yasser Marrero Pérez, Héctor Pablo Hernández Arboláez, Yanetsy Ruiz González

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carretera a Camajuaní km 5,5, Santa Clara, Cuba. CP 54830.

E-mail: editha@uclv.edu.cu

RESUMEN. Con el fin de evaluar el efecto del uso agrícola sobre el estado de la calidad del suelo, con enfoque de escenarios comparados, se seleccionaron dos áreas (un ecosistema natural como patrón de referencia y el agroecosistema Finca "Baños de Marrero" de Santa Clara) localizadas sobre suelos Pardo mullido medianamente lavado. Los indicadores físicos evaluados fueron: agregados estables, coeficiente de permeabilidad, factor de estructura, Límites Superior e Inferior de Plasticidad e Índice de Plasticidad. Los análisis químicos fueron pH (H₂O), pH (KCl), contenido de materia orgánica, contenidos de P₂O₅ y K₂O. Para el análisis microbiológico se realizaron diluciones seriadas para el conteo en placa de las unidades formadoras de colonias (ufc). La extracción de la mesofauna edáfica se realizó empleando la metodología de los embudos de Berlese-Tullgren. Los datos se procesaron con el paquete STATGRAPHICS versión 5.0 sobre Windows 7. Los resultados obtenidos indicaron que el estado físico del suelo en los ecosistemas estudiados muestra una buena estabilidad estructural. Entre ambos ecosistemas, se encontraron diferencias significativas para el pH, el contenido de materia orgánica, disponibilidad de P y K y las poblaciones microbianas, pero los componentes de la mesofauna evaluados no difirieron entre sí. Sin embargo, del análisis de componentes principales se pudo concluir que los indicadores de la mesofauna y microbiológicos evaluados tuvieron un mayor peso en la diferenciación de los ecosistemas estudiados.

Palabras clave: ácaros, colémbolos, mesofauna del suelo, suelo pardo con carbonatos, uso del suelo.

ABSTRACT. Two areas (a natural and an agricultural ecosystem), located on brown calcareous soil (correlated to Order Inceptisol, Subgroup Mollic Eutrudept in the Soil Taxonomy system), were chosen with the aim of assessing the effect of agricultural land use on soil quality using the compared scenarios perspective. The physical indicators analyzed were aggregate stabled, permeability coefficient, the factor of structure, lower and upper limits of plasticity, as well as, the index of plasticity. The chemical indicators measured were pH (H₂O), pH (KCl), organic matter content, and levels of P₂O₅ and K₂O. Soil microbiology was analyzed by plate counting. For mesofauna extraction was used the funnel methodology of Berlese-Tullgren. Data processing was done using STATGRAPHICS vs 5.0 on Windows 7. The results demonstrated that the physical status of the soil was good in both ecosystems. Significant differences were found for pH, organic matter content, levels of P₂O₅ and K₂O, and in the microbial population. However, no differences were found in mesofauna components; but, the principal components analyses showed that the differentiation between both ecosystems is more defined by the mesofauna and microbiological indicators.

Keywords: mites, springtails, soil mesofauna, Inceptisol, land use.

INTRODUCCIÓN

Debido precisamente al papel ecológico que desempeñan los grupos de la biota edáfica, interviniendo en la descomposición de la materia orgánica, en la aceleración y el reciclaje de los nutrientes y en el proceso de mineralización del fósforo y el nitrógeno, factores decisivos para el mantenimiento de la productividad del suelo; así como la susceptibilidad que poseen ante los

cambios del medio y su relación con algunos atributos físicos y químicos, se consideran bioindicadores de la estabilidad y fertilidad del suelo, llegando a establecer el estado de los suelos en diversos usos de la tierra (Chocobar, 2010).

En Cuba hay pocos estudios que enfocan el estudio de la mesofauna y su relación con el uso y manejo agrícola, la mayor parte de estos se han desarrollado sobre suelos ferralíticos (Socarrás y Robaina, 2011). El presente trabajo realizó una evaluación del efecto del uso agrícola sobre el estado de la calidad de un suelo Pardo mullido medianamente lavado (Hernández *et al.*, 1999) en áreas de la Finca "Baños de Marrero" de Santa Clara a partir del enfoque de escenarios comparados e incorporando indicadores microbiológicos y de la mesofauna del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección del área de estudio

El estudio fue realizado en el municipio Santa Clara, provincia Villa Clara, durante el período de diciembre de 2012 a diciembre del 2014. Se seleccionaron dos áreas localizadas en la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) "Obdulio Morales" (un ecosistema natural como patrón de referencia y un agroecosistema) sobre suelos Pardo mullido medianamente lavado según Hernández *et al.* (1999).

