

Impacto de una rotación con maíz (*Zea mays*) sobre la mesofauna en un sistema de alternancia tabaco (*Nicotiana tabacum*) - crotalaria (*Crotalaria juncea*) en Cabaiguán, Cuba.

Corn (*Zea mays*) rotation impact on mesofauna in an alternation system tobacco (*Nicotiana tabacum*) - crotalaria (*Crotalaria juncea*) in Cabaiguán, Cuba.

Leonardo Hurtado Luna¹, Blas Pérez Silva² y Yariel Veloso Herranz¹

1.- Estación Experimental del Tabaco Cabaiguán. Sancti Spiritus, Cuba
biologo@eetcab.co.cu; adiestradoII@eetcab.co.cu

2.- Agencia MA-ANAV. Empresa GEOCUBA Villa Clara - Sancti Spiritus. Cuba
blas@ssp.geocuba.cu

Fecha de recepción: 24 de noviembre de 2015 Fecha de aceptación: 16 de febrero de 2016

RESUMEN. Las tramas alimentarias del suelo convierten la materia orgánica en nutrientes solubles disponibles para las plantas, y retornan el dióxido de carbono a la atmósfera. Con el presente estudio se definió el impacto de una rotación con maíz, sobre los principales índices ecológicos de las poblaciones de la mesofauna del suelo, y en el índice de calidad biológica del suelo en un sistema de alternancia de cultivos tabaco-crotalaria preestablecido por cinco años sobre suelo Pardo Sialítico Carbonatado en un área de la Estación Experimental del Tabaco Cabaiguán. Las extracciones de los componentes de la mesofauna se realizaron mediante embudos Berlesse. Se calcularon diferentes índices ecológicos de las comunidades de microartrópodos presentes en el área y se compararon con las de una parcela definida dentro de una arboleda próxima al área de estudio. El empleo de una rotación con maíz para cosechar seco no afectó sensiblemente el valor de la diversidad biológica ni del resto de los índices de diversidad calculados para la parcela de cultivo aunque redujo el valor del Índice de Calidad Biológica del Suelo y la Clase de Calidad del Suelo en comparación con los valores alcanzados en la campaña precedente.

Palabras claves: tabaco, maíz, mesofauna edáfica, agroecología.

ABSTRACT. Soil alimentary webs convert the organic matter into soluble nutrients available for the plants, and return the carbon dioxide to the atmosphere. With the present study it was pursued to define the impact of a rotation with corn, on the main ecological indexes of the soil mesofauna populations, and also on the index of soil biological quality in a system of alternation of cultivations tobacco-crotalaria preset for five years on Brown Sialitic Carbonated soil in a defined area of The Experimental Tobacco Station Cabaiguán. The extractions of the mesofauna components were carried out by means of Berlesse funnels. Different ecological indexes of the communities of present microarthropods were calculated in the area and were compared with those of a defined parcel inside a grove near to the study area. The employment of a rotation with corn to harvest dry didn't affect the value of the biological diversity neither of the rest of the diversity indexes calculated for the cultivation

parcel although it reduced the value of the Soil Biological Quality Index and the Soil Quality Class in comparison with the values reached in the precedent campaign.

Key words: tobacco, corn, edaphic mesofauna, agroecology.

INTRODUCCIÓN

La agroecología dispone de estrategias de base técnico científicas para el desarrollo rural sustentable. (Guedes & Vasconcelos, 2011). La agricultura sostenible es vital en el mundo de hoy al ofrecer el potencial para enfrentar nuestras necesidades agrícolas, algo en lo que la agricultura convencional ha fallado. (Sing *et al.*, 2011). A través de las últimas décadas, el uso consciente de los recursos y de métodos de producción amigables con el ambiente y la salud se han convertido en objetivos cruciales para alcanzar la meta de una producción vegetal sostenible. (Lutken *et al.*, 2012)

El reconocimiento creciente de los problemas derivados de la degradación del suelo, contribuyó a identificar a la investigación de la fauna del suelo como una prioridad focal en la medición de su calidad. Por lo tanto, las zoocenosis del suelo han sido reconocidas como descriptores importantes de la calidad ambiental.

