

Diversidad de grupos funcionales de la fauna edáfica y su relación con el diseño y manejo de tres sistemas de cultivos

Diversity of functional groups of the edaphic fauna and its relationship with the design and management of three crops systems

Yaril Matienzo Brito, Janet Alfonso-Simonetti, Luis L. Vázquez Moreno, Rudy De la Masa Arias, Michel Matamoras Torres, Yunaisy Díaz Finalé, Taimyr Torres Lago y Ángela Porras González

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Calle 110 no. 514 e/ 5.^a B y 5.^a F, Playa, La Habana, C.P. 11600, Cuba, ymatienzo@inisav.cu

RESUMEN

La fauna edáfica es considerada como un indicador del manejo de los sistemas de producción agrícola. El objetivo de esta investigación fue evaluar la relación entre el diseño y manejo de tres sistemas de cultivos y la diversidad de grupos funcionales de la fauna edáfica. El estudio se realizó en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) 1 de Julio, perteneciente al municipio de Cerro de la provincia de La Habana, en el periodo de octubre de 2010 a abril de 2011. Se caracterizaron tres sistemas de cultivos (parcelas típicas, organopónico y huerto intensivo) y se realizaron seis evaluaciones en cada uno, para lo cual se efectuaron muestreos bimensuales, a nivel de un transecto en diagonal en tres estaciones, donde se extrajo 1 kg de suelo a una profundidad de 10 cm. Se determinó la complejidad del diseño y manejo de los sistemas de cultivos, asimismo, la composición, abundancia y diversidad de grupos funcionales de la fauna edáfica. En las parcelas típicas se alcanzó la mayor complejidad del diseño y manejo, sustentado principalmente por un mayor nivel de diversificación florística, asociaciones de cultivos, cultivos permanentes, cultivos de cobertura, arropo vegetal, cercas vivas, reservorios de enemigos naturales, plantas repelentes y ambientes seminaturales. Los organismos registrados se agruparon en los Phylum: Artrópoda, Mollusca, Annelida y Chordata, siendo los artrópodos los más abundantes con 1344 individuos. En el sistema de parcelas típicas se obtuvo la mayor diversidad de la macrofauna edáfica (1,63) y los valores más altos de abundancia (1576 individuos). Además, se registró la mayor riqueza de familias de insectos (Formicidae, Carabidae, Staphylinidae, Forficulidae, Coccinellidae) con importantes funciones ecológicas, de las cuales las hormigas presentaron los más altos niveles de población.

Palabras claves: Fauna edáfica, diversidad, diseño, manejo, sistemas de cultivos.

ABSTRACT

The edaphic fauna is considered as an indicator of the management of production systems agriculture. The objective of this research was to evaluate the relationship between design and management of three crops systems and diversity of functional groups of edaphic fauna. The study was conducted in the Basic Unit of Cooperative Production (UBPC) July 1, in the municipality Cerro in Havana province, during the period October 2010 to April 2011. Three cropping systems were characterized (typical plots, organoponic and orchard intensive) and six evaluations were performed on each, for which bimonthly samplings at the level of a diagonal transect in three seasons, where was removed 1 kg of soil to a depth of 10 cm. The complexity of the design and management of cropping systems likewise the composition, abundance and diversity of the functional groups of edaphic fauna it was determined. In typical plots was reached the greater complexity of design and management, mainly supported by higher levels of floristic diversification, crop associations, permanent crops, cover crops, vegetable arropo, living fences, reservoirs of natural enemies, repellent plants and semi-natural environments. Registered organisms are grouped into the Phylum: Arthropoda, Mollusca, Annelida and Chordata, being the most abundant arthropods with 1344 individuals. In the system typical plots was obtained the greatest diversity of soil macrofauna (1.63) and the highest values of abundance (1576 individuals). Besides, It was recorded the greatest wealth of families of insects (Formicidae, Carabidae, Staphylinidae, Forficulidae, Coccinellidae) with important ecological functions, of which the ants had the highest population levels.

Key words: Edaphic fauna, diversity, design, management, crops systems.

INTRODUCCIÓN

Los efectos negativos del desarrollo de tecnologías intensivas en sistemas agrícolas ha generado diversos desequilibrios ecológicos que han favorecido la aparición de nuevos organismos nocivos,

la simplificación de la biodiversidad funcional y la reducción de las complejas interacciones que se establecen entre las especies [Baloriani *et al.*, 2009; Perfecto *et al.*, 2010].

Recibido: 14/9/2014

Aceptado: 4/11/2014

En respuesta a esta preocupación, en los últimos años ha sido un reto el diseño de sistemas agrícolas complejos, donde se adopten prácticas que contribuyan al manejo de organismos nocivos sobre la base de un enfoque sistémico que posibilite la reducción de los problemas ocasionados por plagas agrícolas, la disminución de la dependencia de insumos externos y el manejo óptimo de la biodiversidad para favorecer procesos holísticos que contribuyan al manejo agroecológico de plagas [Vázquez, 2013].

Esto se ilustra en la agricultura que se desarrolla en las ciudades, que ha sido un modelo agrícola caracterizado por una alta diversificación de la producción agrícola, donde el manejo de la biodiversidad se ha convertido en una estrategia clave para optimizar los principios y mecanismos que contribuyen a la conservación y el manejo de la biodiversidad, fundamentalmente de los grupos que poseen funciones en la regulación de plagas [Vázquez y Fernández, 2007, Matienzo *et al.*, 2011].

Al respecto, diversos estudios revelan que el nivel de funcionamiento de un sistema de producción también está estrechamente relacionado con la calidad de los suelos [Altieri y Nicholls, 2013], los que constituyen un rico escenario de procesos ecológicos y un excelente refugio de comunidades de especies que intervienen en el mejoramiento de sus propiedades físico-químicas y biológicas [Jiménez *et al.*, 2002; Estrada, 2013], las que debido a su diversidad, abundancia y respuesta ante cambios ambientales son consideradas bioindicadores de la calidad del suelo y del estado de salud de los sistemas agrícolas [Fernández y Muschler, 1999; Alonso y Agosti, 2000; González *et al.*, 2003].