El ecosistema natural seleccionado tenía más de 15 años sin intervención de origen antrópico, una extensión de 1,5 ha y predominancia de una vegetación natural secundaria compuesta por árboles maderables como la guásima (*Guazuma tomentosa* Kunth), el algarrobo (*Samanea saman* (Jacq.)), la yagruma (*Cecropia schreberiana* Miq) y la palma real (*Roystonea regia* O. F. Cook). Entre los frutales se encontraban el mango (*Mangifera indica* L.), el aguacate (*Persea americana* Mill), el limón criollo (*Citrus X aurantifolia*) y la ciruela (*Spondias purpurea* L.). También se encontraba presente el marabú (*Dichrostachys cinera* L.).

El agroecosistema seleccionado fue la finca "Baños de Marrero", perteneciente a la CCS "Obdulio Morales", ubicada en la carretera central, km 290. En este se seleccionaron dos campos representativos para evaluar el efecto del uso agrícola de estas áreas sobre la calidad del suelo. El campo 1 tenía una extensión de 1 ha, dedicadas a la producción de maíz (*Zea*

mays L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), boniato (*Ipomoea batatas* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.). En el campo 2, con una extensión de 0,50 ha, se cultivan maíz, frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.). En ambos campos se realizaron aplicaciones de fertilizantes orgánicos, principalmente humus de lombriz (con dosis que oscilan entre 1 y 3 t ha⁻¹) así como inoculaciones con *Rhizobium* sp. en el cultivo del frijol.

Muestreo de campo

El muestreo se repitió dos años consecutivos, en el período comprendido entre marzo 2013 y noviembre 2014, siendo seleccionados estos meses dadas sus diferencias estacionales en cuanto a precipitaciones fundamentalmente. En total se realizaron cuatro muestreos: marzo de 2013, noviembre 2013, marzo de 2014 y noviembre 2014. Se tomaron tres muestras compuestas por área, para lo cual, cada área o campo se subdividió en tres partes, inicio, centro y final. Las muestras compuestas fueron conformadas a partir del suelo colectado en 10 puntos que fueron mezclados y homogeneizados hasta obtener tres muestras compuestas de 1 kg por área de muestreo. De esta forma, se obtuvieron tres réplicas por área, para un total de nueve muestras compuestas en cada momento de muestreo para realizar los análisis físicos, químicos y biológicos correspondientes. El muestreo de los suelos se realizó de 0 a 20 cm de profundidad.

Selección de indicadores

La selección de los indicadores para esta investigación se hizo sobre la base de criterios de estudios previos realizados en este tipo de suelo (Rubio, 2011; Cairo *et al.*, 2012; Ruiz *et al.*, 2013)

Análisis de los indicadores físicos y químicos
Los indicadores físicos sólo fueron analizados en el primer muestreo a fin de caracterizar el estado inicial de calidad del suelo en las áreas estudiadas. Las metodologías empleadas para el análisis de las propiedades físicas fueron: agregados estables (AE) y coeficiente de permeabilidad (Log K), ambos según Henin *et al.* (1958), factor de estructura (FE) determinado según Vageler y Alten, todos citados por Cairo (2000).

Los indicadores químicos seleccionados fueron realizados para cada muestreo realizado

y se siguieron las técnicas que a continuación se describen: pH (H₂O) y pH (KCl) por el método potenciométrico, en relación de suelo: solución 1:2,5; contenido de materia orgánica (MO) por el método colorimétrico de Walkley y Black; contenidos de P₂O₅ y K₂O por el método de Oniani. Todos los análisis químicos se realizaron según la Norma Ramal 279 del MINAGRI (NRAG 279, 1980). La evaluación cualitativa de los estados de calidad de los indicadores seleccionados se hizo sobre la base de la clasificación propuesta por López *et al.* (1981).

Análisis microbiológicos y de la mesofauna

Fue utilizada la metodología del conteo en placa para el estudio de unidades formadoras de colonias (ufc) en disoluciones seriadas a partir de 1 g de suelo en 90 ml del disolvente y a partir de ella, continuar hasta 10⁻⁵ para hongos y actinomicetos, mientras que para bacterias se empleó la concentración 10⁻⁸, siguiendo la metodología de Mayea *et al.* (1998).