Los ecólogos se han convencido, cada vez más, de que la actividad biológica del suelo, está influenciada no solo por los microorganismos del suelo, sino también por la micro y mesofauna que en ellos se encuentra (Parfita *et al.*, 2005). La descomposición de la materia orgánica (MO) por los organismos del suelo es crucial para el funcionamiento del ecosistema. Las tramas alimentarias del suelo convierten la MO en nutrientes solubles disponibles para las plantas, y retornan el dióxido de carbono a la atmósfera. (Ardhini *et al.*, 2009).

Las leguminosas, en rotaciones o como abono verde, son de gran utilidad para controlar la erosión del suelo y mantener su materia orgánica. Durante décadas, la siembra intercalada de cultivos de cobertura de leguminosas, dentro de cultivos de granos pequeños, ha sido una práctica agrícola estandarizada durante la primavera. Esta práctica constituye una forma eficiente y de bajo costo para establecer la rotación. (Altieri *et al.*, 2011).

El manejo de los suelos tabacaleros ha obviado el uso de conservación asociado a la rotación de cultivos, por lo que se recomiendan las asociaciones de maíz con leguminosas, entre ellas el frijol de terciopelo, cannalia y crotalaria (IIT, 2012).

El presente estudio pretende definir el impacto de una rotación con maíz, sobre los principales índices ecológicos de las poblaciones de la mesofauna del suelo, y en el índice de calidad biológica del suelo en un sistema de alternancia de cultivos tabaco–crotalaria, el cual se hallaba establecido por cinco años.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área bajo estudio fue una pequeña parcela de 1 350 m², que había perdido sus condiciones como sustrato agrícola por la aplicación continua de malas prácticas, y que fuera recuperada de la erosión después de la aplicación de repetidas rotaciones con crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), empleada como abono verde, en el período intercosechas, durante cinco años; la misma se encuentra ubicada sobre suelo Pardo Sialítico Carbonatado (Hernández *et al*, 1999), en la Estación Experimental del Tabaco Cabaiguán, provincia Sancti Spiritus, Cuba. Para el período evaluado, campaña tabacalera 2010-2011, se introdujo maíz (*Zea mays* L.) para cosechar seco en asociación con crotalaria a razón de dos surcos de la gramínea por uno de la leguminosa, sembrados después de la incorporación de los residuos de la cosecha tabacalera anterior. La crotalaria se cortó a 30 cm del suelo, cuando alcanzó la floración y se distribuyó entre los surcos la masa verde producida. Al alcanzar el rebrote la segunda floración, se incorporó la planta completa al suelo junto con restos de tallos y hojas de maíz como parte de las labores de acondicionamiento del suelo para la siguiente campaña de cultivo de tabaco. A 15 m de la parcela en estudio se delimitó una segunda parcela, dentro de una arboleda de más de 60 años de establecida, que sirvió como área de referencia (control) para la observación de las poblaciones de la mesofauna que debieron existir en este tipo de suelo antes de su explotación agrícola, Las especies de árboles del estrato superior eran Algarrobo (*Samanea saman* (Jacq.) Merr.), Leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit subsp. *leucocephala*) y Guayaba (*Psidium guajava* L.) fundamentalmente, con Plátano (*Musa paradisiaca* L.) y Café (*Coffea arabica* L.) en los estratos inferiores, con un abundante aporte de hojarasca y otros detritos al suelo de la misma.

Para el muestreo de la mesofauna se procedió según (Parisi, 2001). Debido a lo complejo de la taxonomía de estos grupos, los especímenes capturados fueron determinados hasta el nivel

de clase, orden y para algunos casos hasta familias, auxiliados del Catalogue of Life (Roskov *et al.*, 2013).

Para el estudio de la diversidad ecológica de las poblaciones de artrópodos de la mesofauna presentes en ambas parcelas, se empleó el programa BIO-DAP (Parks Canada and Fundy National Park). Otros índices ecológicos analizados fueron diversidad de Shannon Weiner (H'), dominancia (D) y, similitud (Jaccard para datos cualitativos C_J.)