De esta manera, la composición de la fauna edáfica y su respuesta ante diferentes grados de antropización de los ecosistemas, donde se incluyen los agrícolas, ha sido objeto de estudio de numerosos investigadores [Cabrera-Dávila *et al.*, 2007; Socarrás y Rodríguez, 2007; Zaldívar *et al.*, 2009; Prieto y Estrada, 2013]; sin embargo, en la agricultura urbana son pocos los estudios realizados referentes a la edafofauna y su relación con el manejo de sistemas de cultivos típicos de este modelo agrícola. En este trabajo se pretende evaluar la relación entre el diseño y manejo de tres sistemas de cultivo sobre la diversidad de grupos funcionales de la fauna edáfica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) 1 de Julio, perteneciente al municipio de Cerro de la provincia de La Habana, en el período de octubre de 2010 a abril de 2011.

El sistema de producción posee una superficie total de 4,86 ha, y la integran dos fincas: la finca no. 1, que tiene un área total de 1,5 ha, cultivable solo 0,54 ha, y la finca no. 2, con un área total de 3,36 ha y 1,79 ha de área cultivable.

Caracterización de los sistemas de cultivos

Para la caracterización de los sistemas de cultivos se realizó un diagnóstico mediante una metodología que propone indicadores para evaluar la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas agrícolas [Vázquez, 2013], la que fue ajustada de acuerdo con el manejo realizado en los sistemas de cultivos evaluados (*Tabla 1*).

Se determinó la Complejidad de Diseño y Manejo (CDM) de los sistemas de cultivos mediante la expresión:

$$CDM = [\sum IDPr + IMDAux + IMAgr] / \text{Total de indicadores}$$

donde:

IDPr: Indicadores del manejo de la diversidad productiva

IDAux: Indicadores del manejo de la diversidad auxiliar

IAgr: Indicadores del manejo agronómico

Determinación de la fauna edáfica en los sistemas de cultivos

Para la determinación de la fauna edáfica se realizaron seis evaluaciones en tres sistemas de cultivos (parcelas típicas, organopónico y huerto intensivo), para un total de 18 evaluaciones, con una frecuencia bimensual. Los muestreos se realizaron a nivel de un transecto en diagonal, del cual se seleccionaron tres estaciones de muestreo, y de estas tres submuestras.

De acuerdo con los criterios de Pérez *et al.* (2008), mediante el uso de una pala se extrajo 1 kg de suelo a una profundidad de 10 cm, la que fue envasada en bolsas de nailon para su posterior traslado y procesamiento, mediante el auxilio de cernidores, en el Laboratorio de Entomología del Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV).

Los ejemplares colectados fueron separados por morfoespecies y conservados en alcohol al 70 % para su

posterior identificación, donde fueron consideradas diversas referencias [Bueno y Rojas, 1999; Hoffmann, 1999; Alayón, 2000; Fernández y Ospina, 2003; Moraes *et al.*, 2004; Peck, 2005; Díaz y Cádiz, 2006; Chant y Mc Murtry, 2007; Vázquez *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2009; Krantz y Walter, 2009; Milán, 2010; Mariño, 2011; Cupul-Magaña, 2013; Palacios-Vargas y García-Gómez, 2014].

Se determinó la composición sistemática, la riqueza de grupos funcionales y la abundancia, para lo cual se consideró el número de individuos de cada grupo taxonómico. Se estimó además la diversidad de los grupos mediante el Índice de Shannon-Wiener:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

donde p_i es la proporción de individuos de la especie i -ésima encontrados en la muestra, y su valor suele oscilar entre 1,5 y 3,5, para lo cual se utilizó el programa Divers. Exe de Pérez y Sola Fernández (1993).

Para el análisis estadístico de los resultados se realizó un análisis de componentes principales para los indicadores de diseño y manejo por el programa Minitab 15.1.20.0, así como un análisis factorial de correspondencia entre los sistemas de cultivos y los grupos funcionales asociados mediante el programa Estadística.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del diseño y manejo de los sistemas de cultivos

Los resultados de la caracterización indicaron que el sistema de parcelas típicas posee la mayor complejidad de su diseño y manejo (2,36), al presentar un mayor coeficiente diversidad productiva (2,4), como expresión de la diversificación y el diseño de arreglos espaciales y temporales de especies hortícolas, viandas, granos y otras que se cultivan en parcelas, no así en el organopónico y huerto intensivo, donde se alcanzaron valores inferiores (1,4 y 1,6, respectivamente) (Tabla 2), sobre todo por ser sistemas dominados por especies hortícolas cultivadas en canteros.

En relación con la diversidad auxiliar, en las parcelas típicas se obtuvo el mayor coeficiente (1,45), donde los diseños y manejos que se realizan integran especies como el maíz, que provee refugio y alimentación a los reguladores naturales de diferentes organismos nocivos [Matienzo *et al.*, 2015]. Asimismo, los arreglos que integran especies herbáceas-rastreras, como el bo-

niato (*Ipomoea batatas*) y la calabaza (*Cucurbita* spp.), brindan una mayor cobertura al suelo, aportan sombra y contribuyen a mejorar el microclima para las especies que habitan en el suelo e interactúan con las plantas [Vázquez *et al.*, 2008].

Por otra parte, hay que destacar la complejidad estructural de la cerca viva, integrada por especies como el cocotero (*Cocos nucifera*), cardón (*Euphorbia lactea*) y arvenses de la familia Convolvulaceae. Así también el mantenimiento de pequeños fragmentos de vegetación seminatural que facilitan el refugio, la alimentación y oviposición de numerosas especies, en contraste con el organopónico y el huerto intensivo, que se caracterizaron por una menor expresión de la diversidad auxiliar (0,54 y 0,90), lo cual se atribuye a la baja integración de especies que incrementan las funciones de regulación de plagas, en correspondencia con Casanoves *et al.* (2011), quienes han documentado el valor ecológico de las funciones de las plantas.