Para la extracción de la mesofauna edáfica se utilizaron embudos de Berlese-Tullgren, con una fuente de luz y calor, durante un día. Se procedió al conteo y separación de los individuos bajo el estereoscopio, con ayuda de una aguja enmangada. Los ejemplares recolectados se conservaron en alcohol al 70 %. Las principales especies de ácaros y colémbolos fueron separadas del resto de la mesofauna bajo microscopios estereoscópicos. Para su identificación, se utilizaron las claves taxonómicas propuestas por Díaz *et al.* (2004) para colémbolos y Bayartogtokh *et al.* (2011) para ácaros, donde se llegó hasta la categoría de suborden.

Procesamiento estadístico

El procesamiento estadístico se realizó empleando el paquete estadístico STATGRAPHICS versión 5.0 sobre Windows 7. Primeramente se realizó un análisis multifactorial donde se apreció que sólo el factor ecosistema determinó la variabilidad entre las variables estudiadas. Por ende, se realizó un análisis de varianza simple (one way ANOVA) para cada variable según sistema en cada año de estudio. Se empleó la prueba LSD para p<0,05 en todos los casos. Finalmente, se realizó un análisis de regresión para la mesofauna y un análisis de componentes principales para evaluar la influencia de los indicadores químicos y biológicos en las diferencias encontradas entre los ecosistemas. Este análisis de componentes principales permitió evaluar la influencia de los indicadores estudiados a partir de la distribución porcentual de la variabilidad de cada indicador en el coeficiente de Eigen.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de los indicadores físicos y químicos de los suelos en los ecosistemas estudiados

El estado físico del suelo en ambos ecosistemas se caracterizó por su buena estabilidad estructural, la estabilidad de sus agregados y su excelente permeabilidad. Los resultados del factor de estructura (FE) demuestran un factor por encima del 70 % en ambos ecosistemas y los agregados estables que superan el 55 % en los campos 1 y 2 (tabla 1).

Tabla 1. Indicadores físicos evaluados

Sistemas Agrícolas	FE	Permeabilidad (log10)	Agregados estables (%)
Campo 1	71,3	2,1b	59,0a
Campo 2	74,1	2,7a	60,9a
Sistema Natural	73,2	2,0b	45,8b
EE(x)	±248	±0,06	±3,51

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas entre los sistemas agrícolas según prueba de LSD (Mínima diferencia significativa) para P<0,05

Estos resultados en el ecosistema agrícola pueden deberse al empleo de humus de lombriz para la fertilización orgánica, pues ha sido reportado el efecto positivo que tiene el empleo de fuentes orgánicas y en especial el humus de lombriz sobre las propiedades físicas del suelo y especialmente la estructura, ya que propicia la formación de agregados de origen biogénico que poseen alta estabilidad; también conocidos como bioestructura (Martínez *et al.*, 2003; Cairo y Fundora, 2005).

En cuanto a la permeabilidad, Cairo y Fundora (2005) y Colás (2007), expresan que cuando este indicador se encuentra próximo a dos, cómo es en estos casos, los suelos tienden a manifestar un buen estado estructural, aumentando la humedad para el límite inferior de plasticidad, por lo que existe mayor posibilidad de almacenamiento de agua y su disponibilidad para las plantas.

Los indicadores químicos evidenciaron diferencias significativas en cuanto a pH, la disponibilidad de P y el contenido de materia orgánica. El pH mostró diferencias significativas entre las áreas en ambos años. En los campos 1 y 2 del ecosistema agrícola, el pH(H₂O) puede clasificarse como neutro y ligeramente alcalino, respectivamente; mientras que en el ecosistema natural se clasifica como moderadamente ácido en el primer año y ligeramente ácido en el último período (López *et al.*, 1981). Ha sido reportado que el manejo orgánico de los suelos puede contribuir a mantenerlos en rangos de ligera acidez debido a que la MO tiene grupos carboxílicos y fenólicos que se comportan como ácidos débiles y tienden a disminuir el pH del suelo, así como por efecto de la nitrificación del amonio que resulta en una disminución del pH debido a la liberación de los protones a la

solución del suelo. Además, en suelos cercanos a la neutralidad o que tienen cantidades altas de carbonatos y bicarbonatos, el pH disminuye por el aumento en la presión parcial de CO₂ en la atmósfera del suelo. El CO₂ de la atmósfera se combina con agua y forma ácido carbónico que al disociarse genera H⁺ que acidifica el suelo (Martínez *et al.*, 2008) (tabla 2).