Se calculó también el Índice de Calidad Biológica del Suelo (IQBS por su Sigla en Inglés) y se evaluó la clase de calidad del suelo (CCS) según los criterios de Parisi (2001). Los índices obtenidos en la campaña 2010-2011 se compararon con los registrados para el área hasta la campaña precedente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **tabla 1**, se muestran los resultados de las capturas de artrópodos de la mesofauna, en ambas parcelas de estudio. El número de individuos por taxa (N) fue superior en la parcela dentro de la arboleda (53) lo cual pudo deberse a la existencia de condiciones ambientales más adecuadas para el desarrollo de estos grupos.

Tabla 1. Grupos de artrópodos de la mesofauna capturados durante la campaña tabacalera 2010-2011, en ambas parcelas del área de estudio en la Estación Experimental del Tabaco Cabaiguán.

Grupos	Área de Cultivo	Arboleda
Acari	11	22
Collembola	4	6
Formicidae	2	4
Coleoptera	1	4
Protura	1	3
Diptera	2	3
Aranea	0	2

Paupoda	0	1
Hemiptera	0	1
Dermaptera	0	1
Blataria	0	1
Chilopoda	0	1
Pseudoscorpiones	0	1
Psocoptera	0	1
Isopoda	1	1
Diplopoda	0	1
N	22	53
S	7	16

*N número de familias, S número de subclases

En las dos parcelas estudiadas la subclase Acari, fue el grupo dominante, entre todos los grupos capturados, aportando no solo la mayor riqueza de familias sino también el mayor número de individuos entre todos los grupos registrados en ambas parcelas. El índice de dominancia D (McIntosh) fue similar para los dos sitios con un ligero incremento dentro de la arboleda (0.631) con respecto a la parcela dentro del área de cultivo (0.568). El orden Collembola, fue el segundo grupo con mayor riqueza de familias y dominancia, aunque sus poblaciones mantuvieron una mejor equitatividad con el resto de los grupos presentes en el suelo estudiado.

Para Arroyo *et al.* (2003) también Acari (con excepción de oribátidos) fue el grupo de artrópodos con mayor abundancia en las parcelas, con gran diferencia sobre el segundo grupo más abundante (colémbolos) en cada una de las estaciones de muestreo establecidas en ambas áreas. Los colémbolos (Insecta, Apterygota, Collembola) son abundantes en las parcelas con abono verde, pues este favorece mayor presencia de materia orgánica en descomposición, en los primeros centímetros del medio edáfico, que estimula la proliferación de la microflora, la cual, constituye la dieta habitual de la mayoría de especies de este grupo.

En la **tabla 2** se observa que la diversidad de la taxocenosis en la parcela dentro de la arboleda es superior a la del área de cultivo. Según (Magurran, 1988), este índice suele recaer entre 1.5 y 3.5 solo muy raramente; en sistemas muy entrópicos sobrepasa 4.5, por lo que,

aunque la prueba de t para detectar la significación de las diferencias entre los dos valores, mostró diferencias significativas entre la diversidad de ambas parcelas ($t=2.517$) se puede asegurar que se mantuvo un valor adecuado para este índice.

El valor aceptable del Índice de Diversidad en el área de cultivo, a pesar de los posibles cambios ambientales que supone la introducción del cultivo de maíz, se puede atribuir a la consolidación de la estabilidad de las poblaciones de artrópodos alcanzada durante cuatro campañas tabacaleras consecutivas, en las que se alternó el cultivo de tabaco solamente con el de crotalaria, (Hurtado *et al.*, 2011) observándose un incremento progresivo de los valores de estos índices en el área de cultivo hasta hacerse muy similares a los registrados en la parcela de bosque. Las mejoras al suelo elevan las tasas de actividad biológica y la biomasa del suelo (Santos *et al.*, 2011).