En relación con el manejo agronómico, igualmente se obtuvo el mayor coeficiente en las parcelas típicas (3,25), donde se atribuyó gran relevancia a la conservación del suelo, incorporación de materia orgánica, la cual se ha demostrado que constituye una de las prácticas con mayor contribución al mejoramiento de los suelos [Labrador, 2015)].

En este sistema, además, se redujo el número de intervenciones con plaguicidas en más del 75 % de los cultivos debido a la reducción de la ocurrencia de problemas fitosanitarios de importancia para los agricultores. Este coeficiente, para el organopónico y el huerto intensivo, de igual forma alcanzó valores inferiores (2,75 y 2,5, respectivamente), sobre todo por la necesidad de incrementar las prácticas que contribuyan a la conservación de suelo, asimismo reducir el uso de plaguicidas para reducir la ocurrencia de plagas en diversos cultivos.

De acuerdo con el análisis estadístico multivariado realizado, los indicadores evaluados se agruparon en dos componentes: una primera que explica el 75,5 % de las diferencias, y una segunda con un 24,5 %. En este sentido, el sistema de parcelas típicas se caracterizó por presentar una relación positiva con la primera componente, al poseer los valores más óptimos en 14 indicadores, que representan el 70 % del total, en su mayoría referidos al manejo de la diversidad productiva y auxiliar, así como el menor valor del indicador relacionado con el sistema de riego, donde prevalece el sistema manual (Fig. 1).

Tabla 1. Indicadores y escala para evaluar el diseño y manejo de sistemas de cultivos

<i>Componente</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Criterio de evaluación</i>	<i>Sistemas de cultivos</i>		
			<i>PT</i>	<i>O</i>	<i>HI</i>
Diversidad productiva	Tipología de la producción	1: 1 rubro, 2: entre 2-3 rubros, 3: entre 4-5 rubros, 4: más de 6 rubros productivos	3	1	3
	Diversidad de especies cultivadas	1: 1-3 especies, 2: 4-6 especies, 3: 7-9 especies, 4: más de 10 especies	3	2	2
	Diversidad de cultivos anuales	1: 1-3 especies, 2: 3-6 especies, 3: 7-9 especies, 4: más de 10 especies	3	2	2
	Diversidad de cultivos permanentes	1: 1-3 especies, 2: 3-6 especies, 3: 7-9 especies, 4: más de 10 especies	1	0	0
	Diversidad de policultivos	1: 1-3 asociaciones, 2: 4-6 asociaciones, 3: 7-9 asociaciones, 4: más de 10 asociaciones	2	2	1
Manejo de la diversidad auxiliar	Especies utilizadas como barreras vivas intercaladas	1: 1 especie, 2: 2 especies, 3: 3 especies, 4: más de 4 especies	1	0	0
	Cultivos de cobertura	1: 1-3 especies, 2: 3-6 especies, 3: 7-9 especies, 4: más de 10 especies	2	0	0
	Cultivos con arrope vegetal	1: 1-3 especies, 2: 3-6 especies, 3: 7-9 especies, 4: más de 10 especies	1	0	0
	Sombra temporal	1: 1-3 meses, 2: 4-6 meses, 3: 7-9 meses, 4: más de 10 meses	2	0	0
	Cercas vivas perimetrales	1: menos del 26 % de la periferia, 2: entre 26-50 % de la periferia, 3: entre 51-75 % de la periferia, 4: más de 75 %	2	2	2
	Composición de la cerca viva perimetral	1: 1 especie, 2: 2-3 especies, 3: 4-6 especies, 4: más de 7 especies	2	1	1
	Reservorios de biodiversidad reguladores naturales	1: 1-2 especies, 2: 3-4 especies, 3: 5-6 especies, 4: más de 7 especies	1	0	0
	Especies de plantas repelentes	1: 1-2 especies, 2: 3-4 especies, 3: 5-6 especies, 4: más de 7 especies	1	2	1
	Fomento de arboledas	1: 1 sitio, 2: 2 sitios, 3: 3 sitios, 4: 4 sitios	0	0	3
	Ambientes seminaturales	1: 1-2 sitios, 2: 3-4 sitios, 3: 5-6 sitios, 4: más de 7 sitios	1	0	2
Manejo agronómico	Tolerancia de arvenses	1: no se toleran en el cultivo, 2: se toleran en todo el ciclo del cultivo, 3: se toleran de acuerdo con la etapa del cultivo, 4: se toleran en diferentes sitios del sistema considerando sus funciones	3	1	1
	Conservación de suelo	1: 1-2 prácticas, 2: 3-4 prácticas, 3: 4-5 prácticas, 4: más de 6 prácticas	4	1	1
	Incorporaciones de materia orgánica	1: menos del 26 % de los cultivos, 2: entre 26-50 % de los cultivos, 3: entre 51-75 % de los cultivos, 4: más del 75 % de los cultivos	4	4	4
	Sistema de riego	1: manual, 2: gravedad, 3: aspersión, 4: localizado	1	3	3
	Reducción del uso de plaguicidas	1: menos del 26 % de los cultivos, 2: entre 26-50 % de los cultivos, 3: entre 51-75 % de los cultivos, 4: más del 75 % de los cultivos	4	3	2

*PT: Parcelas Típicas, O: Organopónico, HI: Huerto Intensivo

Tabla 2. Síntesis de los componentes del diseño y manejo de los sistemas de cultivos