En cuanto al contenido de fósforo (P₂O₅) sólo se encontraron diferencias significativas entre las áreas cultivadas y el ecosistema natural en el primer año del estudio. Los contenidos de P₂O₅ en este período se pueden calificar de altos a muy altos para los campos del ecosistema agrícola mientras que fue bajo en el ecosistema natural. Estas diferencias pueden atribuirse a la aplicación de humus de lombriz aplicado en este campo, lo que favoreció el desarrollo de microorganismos solubilizadores de fósforo que actúan sobre los fosfatos insolubles del suelo (Martínez *et al.*, 2003). Sin embargo, durante el segundo año, cuando no se aplicó humus de lombriz no se encontraron diferencias significativas entre las áreas estudiadas.

Por otra parte, los niveles de potasio en estas áreas arrojaron diferencias significativas. Los niveles de potasio para los campos cultivados son medios, mientras que en el ecosistema natural sus contenidos son altos y muy altos según López *et al.* (1981).

Los mayores niveles de materia orgánica en el suelo fueron encontrados en el ecosistema natural, con contenidos para ambos años superiores al 4 % que son calificados como altos; mientras que en los campos 1 y 2 del ecosistema agrícola los valores encontrados son calificados como bajo y medio respectivamente (López *et al.*, 1981). La materia orgánica del suelo es un indicador que suele relacionarse con la

Tabla 2. Indicadores químicos evaluados según ecosistema y año

Sistemas Agrícolas	Año 2013				Año 2014			
	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	P ₂ O ₅	K ₂ O
Campo 1	6,9b	6,0b	12,7a	8,3b	6,6b	5,8b	9,7a	8,3b
Campo 2	7,6a	6,9a	15,5a	12,5b	7,6a	6,8a	10,2a	9,9b
Sistema Natural	5,8c	5,9b	4,3b	25,6a	6,5b	6,1b	8,0a	17,8a
EE (X)	±(0,14)	±(0,16)	±(2,17)	±(3,65)	±(0,19)	±(0,20)	±(2,41)	±(2,48)

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas entre los sistemas agrícolas según prueba de LSD (Mínima diferencia significativa) para P<0,05

nutrición vegetal, por su vínculo directo con la disponibilidad de los nutrientes (Cairo y Fundora, 2005). Sin embargo, contradictoriamente, las diferencias encontradas en este indicador no siempre están directamente relacionadas con los resultados que arrojaron los contenidos de fósforo y potasio en estos suelos. Martínez *et al.* (2003) explican que el proceso natural de transformación de la materia orgánica que inicia con la degradación de los residuos orgánicos hasta la formación y síntesis de sustancias húmicas, se caracteriza por su lentitud. En el caso de los campos agrícolas debido a las labores de aradura, la fertilización, entre otras; es difícil garantizar que estos procesos ocurran sin afectaciones pues las labores agrícolas aceleran especialmente la mineralización; y por ende, disminuye considerablemente la síntesis de sustancias húmicas y la estabilización de mayores contenidos de humus.

Composición estructural de los principales grupos microbiológicos del suelo

De forma general, el sistema natural tiene mayores poblaciones microbianas, lo cual está influenciado por la estabilidad del sistema en el tiempo, en cuanto a condiciones existentes de sombra y humedad, lo que permite una mejor

adaptación y estabilidad de las poblaciones microbianas, a diferencia de los sistemas de cultivos que están expuestos a cambios inducidos que perturban la estabilidad como sistemas de cultivos múltiples y de actividades constantes (figura 1). Las adiciones de materia orgánica rica en fuentes nitrogenadas, la inoculación con *Rhizobium* sp., entre otras prácticas realizadas, pueden influir en las fluctuaciones encontradas en las poblaciones de bacterias. Rubio (2011) reportó que las poblaciones microbianas responden a diferentes sistemas de manejo como consecuencia de las perturbaciones que conllevan las labores de cultivo y en consecuencia la estructura de la comunidad microbiana debe reajustarse de acuerdo con las limitaciones resultantes y las relaciones de competencia entre los microorganismos del suelo.

Indicadores de la mesofauna del suelo

No se encontraron diferencias significativas en cuanto a los colémbolos y ácaros entre las áreas evaluadas durante dos años estudiados (2013 - 2014). Sin embargo, como se puede observar en la figura 2, las poblaciones de ambos grupos muestran tendencias decrecientes para ambos ecosistemas.