El valor del índice de equitatividad de Pielou (E) tuvo un comportamiento similar en las dos parcelas muestreadas, lo cual indica similitud entre las poblaciones de artrópodos de la mesofauna de ambas.

Tabla 2. Índice de diversidad de Shannon (H') Equitatividad (E) para las poblaciones de ambas parcelas

Índices	Á de Cultivo	Arboleda
H'	1.51	2.12
E	0.78	0.77
Var H'	0.03439	0.02447

Por su parte Domínguez-Gento *et al.* (2005) afirman que la biodiversidad de la fauna del suelo, en los sistemas agrícolas, puede utilizarse como indicación de la situación de un agroecosistema, y tiene importancia por el control que puede realizar sobre la fauna fitoparasitaria, ya que una parte de la fauna útil de los cultivos está presente en el suelo.

Al comparar las poblaciones de artrópodos, de la mesofauna, entre la arboleda y el área de cultivo, mediante el índice de Jaccard, este mostró una similitud de 43.8% lo cual parece indicar que a pesar de realizar un uso diferente del suelo en ambas parcelas, puede existir reemplazo de poblaciones de algunas de los taxones registrados, debido quizás, al aporte de

masa verde logrado fundamentalmente con la doble incorporación de la crotalaria, que mantuvo un adecuado contenido de MO en el suelo (Villalón *et al.*, 2011), de la cual dependen las poblaciones de los principales taxones indicadores de buena calidad biológica del suelo presentes en las parcelas en estudio, en particular ácaros, colémbolos, coleópteros y proturos entre otros. La MO es fundamental para la fauna edáfica, y que los índices de biodiversidad están relacionados con el contenido de esta presente en el suelo. La diversidad biológica presente en un suelo agrícola es un indicador importante de su salud y funcionalidad como sustrato para la producción agrícola. (Domínguez-Gento *et al.* 2005)

La distribución geográfica de la mayoría de las plantas y animales nativos de los paisajes tropicales y subtropicales presenta un patrón irregular, independientemente de la influencia humana, por lo que no debe tomarse una sola especie o grupo como indicadores de salud del resto de la biota o de la integración ecológica del paisaje. Está bien reconocido que las abundancias altamente variables de microartrópodos, en las muestras de suelo, son dependientes de ciertas variables locales y necesitan estudios estadísticos para ser correctamente evaluadas. Por el contrario, la estructura de la biocenosis es menos fluctuante y puede usarse más fácilmente para medir la degradación del suelo o su nivel de maduración (Parisi, 2001), aunque existe la necesidad de usar también el monitoreo biológico para medir correctamente la degradación del suelo y los riesgos asociados. El IQBS es considerado una herramienta favorable en los campos de Medición del Riesgo Ecológico, Estudios de Impacto Ambiental, Monitoreo de los Procesos de Remediación en Sitios Contaminados, así como en las primeras señales de Evaluación de Degradación del Suelo (Parisi, 2001). El cálculo de IQBS y de las CCS para ambas parcelas, basados en la presencia de artrópodos de la mesofauna aparecen en la **tabla 3**. Tanto el IQBS como la CCS resultaron superiores en la parcela delimitada dentro de la arboleda, debido a que el menor grado de antropización de la misma permite la presencia de una comunidad de artrópodos de la mesofauna más diversa y compleja, con la presencia de taxones con índices ecomorfológicos (EMIs) más elevados, y por tanto, con mayor grado de adaptación a este tipo de ecosistema indicando la calidad de mismo.

Tabla 3. Índices de Calidad Biológica del Suelo (IQBS) y Clases de Calidad del Suelo (CCS) en cada parcela.