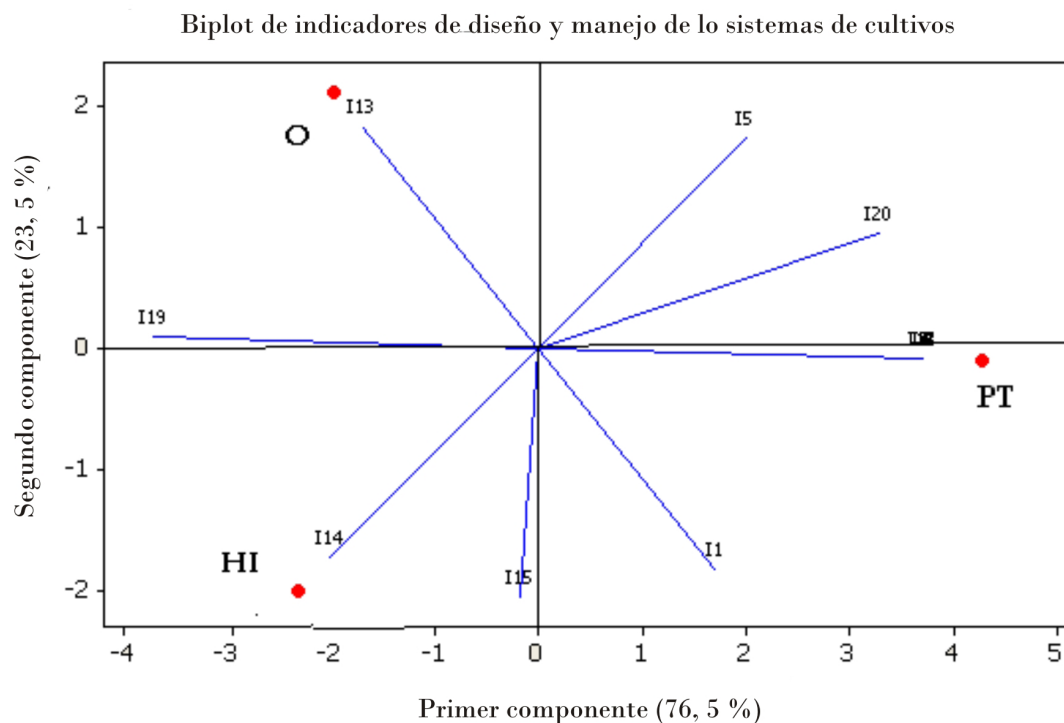
<i>Componentes</i>	<i>Sistemas de cultivos</i>		
	<i>Parcelas típicas</i>	<i>Organopónico</i>	<i>Huerto intensivo</i>
Diversidad productiva	2,4	1,4	1,6
Manejo de diversidad auxiliar	1,45	0,54	0,90
Manejo agronómico	3,25	2,75	2,5
Complejidad del diseño y manejo	2,36	1,56	1,6

En el organopónico se encontró mayor relación con la segunda componente, alcanzando los mayores valores en diversidad de policultivos y en el fomento de plantas repelentes, no así para la tipología de la producción, el fomento de arboledas y la tolerancia de ambientes seminaturales, donde alcanzaron valores inferiores.

En tanto el sistema de huerto intensivo presentó mayor relación con la primera componente, pero de manera inversa a las parcelas típicas, similar al organopónico y

en sentido opuesto a los indicadores de la segunda componente que caracterizan al organopónico.

En sentido general, estadísticamente se obtuvo una mayor similitud entre el comportamiento de los indicadores de diseño y manejo del organopónico y el huerto intensivo, principalmente debido a los diseños y manejos que se realizan en ambos sistemas de cultivos, lo cual difiere del manejo que se realiza en el sistema de parcelas típicas.

**Figura 1.** Comportamiento de los indicadores de diseño y manejo en los sistemas de cultivos.

Se colectaron un total de 2713 individuos en los tres sistemas de cultivos, de los cuales el 50 % (1344) pertenece al Phylum Arthropoda, el 47 % (1273) a Mollusca, el 3 % (95) a Annelida y solo fue registrado un individuo de Chordata (*Fig. 2*), lo que indica una mayor representatividad de la

fauna de artrópodos, en correspondencia con lo expresado por Chung (1993), Brown *et al.* (2006) y Rendón *et al.* (2011), quienes ratifican que los artrópodos constituyen uno de los grupos con mayor abundancia e intervención en procesos ecológicos a nivel del suelo.

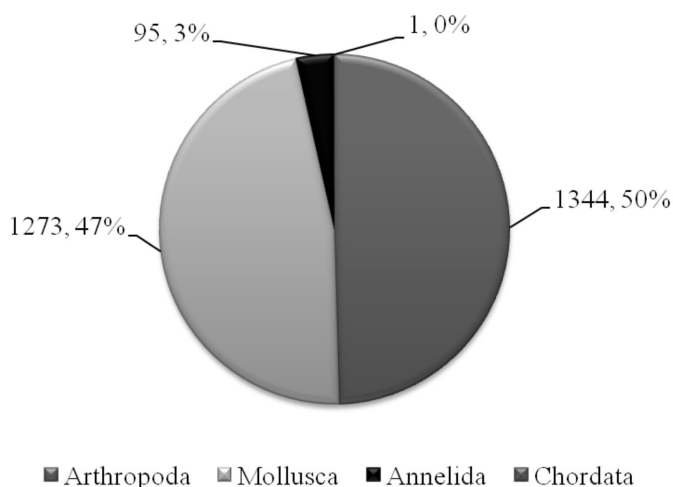


Figura 2. Abundancia proporcional de los grupos registrados en los sistemas de cultivos.

De acuerdo con los hábitos de alimentación de los grupos registrados (*Tabla 3*), se identificaron tres categorías funcionales: fitófagos (22 %), depredadores (55 %) y detritívoros (44 %), lo que muestra la diversidad de funciones de estos organismos al intervenir en procesos de herbivoría, depredación, descomposición de la materia orgánica, reciclaje de nutrientes y mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, lo cual ha sido una de las razones para considerar a la fauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo de los ecosistemas naturales y agrícolas [Stork y Eggleton, 1992; Cabrera, 2012; Socarrás, 2013].

Respecto a la riqueza y abundancia de grupos, en las parcelas típicas se alcanzó la mayor riqueza de grupos funcionales (16) y la mayor abundancia (1576), seguido del organopónico con 15 grupos y 735 individuos, y en menor proporción el huerto intensivo con 13 grupos y 402 individuos (*Tabla 3*), lo que muestra una aproximación entre los tres sistemas de cultivos en términos de riqueza de grupos, no así la abundancia para cada grupo funcional, pues en las parcelas típicas se registraron las más altas poblaciones de hormigas, caracoles y cochinillas; asimismo, aunque en menor proporción, resultó interesante la contribución de los milpiés, ciempiés y lombrices.