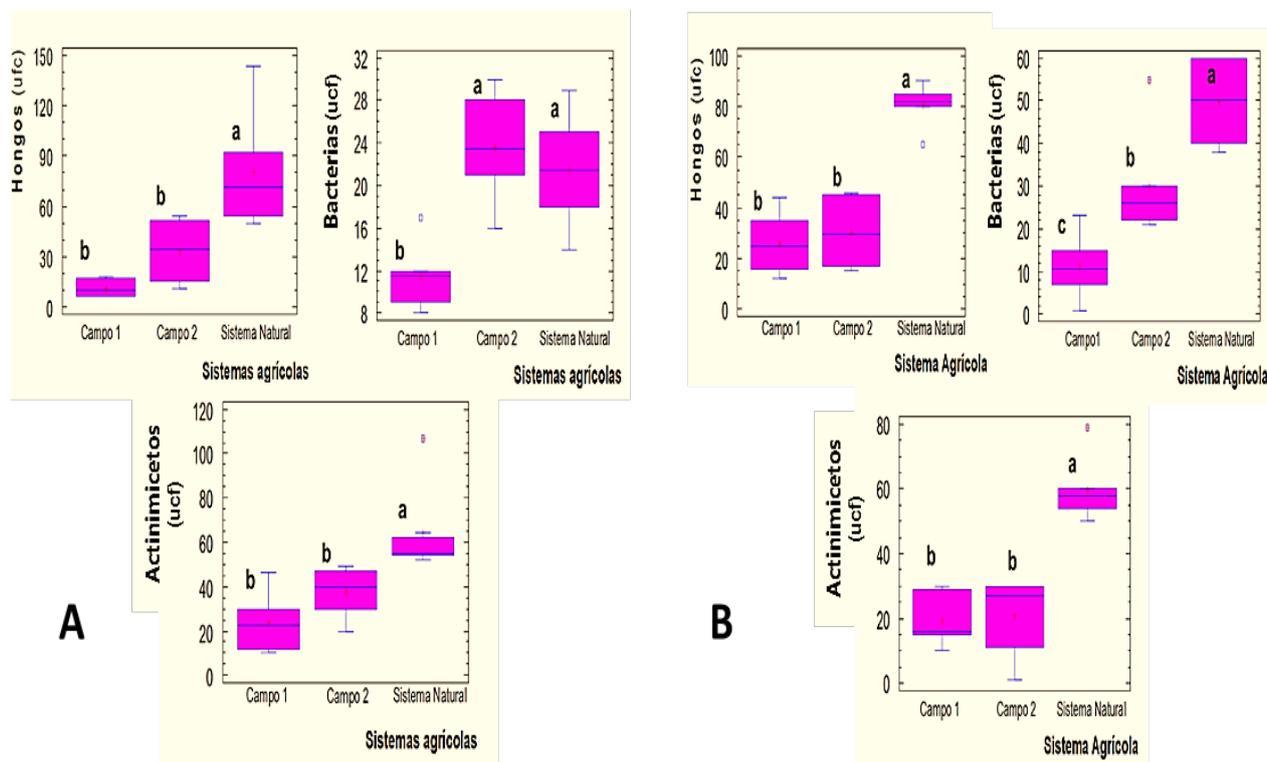


Figura 1. Poblaciones microbianas en los ecosistemas estudiados

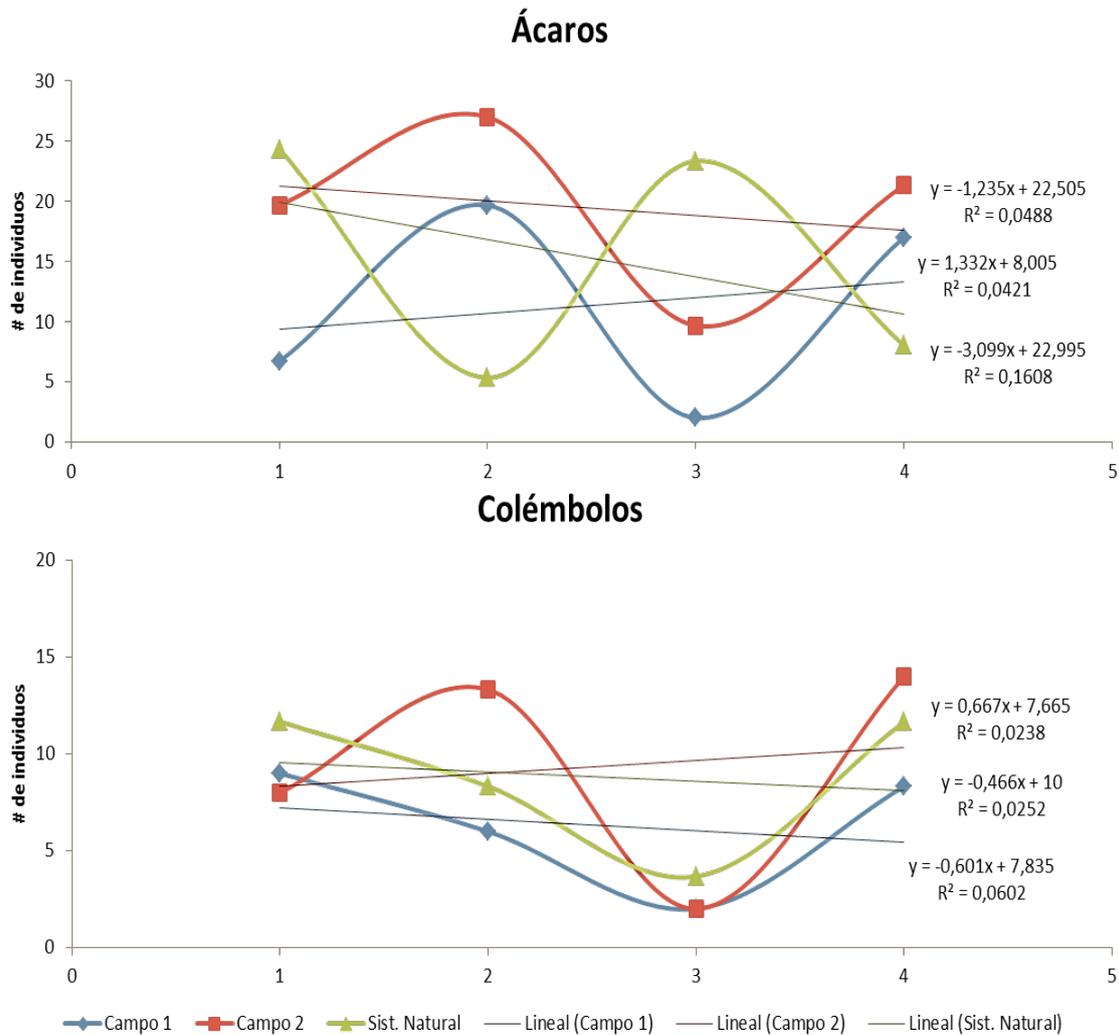


Figura 2. Tendencias de las poblaciones de los componentes de la mesofauna estudiados

Los números 1, 2, 3 y 4 del eje X identifican los momentos de muestreo: marzo 2013, noviembre 2013, marzo 2014 y noviembre 2014, respectivamente.

La finca objeto de estudio ha sido manejada bajo los preceptos de agricultura agroecológica, como la aplicación frecuente de humus de lombriz, el barbecho y la asociación de cultivos, labranza reducida o mínima, entre otras alternativas de manejo que contribuyen a la estabilización de la materia orgánica en el suelo; lo que puede haber influido en que no existiesen diferencias significativas con el sistema natural de referencia. Se ha registrado que prácticas comunes de la agricultura agroecológica con el fin de incrementar y conservar la materia orgánica del suelo como la incorporación de abonos verdes y fuentes orgánicas como compost estimula el incremento de sus poblaciones (Socarrás y Rodríguez, 2001).

Dentro de los principales órdenes de ácaros se identificaron especies pertenecientes a los órdenes *Oribátida* y *Gasamidæ*. Entre los principales órdenes de colémbolos se identificaron especies pertenecientes a *Isotomidae* y *Entomobryidae*. Marín et al. (2015) explican que la abundancia y presencia de estos grupos específicos de ácaros y colémbolos es consecuente con el manejo agroecológico a través del tiempo.