	Grupos	EMIs	IQBS	CCS
Área de cultivo	Formicidae	5	100	4
	Collembola	20		
	Acari	20		
	Protura	20		
	Coleoptera	15		
	Isopoda	10		
	Diptera (larva)	10		
Arboleda	Isopoda	5	187	5
	Aracnae	5		
	Diptera (larva)	10		
	Collembola	20		
	Protura	20		
	Diplopoda	10		
	Pauropoda	20		
	Chilopoda	10		
	Formicidae	5		
	Acari	20		
	Coleoptera	15		
	Psocoptera	1		
	Hemiptera	1		
	Blataria	5		
	Coleoptera	15		
Seudoescorpión	20			

La maximización de los rendimientos de los cultivos es el principal objetivo de toda estrategia de manejo agrícola. En la **tabla 4** se comparan los resultados de los diferentes índices ecológicos y de calidad del suelo, registrados en ambas parcelas de estudio hasta la campaña tabacalera 2009-2010 y los registrados en la campaña 2010-2011, durante la cual se introdujo la variante de maíz para cosechar seco. Estudios anteriores realizados en estas mismas

parcelas durante las cinco campañas precedentes mostraron incrementos de los diferentes índices analizados en años consecutivos de evaluación, consecuentes con la mejora orgánica con crotalaria como abono verde en el área de dicada al cultivo de tabaco (Hurtado, *et al.*, 2011). Las exportaciones de la biomasa realizadas al cosechar el maíz seco, pudieron alterar, en cierta medida, el ciclo de nutrientes requeridos por las poblaciones componentes de la mesofauna del área, influyendo de forma negativa sobre el comportamiento de los índices ecológicos de las comunidades de artrópodos de la mesofauna reflejándose en registros inferiores de estos índices después de la cosecha de maíz. Aun así, no pareció afectar apreciablemente la calidad biológica del suelo en la misma, en comparación con la alcanzada hasta la campaña previa al estudio (2009-2010).

Singh & Ghoshal, (2010) aseguran que una gran porción de la productividad biológica total es cosechada de los agroecosistemas dejando detrás los rastrojos y raíces de los cultivos y yerbas. Estas partes de las plantas y cultivos, generalmente no calculadas, pueden jugar un rol principal en la disponibilidad de nutrientes para las cosechas siguientes y en la regulación de la dinámica de la materia orgánica del suelo.

Tabla 4. Comparación del comportamiento de los diferentes índices después de la introducción del cultivo de maíz para cosechar seco en el área de cultivo.

Campaña	H'	E	Similitud	IQBS	CCS
2009-2010	1.62	0.97	0.714	122	5
2010-2011	1.51	0.78	0.438	100	4

Una práctica común entre los productores tabacaleros consiste en sembrar maíz después de la cosecha del tabaco, no fertilizar el maíz; hecho así puede resultar una práctica esquilante para el suelo, ya que se pierden muchos nutrientes por hectárea bajo este sistema, por lo que se insiste en la combinación de este cultivo con cultivos de cobertura, preferiblemente leguminosas. (IIT, 2012). En la mayoría de los sistemas de rotación lo más importante es la conservación del suelo, la rotación con cultivos de cobertura es muy recomendada siendo los efectos físicos químicos y biológicos de las coberturas siempre favorables. (Vázquez, 2010).

La evaluación de la calidad del suelo, es una tarea compleja donde intervienen múltiples factores, principalmente el tipo de suelo, su uso, y la inclusión de variables físicas, químicas y biológicas. Los organismos edáficos presentan alta sensibilidad a los cambios producidos por las prácticas de manejo agrícola. Estas afectan la dinámica y la composición de las comunidades de organismos del suelo y su distribución, así como los procesos asociados con la descomposición de la materia orgánica y el ciclado de los nutrientes en este ecosistema tan complejo. (Barrios, 2007; Bastida *et al.*, 2008).

Ardhini *et al.* (2009) sugieren que los dos factores que más parecen influenciar en las comunidades del suelo son la disponibilidad de recursos nutricionales, dada principalmente por la composición química del tejido vegetal que se incorpora y la diversidad de microhábitats.

CONCLUSIONES

El empleo de una rotación con maíz para cosechar seco redujo los valores de los principales índices de diversidad calculados para las comunidades de artrópodos de la mesofauna presentes en la parcela de cultivo, al compararlos con los registrados en la campaña tabacalera precedente.