En contraste, en los sistemas de organopónico y huerto intensivo los caracoles fueron los más abundantes, lo que se atribuye principalmente a la humedad del suelo proporcionada por el riego y a la materia orgánica disponible, de lo cual se ha documentado que comúnmente los ambientes húmedos y ricos en residuos orgánicos proveen condiciones favorables para los moluscos [Matamoros, 2011].

Al analizar la composición de grupos taxonómicos en los tres sistemas de cultivos, el análisis estadístico realizado indicó una mayor similitud entre el organopónico y huerto intensivo (*Fig. 3*), principalmente por las poblaciones de moluscos (Gastropoda) que fueron los más abundantes para ambos sistemas de cultivos, y también de colémbolos (Collembola) y chilopodos (Chilopoda), los cuales abundan en suelos ricos en materia orgánica y con alta humedad [Díaz, 1999, Cupul-Magaña, 2013].

En tanto, el sistema de parcelas típicas estuvo más asociado a grupos que desempeñan funciones de regulación de plagas como sucede con Formicidae, Araneae, Carabidae, Forficulidae; así también, otros que contribuyen al mejoramiento del suelo como las lombrices y diplopodos al fragmentar y consumir material vegetal en descomposición [Bueno y Rojas, 1999].

Tabla 3. Composición, abundancia y categorías funcionales de los grupos registrados en los sistemas de cultivos

Phylum	Grupos taxonómicos	Sistema de cultivo			Categoría funcional
		Parcelas típicas	Organopónico	Huerto intensivo	
Arthropoda	Formicidae	505	25	0	1,2
	Carabidae	6	1	1	2
	Coccinellidae	1	1	1	2
	Curculionidae	1	0	1	1
	Staphylinidae	3	7	3	2
	Forficulidae	2	1	1	2
	Blattidae	16	2	0	3
	Collembola	13	57	11	1,2
	Diplura	0	11	0	3
	Thysanura	1	0	0	3
	Phytoseiidae	0	8	1	2
	Araneae	11	2	3	2
	Diplopoda	98	5	25	3
	Chilopoda	39	13	29	2
	Isopoda	402	21	16	3
Mollusca	Gastropoda	429	536	308	1,2,3
Annelida	Lumbricidae	48	45	2	3
Chordata	Hylidae	1	0	0	2
Abundancia		1576	735	402	
Riqueza		16	15	13	

Categoría 1 (Fitófagos) (22 %), Categoría 2 (Depredadores) (55 %), Categoría 3 (44 %) (Detritívoros)

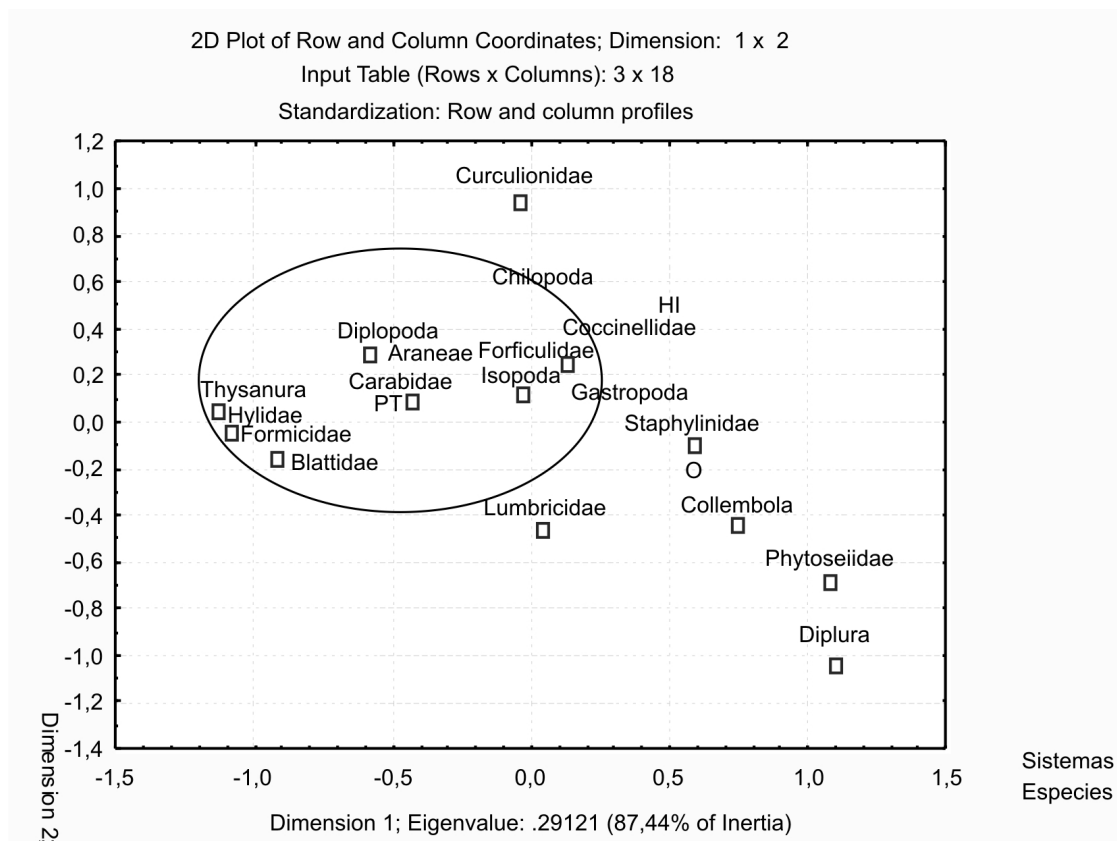


Figura 3. Factorial de correspondencia entre los sistemas de cultivos y los grupos funcionales registrados

El análisis de diversidad indicó que en las parcelas típicas se alcanzó la mayor diversidad de grupos funcionales (1,63), seguido del organopónico (1,13), y en menor grado el huerto intensivo (0,99) (*Fig. 4*), lo que pudo estar influenciado por las características del diseño y el manejo de los sistemas de cultivos, siendo las parcelas típicas el sistema con mayor integración de rubros productivos y diversificación de arreglos

espaciales y temporales, una mayor expresión del manejo de la biota vegetación auxiliar y un menor número de intervenciones fitosanitarias para la regulación de organismos nocivos, todo lo cual contribuye a incrementar los sitios para el refugio, alimentación, reproducción y conservación de especies que desempeñan funciones diversas [Gliessman, 2000, Vázquez, *et al.*, 2008; Matienzo *et al.*, 2015].