Los ácaros oribátidos han sido señalados como bioindicadores en suelos agrícolas ya que interactúan en la descomposición de la materia orgánica en interacción con la microflora, fragmentando los restos de los animales y las plantas y haciéndolos más asequibles a la acción de los microorganismos. Además, son

sensibles al porcentaje de humedad, el pH, las prácticas agrícolas realizadas por el hombre y el uso de insecticidas. Por su parte, los gamasinos son reconocidos como depredadores y ejercen un control sobre las poblaciones de nemátodos y otros micro artrópodos edáficos (Socarrás, 2013). Estos son relacionados con suelos perturbados que poseen cambios desfavorables en régimen de humedad. Su sensibilidad se atribuye a la fragilidad de su cuerpo. Chocobar (2010) los menciona como un buen indicador de la calidad de los suelos, al presentar una mayor abundancia en los que están menos perturbados.

Guillén *et al.* (2006) recomendaron que los colémbolos fuesen utilizados como bioindicadores de calidad del suelo y del manejo de los ecosistemas a partir de sus resultados que encontraron que algunas especies de colémbolos se correlacionan directamente

con la compactación del suelo, las variaciones de pH, los tenores de materia orgánica y la biomasa microbiana. Los colémbolos de las familias *Entomobryidae* y *Isotomidae* han sido asociadas a suelos manejados con alternativas agroecológicas a partir de diferentes tipos de abonos orgánicos, atribuyendo este aumento a la entrada de materia orgánica al suelo, mejores condiciones físicas y suministro de alimento (Socarrás y Rodríguez, 2001).

Influencia de los indicadores químicos y biológicos evaluados sobre los resultados obtenidos (Análisis de componentes principales)

De la interpretación de los resultados obtenidos en el análisis de los componentes principales se puede concluir que las diferencias fundamentales entre ambos ecosistemas estudiados radican en el componente biótico,

Tabla 3. Análisis de componentes principales para indicadores biológicos y químicos

Año 2013				Año 2014			
Componente	Valor del coeficiente Eigen	Porcentaje de Varianza	Porcentaje acumulativo	Componente	Valor del coeficiente Eigen	Porcentaje de Varianza	Porcentaje acumulativo
Ácaros	4,03129	40,313	40,313	Ácaros	3,93683	39,368	39,368
Actinomicetos	2,48394	24,839	65,152	Actinomicetos	3,11489	31,149	70,517
Bacterias	1,09141	10,914	76,066	Bacterias	1,37102	13,710	84,227
Colémbolos	1,01763	10,176	86,243	Colémbolos	0,869582	8,696	92,923
Hongos	0,837496	8,375	94,618	Hongos	0,348765	3,488	96,411
pH(H2O)	0,295512	2,955	97,573	pH(H2O)	0,158398	1,584	97,995
pH(KCl)	0,0973926	0,974	98,547	pH(KCl)	0,101763	1,018	99,013
P2O5	0,0855316	0,855	99,402	P2O5	0,0645719	0,646	99,658
K2O	0,0387181	0,387	99,789	K2O	0,0293462	0,293	99,952
MO	0,0210816	0,211	100,000	MO	0,00483124	0,048	100,000

Leyenda: pH(H₂O): pH en agua, pH(KCl): pH en solución 1 M KCl, P₂O₅: fósforo asimilable, K₂O: potasio asimilable, MO: materia orgánica

evidenciado en los indicadores biológicos estudiados (tabla 3). Los indicadores biológicos estudiados aglutinan en ambos años fueron superiores al 90 % de la variabilidad de los resultados (aproximadamente 94,6 % en 2012 y 96,4 % en 2014), con coeficientes de Eigen muy superiores con respecto a los indicadores químicos analizados. Dentro de los indicadores biológicos, los ácaros conforman el grupo que lidera las diferencias (con porcentajes de varianza alrededor del 40 % en el primer y segundo año y coeficientes de Eigen alrededor de cuatro para estos valores), seguido de los actinomicetos, bacterias, colémbolos y hongos, en este orden.

Considerando que los ácaros son el grupo más diverso de la mesofauna, este resultado es plausible. Diferentes autores han reportado que este grupo es sensible a los cambios de manejo que conllevan a variaciones dentro de la comunidad las cuales pueden ayudar a interpretar los cambios en la fertilidad del suelo y su nivel de perturbación debido a las prácticas agrícolas (Socarrás, 2013).