El cambio introducido por la rotación con maíz para cosechar seco afectó el desarrollo de las comunidades de artrópodos de la mesofauna en el área de cultivo, lo cual se reflejó en la reducción de los índices de Calidad Biológica del Suelo y Clase de Calidad del Suelo registrados en esta campaña tabacalera.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Altieri, M. A., M.F.Funes, P.Petersen, T.Tomic, & Ch.Medina. (2011). *Sistemas agrícolas ecológicamente eficientes para los pequeños agricultores*. Paper presented at the Foro Europeo de Desarrollo Rural Palencia. España.
- Ardhini, R., A.Maharning, & S.Mills. (2009). Soil community changes during secondary succession to naturalized grasslands *Adl. Applied Soil Ecology* (41), 137 – 147.
- Barrios, E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics* (64), 269-285.
- Bastida, F., Zsolnay, A., T.Hernández, & C.García. (2008). Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective. *Geoderma*(147), 159-171.

- Domínguez-Gento, A., Cenjor, R. L., Díaz, F. M., & Roselló-Oltra, J. (2005). Evaluación de microartrópodos en suelos de cítricos ecológicos y convencionales. posibilidades de uso como bioindicadores. from http://www.uib.es/catedra_iberamericana/
- Guedes, M., & Vasconcelos, J. C. d. (2011). Agroecología e gênero: perspectiva socioambiental no assentamento Mulunguzinho em Mossoró-RN. *Revista Verde*, 5(1), 66 - 76. Retrieved from <http://revista.gvaa.com.br>
- Hernández, A., M.J.Pérez, & D.Bosch. (1999). *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*: Instituto del Suelo.
- Hurtado, L., B.Pérez, G.Quintana, A.Núñez, Y.Rodríguez, & M.Seoane. (2011). Incremento del Índice de Calidad Biológica del Suelo (IQBS) y de las Clases de Calidad de Suelo (CCS) en un tabacal por el uso de Crotalaria como abono verde. *Memorias del Segundo Taller de Agricultura Sostenible "AGROSOST 2011"*.
- IIT. Instituto de Investigaciones del Tabaco. (2012) Instructivo Técnico para el cultivo del tabaco en Cuba. (pp. 98-115). Artemisa.
- Lu'tken, H., L.C.Jihong, & R.Mu'ller. (2012). Genetic engineering and sustainable production of ornamentals: current status and future directions. *Plant Cell Rep*(31), 1141–1157.
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. London: Croom Helm Limited.
- Parfitta, R. L., G.W.Yeatesa, D.J.Rossa, & A.D.Mackayb. (2005). Relationships between soil biota, nitrogen and phosphorus availability, and pasture growth under organic and conventional management. *Budding Applied Soil Ecology*(28), 1–13.
- Parisi, V. (2001). La qualità biologica del suolo. Un método basato sui microartropodi. *Acta Naturalia de L'Ateno Parmense*(37), 97-106.
- Roskov, Y., T.Kunze, L.Paglinawan, T.Orrell, D.Nicolson, A.Culham, et al. (2013). Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2013 Annual Checklist. DVD; *Species 2000: Reading*. UK.
- Santos, J. A., Nunes, L. A. P. L., Melo, W. J., & Araújo, A. S. F. (2011). Tannery sludge compost amendment rates on soil microbial biomass of two different soils. *European Journal of Soil Biology*(47), 146-151.
- Singh, J. S., V.Chandra, & Singh, D. P. (2011). Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems and Environment*(140), 339–353.
- Singh, P., & N.Ghoshal. (2010). Variation in total biological productivity and soil microbial biomass in rainfed agroecosystems: Impact of application of herbicide and soil amendments. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (137), 241–250.
- Vázquez, M. L. L. (2010). Manejo de plagas en la agricultura ecológica. *Boletín Fitosanitario*, 15(1).
- Villalón, A., M.García, V.A.Vila, & M.C.Cuan. (2011). Influencia de las secuencias de abonos verdes con tabaco, en las propiedades químicas de un suelo ferralítico rojo compactado. *Cuba Tabaco*, 12(2).