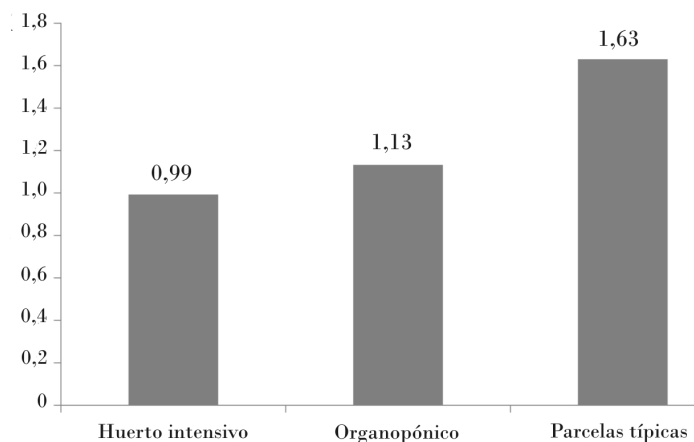


Figura 4. Diversidad de grupos funcionales en los tres sistemas de cultivos.

En relación con los microambientes evaluados, de forma general para los tres sistemas, en los dominados por cultivos (A y B) se registró la mayor riqueza y abundancia de grupos funcionales, no así en la matriz circundante (C), donde se registraron valores inferiores para ambas variables.

Respecto a la diversidad, en las parcelas típicas y en el huerto intensivo los valores fueron disminuyendo de los microambientes dominados por cultivos hacia la matriz circundante, no así en el sistema de organopónico, donde resultó ser la matriz circundante el microambiente con mayor diversidad de grupos (*Fig. 5*). Estos resultados indican que los ambientes cultivados contribuyen a la diversidad de grupos funcionales, en tanto la matriz circundante constituye un fragmento del paisaje agrícola, que también ejerce una importante contribución ecológica, principalmente cuando constituyen ambientes poco perturbados que mejoran las condiciones que necesitan numerosos grupos taxonómicos, todo lo cual ha propiciado que en los últimos años,

a nivel internacional se les esté otorgando una mayor valorización a estos ambientes seminaturales [Jackson *et al.*, 2007; Vicente y Sarandón, 2013].

Al analizar la relación entre la complejidad del diseño y manejo de los sistemas de cultivos y la diversidad de grupos funcionales, se pudo apreciar que la mayor diversidad de grupos se registró en el sistema con mayor complejidad en su diseño y manejo (parcelas típicas), no así en los restantes sistemas de cultivos, donde el CDM fue menor, y con igual tendencia la diversidad de grupos funcionales fue menor (*Fig. 6*), lo que puede estar relacionado con la respuesta de estos grupos a las prácticas agronómicas que se realizan, principalmente en sistemas simplificados, pues como señalaran Usher *et al.* (2006) y Socarrás y Robaina (2011), estos organismos comúnmente poseen una alta sensibilidad a las perturbaciones agrícolas, como ocurre con la intensidad del manejo en los organopónicos y huertos intensivos, al ser sistemas dominados por especies de ciclo corto que generan mayor intervención por el agricultor.

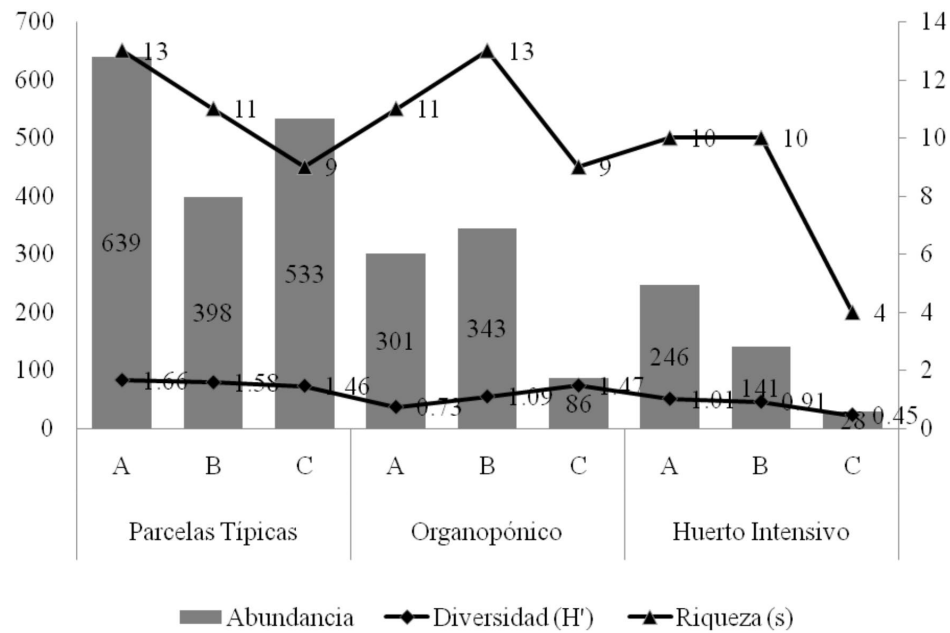


Figura 5. Abundancia, riqueza y diversidad de grupos funcionales en los sistemas de cultivos y microambientes (A, B y C).