CONCLUSIONES

Los suelos de los ecosistemas estudiados mostraron similares condiciones físicas con buena estabilidad estructural. Entre los indicadores químicos se encontraron algunas diferencias en cuanto a pH, contenido de materia orgánica y disponibilidad de P y K, así como en las poblaciones microbianas donde fue más evidente esta diferenciación. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los ecosistemas de los componentes de la mesofauna. Los indicadores de la mesofauna y microbiológicos evaluados mostraron una mayor influencia en la diferenciación de los ecosistemas estudiados de acuerdo con los resultados del análisis de componentes principales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bayartogtokh, B.; H. Schatz; T. Ekrem: Distribution and diversity of the soil mites of Svalbard, with redescrptions of three known species (Acari: Oribatida). *International Journal of Acarology*, 37 (6): 467-484, 2011.

2. Cairo, P.: Alternativas para el mejoramiento de los suelos para el cultivo de la caña. *Agricultura Orgánica*, 14 (2): 23-25, 2000.

3. Cairo, P. y O. Fundora: Edafología. Ed. Félix Varela. Ciudad de La Habana, Cuba. 2005, 382 p.

4. Cairo, P.: Uso alternativo de mejoradores de suelo, con énfasis en la materia orgánica y evaluación de indicadores de sostenibilidad (calidad de suelo). Informe Final de Proyecto Ramal del MINAGRI. Código 68.11. Villa Clara, Cuba. 2012, 40 p.

5. Chocobar, E.A.: Edafofauna como indicador de la calidad en un suelo Cumulic Phaozem sometido a diferentes sistemas de manejos en un experimento de larga duración. Tesis en opción al grado científico de Máster en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Estado de México, México. 2010, 63 p.

6. Colás, A.: Obtención de indicadores de calidad de un suelo ferralítico rojo compactado. Tesis de Maestría, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba. 2007, 65 p.

7. Díaz, M. A.; G. C. Vivian; V. J. Palacios; M. J. Lucíañez: Clave Dicotómica para la Determinación de los Colémbolos de Cuba (Hexápoda: Collembola). *Boln. S.E.A.*, 34: 73-83, 2004.

8. Guillén, C.; F. Soto-Adames; M. Springer: Variables físicas, químicas y biológicas del suelo sobre las poblaciones de colémbolos en Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 30 (2): 19-29, 2006. ISSN: 0377-9424.

9. Hernández, A.; J.M. Pérez; D. Bosch; L. Rivero: Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. AGRINFOR, La Habana, Cuba. 1999, 64 p.

10. López, G., E. F., H. Vázquez: Resumen sobre los elementos fundamentales que deben ser redactados en cada epígrafe del informe de suelos por municipio a escala 1/25000. Departamento de Suelo y Agroquímica. Ministerio de la Agricultura. Dirección general de suelos y fertilizantes. Villa Clara, Cuba. 1981.

11. Marín, E.P.; M. Sánchez; A. Sierra; M.R. Peñaranda: Poblaciones de ácaros, colémbolos y otra mesofauna en un Inceptisol bajo diferentes manejos. *Rev. Fac. Nac. Agr. Medellín*, 68(1): 7411-7422, 2015.

12. Martínez E.; J. P. Fuentes; E. Acevedo: Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1): 68-96, 2008.

13. Martínez, F.; B. J. Calero; R. Nogales; L. Rovesti: Lombricultura. Manual práctico. Biblioteca ACTAF, La Habana, Cuba. 2003, 100 p.
14. Mayea, S.; R. Novo; I. Boado; E. Silveira; M. Soria; Y. Morales; A. Valiño: Microbiología Agropecuaria. Tomo II. Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba. 1998, 281 p.
15. NRAG 279. Suelos. Análisis Químico. Dirección de Normalización, Metrología y Control de la Calidad (DNMCC). MINAGRI, Ciudad de La Habana, Cuba. 1980.
16. Rubio, L.: Influencia de los sistemas agrícolas convencional y tradicional sobre indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo Pardo Mullido Carbonatado. Tesis para aspirar al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Santa Clara, Cuba. 2011, 45 p.
17. Socarrás, A. y M. Rodríguez: Efecto de la agricultura orgánica sobre la mesofauna del suelo. *Poeyana*, 485: 5-7, 2001.
18. Socarrás, A. y N. Robaina: Caracterización de la mesofauna edáfica bajo diferentes usos de la tierra en suelo Ferralítico Rojo de Mayabeque y Artemisa. *Pastos y Forrajes*, 34 (1): 85, 2011.
19. Socarrás, A.: Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes*, 36 (1): 5-13, 2013.

Recibido el 8 de agosto de 2015 y aceptado el 5 de marzo de 2016