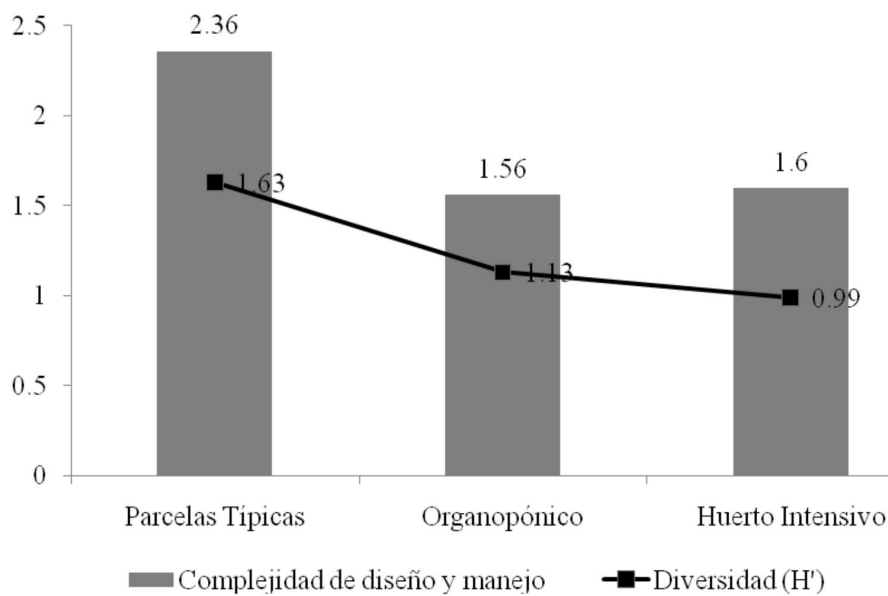


Figura 6. Relación entre la complejidad del diseño y manejo de los sistemas de cultivos y la diversidad de la fauna edáfica.

CONCLUSIONES

- Los grupos funcionales registrados en los tres sistemas de cultivos (parcelas típicas, organopónico y huerto intensivo) estuvieron representados por los Phylum: Artropoda, Mollusca, Annelida y Chordata, siendo los artrópodos los más abundantes con 1344 individuos.
- El sistema de cultivo (parcelas típicas) alcanzó la mayor complejidad de diseño y manejo (2,36), la

mayor diversidad de grupos funcionales (1,63) y los valores más altos de abundancia (1576 individuos). Asimismo, presentó la mayor riqueza de grupos que regulan poblaciones de organismos nocivos, de los cuales resultó más abundante la familia Formicidae.

- Los sistemas de cultivos con mayor grado de similitud respecto al diseño, manejo y fauna edáfica asociada fueron el organopónico y el huerto intensivo.

REFERENCIAS

- Alayón, G.: «Las arañas endémicas de Cuba (Arachnida: Araneae)», *Rev. Ibérica de Aracnología* 2: 1-48, 2000.
- Alonso, L. E. y D. Agosti: «Biodiversity studies, monitoring of ants: An Overview. Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity» Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 1-8., 2000.
- Altieri, M y C. I. Nicholls: «Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas», *Agroecología* 8 (1) 7-20, 2013.
- Balorani, G. M. F.; M. E. Marasas y S. J. Sarandón: «Abundancia y riqueza de la macrofauna edáfica (Coleoptera y Araneae) en invernáculos convencionales y en transición agroecológica», Resúmen de VI CBA e II CLAA, 2009.
- Brow, G. G.; M. J. Swift; D. E. Bennack; S. Bunning; A. Montañez y L. Brussaard: «Manejo de la biodiversidad del suelo en los ecosistemas agrícolas», *Manejo de la biodiversidad en los ecosistemas agrícolas*, pp. 234-282, Biodiversity International, 2006.
- Bueno, J. y P. Rojas: «Fauna de milpiés (Arthropoda: Diplopoda) edáficos de una selva alta de los tuxtlas», Ver., México, *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 76: 59-83, 1999.
- Cabrera, G.: «La macrofauna del suelo en sistemas agroecológicos en Cuba», *Brenesia* 67:45, 2007.
- Cabrera, G.: «La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba», *Pastos y Forrajes*, vol. 35, no. 4, octubre-diciembre, 349-364, 2012.
- Casanoves, F.; Laura Plá y Julio A. Di Rienzo: *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos*. Ed. Turrialba, Costarrica, CATIE, 2011.
- Chant, D. A.; J. A. McMurtry: «Illustrated key and diagnoses for the genera and subgenera of *Phytoseiidae* of the world (Acari: Mesostigmata)», Library of Congress. First Printing: January, 2007. First Part, Pub. Indira Publishing House, EE. UU. Disponible en www.indirapublishinghouse.net. (consultado: 20 de marzo de 2008).
- Chung, K.: «Biodiversity, conservation and inventory: why insects matter», *Biodiversity and Conservation* 2, 191-214, 1993.
- Cupul-Magaña, F. G.: «La diversidad de los ciempiés (Chilopoda) de México», *Dugesiana* 20(1): 17-41, agosto, 2013.
- Díaz, L. M. y A. Cádiz: «Guía taxonómica de los anfibios de Cuba», *Abc Taxa*, vol. 4: i-vi, 294, pp. 2006.
- Díaz, M.: «Fauna colembológica de Cuba (Hexápoda: Collembola)», Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de La Habana, Facultad de Biología, La Habana, 1999.
- Espinosa, J.; Jesús Ortega; J. A. Larramendi: *Moluscos terrestres de Cuba. A manera de presentación*. Impreso por UCP Print, Vasa, Finlandia, 2009.
- Fernández, C. E. y R. Muschler: «Aspectos de sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central», *Desafíos de la caficultura en Centro América*, IICA-PROMECAFE-CIRAD, San José, Costa Rica, 1999.
- Fernández, F.; M. Ospina: «Sinopsis de las hormigas de la región neotropical», *Introducción a las hormigas de la región neotropical*, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Colombia, 2003.
- Gliessman, S. R.: *Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sustentable*, 2.ª ed., Editora da Universidade (Universidade Federal da Rio Grande do Sul), 2000.
- González, V.; M. Díaz y D. Prieto: «Influencia de la cobertura vegetal sobre las comunidades de la mesofauna edáfica en parcelas experimentales de caña de azúcar», *Rev. Biología*. 17 (1):18, 2003.
- Hoffmann, A.: «El maravilloso mundo de los arácnidos», *La ciencia para todos*, 1999.
- Jackson, L. E.; Pascual U. Hodgkin: «Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes», *Agriculture. Ecosystems Environment*, In Press, 2007.
- Krantz, G. W.; D. E. Walter: *A Manual of Acarology*, 3rd ed., Texas, Tech University Press, 2009.
- Labrador, J.: «El suelo como producto de la cooperación entre lo físico y lo orgánico. Sembrando en tierra viva», *Manual de Agroecología*, La Habana, 2015.
- Mariño, E. P.: «Fósiles vivos: cucarachas», CONABIO, *Biodiversidad*, 97:6-9, 2011.
- Matamoros, M.: «Manejo agroecológico de moluscos», *Manual para la adopción del manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura suburbana*, 2011.
- Matienzo, Y.; M. Veitia y G. Alayón: «Composición y riqueza de insectos y arañas asociados a plantas florecidas en sistemas agrícolas urbanos», *Fitosanidad* vol. 15, no. 1, marzo, 2011.
- Matienzo, Y.; L. L. Vázquez; J. Simonetti y M. M. Veitia: «Manejo del hábitat para la conservación de reguladores naturales: Experiencia cubana en agricultura urbana», *Revista InterNos*, edición 20, enero 2015.
- Matienzo, Y.: «Prácticas agroecológicas para la conservación y el manejo de enemigos naturales de plagas agrícolas en la finca», *Manejo agroecológico de plagas en la agricultura suburbana*, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, La Habana, 2011.
- Milán, O.: «Los coccinélidos benéficos en Cuba. Historia y actividad entomofaga», *Fitosanidad* vol. 14, no. 2, junio 2010.
- Moraes, G. I.; I. A. McMurtry; H. A. Denmark & C. B. Campos: «A Revised Catalog of the Mite Family Phytoseiidae», *Zootaxa* 434: 1-494, 2004.
- Palacios-Vargas, J. G. y A. García-Gómez: «Biodiversidad de Diplura (Hexapoda: Entognatha) en México», *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S236-S242, 2014.
- Peck, S. B.: «A checklist of beetles of Cuba with data on distributions and bionomics (Insecta: Coleoptera)», *Arthropods of Florida and Neighboring Land Areas*, Volume 18. Department of Biology Carleton University, Ottawa, Canadá, 2005.
- Pérez, E.; E. Paredes; Lérica Almaguel; L. L. Vázquez; Marlene Veitia; E. Botta; Marleny González; Yamilka Pérez; R. Hernández; R. García y M. Matamoros: *Metodologías de pruebas biológicas para la determinación de organismos nocivos y residuos fitotóxicos en suelo, sustrato y materia orgánica*, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, 2008.
- Pérez, F. J.; F. M. Sola: «Divers.exe: programa para el cálculo de los índices de diversidad» [programa informático en línea], <http://perso.wanadoo.es/jp-l/descargas.htm>. 1993 (consulta: 14-2-2003).
- Perfecto, I. J. Vandermeer, S. M. Philpott: «Complejidad ecológica y el control de plagas en un cafetal orgánico: develando un servicio ecosistémico autónomo», *Agroecología* 5: 41-51, 2010.

- Prieto, D. y E. Estrada-Venegas: *Los ácaros en el agroecosistema edáfico. Fauna del suelo II. Micro, meso y macrofauna*, Sociedad Mexicana de Entomología, 2013.
- Rendón, S. P.; F. Artunduaga y R. Ramírez: «Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivos de mora, pasto y aguacate», *Rev. Fac. Nal. Agr.*, Medellín 64 (1): 5793-5802, 2011.
- Socarrás, A. A. y M. Rodríguez: «Evaluación de la mesofauna del suelo en áreas rehabilitadas con casuarina y marañón de la zona minera de Moa», *Centro Agrícola*, 34 (2): 69-74, abril-junio, 2007.
- Socarrás, A y N. Robaina: «Mesofauna edáfica en diferentes usos de la tierra en la Llanura Roja de Mayabeque y Artemisa, Cuba», *Pastos y Forrajes*, vol. 34, no. 3, julio-septiembre, 347-358, 2011.
- Socarrás, A.: «Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo», *Pastos y Forrajes*, vol. 36, no.1, Matanzas, ene.-mar., 2013.
- Stork, M. E. & P. Eggleton: «Invertebrates as determinants and indicators of soil quality», *American Journal of Alternative Agriculture* 7:35, 1992.
- Usher, M. B. *et al.*: «Understanding biological diversity in soil: the UK's Soil biodiversity research programme», *Appl. Soil Ecol.* 33:101, 2006.
- Vázquez, L. L.; E. Fernández: *Bases para el manejo agroecológico de plagas en sistemas agrarios urbanos*, Ed. Cidisav, La Habana, 2007.
- Vázquez, L. L.; Y. Matienzo; M. Veitía y J. Alfonso: *Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba*, INISAV, La Habana, 2008.
- Vázquez, L. L.: «Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia», *Agroecología* 8 (1): 33-42, 2013.
- Vicente, L. y S. Sarandón: «Conocimiento y valorización de la vegetación espontánea por agricultores hortícolas de La Plata, Argentina. Su importancia para la conservación de la agrobiodiversidad», *Revista Brasileira de Agroecología* 8 (3): 57-71, 2013.
- Zaldívar, N.; D. Benítez; B. Pérez; Y. Fernández; Y. Montecelos y L. Licea: «Efecto de la vegetación sobre la biodiversidad de macroinvertebrados del suelo en ecosistemas ganaderos», *Revista electrónica Granma Ciencia*, vol. 13, enero-abril, 2009.