

Characterization of the edaphic mesofauna in five grassland agroecosystems of Granma province, Cuba

Caracterización de la mesofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales de la provincia de Granma, Cuba.

Licet Chávez Suárez¹, W. Estrada Prado¹, Yaquelín Labrada Hernández²,
Idalmis D. Rodríguez García³, Magalys Herrera Villafranca³ and Yolaine Medina Mesa³

¹*Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Carretera vía Manzanillo km 16 ½, Bayamo, Granma, Cuba*

²*Laboratorio provincial de Sanidad Vegetal, carretera Central, Bayamo, Granma, Cuba.*

³*Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba.*

Email: licet@dimitrov.cu

The edaphic mesofauna performs essential functions in the soil such as the recycling of nutrients and formation of its microstructure. The objective of this research was to characterize the edaphic mesofauna in five grassland agroecosystems of Granma province, Cuba. To this end, contrasting agroecosystems were selected in terms of soil type, grassland and productive purpose ("Estación de Pastos", "Ojo de agua", "El Triángulo", "El Progreso" and "Cupeycito"). The pitfall traps were used, with a 0.003 % detergent solution. The individuals were extracted and counted and placed in vials, with 70 % ethanol, for later identification. Individuals belonging to two classes, four orders, six families and seven genera were found. The Collembola order was the best represented with five genera. Only in the third sampling there was a significant influence of the season detected on some of the studied variables, specifically for each agroecosystem. The Shannon index showed values lower than 1.35; while the dominance indexes showed values close to or higher than 0.5 in most cases. It is concluded that the richness and abundance of the edaphic mesofauna in the studied grassland agroecosystems was low and very variable in both climatic periods. Individuals belonging to the trophic categories of predators and detritivores were found which showed a variable relative abundance, in each agroecosystem and sampling performed; except in the "Estación de Pastos" where there was a predominance of predators.

Key words: *acarí, collembolans, grasses, soils, pitfall traps*

There is currently a great interest in the scientific community on the selection and evaluation of soil quality bioindicators, due to concerns about the increasing degradation of the soil and the need for sustainable management of this resource (Lok 2016). In this sense Guidetti *et al.* (2017) suggested the use of the edaphic mesofauna as a bioindicator, for being sensitive to the type of soil management and changes in climate and vegetation. In addition to, it also recognizes its essential role in the decomposition of organic matter, the recycling of nutrients and its participation in the different trophic networks in the soil (Socarrás 2018).

According to Águila *et al.* (2016) in Cuba there are few researches that focus on the study of mesofauna and its relation with agricultural use and management.

La mesofauna edáfica realiza funciones esenciales en el suelo tales como el reciclaje de nutrientes y formación de su microestructura. El objetivo de la presente investigación fue caracterizar la mesofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales de la provincia de Granma, Cuba. Para ello se seleccionaron agroecosistemas contrastantes en cuanto a tipo de suelo, pastizales y propósito productivo ("Estación de Pastos", "Ojo de agua", "El Triángulo", "El Progreso" y "Cupeycito"). Se utilizaron las trampas de caída o "pitfall", con una solución de detergente al 0.003%. Se extrajeron y contaron los individuos y se colocaron en viales, con etanol al 70%, para su posterior identificación. Se encontraron individuos pertenecientes a dos clases, cuatro órdenes, seis familias y siete géneros. El orden Collembola fue el mejor representado con cinco géneros. Solo en el tercer muestreo se detectó influencia significativa de la época en algunas de las variables estudiadas, de forma específica para cada agroecosistema. El índice de Shannon exhibió valores inferiores a 1.35; mientras que los índices de dominancia mostraron valores cercanos o superiores a 0.5 en la mayoría de los casos. Se concluye que la riqueza y abundancia de la mesofauna edáfica en los agroecosistemas de pastizales estudiados fue baja y muy variable en ambos períodos climáticos. Se encontraron individuos pertenecientes a las categorías tróficas de depredadores y detritívoros, los cuales mostraron abundancia relativa variable, en cada agroecosistema y muestreo realizado; excepto en la "Estación de Pastos" donde existió predominio de los depredadores.

Palabras clave: *ácaros, colémbolos, pastos, suelos, trampas de caída*

Actualmente existe en la comunidad científica gran interés sobre la selección y evaluación de bioindicadores de calidad del suelo, debido a las preocupaciones por la degradación creciente del mismo y la necesidad de una gestión sostenible de dicho recurso (Loks 2016). En este sentido Guidetti *et al.* (2017) sugirieron la utilización de la mesofauna edáfica como bioindicador, por ser sensible al tipo de manejo del suelo y a los cambios en el clima y la vegetación. Unido a lo anterior, se reconoce además su papel imprescindible en la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y su participación en las diferentes redes tróficas en el suelo (Socarrás 2018).

Según Águila *et al.* (2016) en Cuba hay pocas investigaciones que enfocan el estudio de la mesofauna y su relación con el uso y manejo agrícola. En este sentido, los principales trabajos realizados en pastizales se han

In this sense, the main studies carried out in grasslands have been developed in the western region of the country (Rodríguez *et al.* 2011, Socarrás and Izquierdo 2016 and Socarrás 2018). However, there are no references to this type of study in the eastern region of Cuba. That is why the objective of this research was to characterize the edaphic mesofauna in five grassland agroecosystems of Granma province, Cuba.

Materials and Methods

Location. The research was conducted from July 2014 to March 2017, in different locations from Granma province, located in the southwest portion of the eastern region of Cuba, at coordinates 20°23'00"N 76°39'09"O. Five grassland agroecosystems with contrasting characteristics were selected for the study (table 1). Soil classification was carried out according to Hernández *et al.* (2015) and the Soil Taxonomy (2003).

desarrollado en la región occidental del país (Rodríguez *et al.* 2011, Socarrás e Izquierdo 2016 y Socarrás 2018). Sin embargo, no se cuenta con referencias de este tipo de estudio en la región oriental de Cuba. Es por ello que el objetivo de la presente investigación fue caracterizar la mesofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales de la provincia Granma, Cuba.

Materiales y Métodos

Localización. La investigación se realizó desde julio de 2014 hasta marzo de 2017, en diferentes localidades de la provincia Granma, ubicada en la porción suroeste de la región oriental de la isla de Cuba, en las coordenadas 20°23'00"N 76°39'09"O. Para el estudio se seleccionaron cinco agroecosistemas de pastizales con características contrastantes (tabla 1). La clasificación del suelo se realizó de acuerdo con Hernández *et al.* (2015) y la Soil Taxonomy (2003).

Table 1. Characterization of the studied agroecosystems

Agroecosystem	El Triángulo and El Progreso	Cupeycito	Ojo de agua	Estación de Pastos
Municipality	Bayamo	Jiguaní	Guisa	Bayamo
Affiliation	UBPC "Francisco Suárez Soa"	Empresa Genética "Manuel Fajardo"	Finca de Rafael Almaguer, CCS "Braulio Coroneaux"	IIA "Jorge Dimitrov"
Purpose	Milk production	Rearing	Bull fattening	Bull fattening
Type of soil	Vertisol (Typic Haplustert)	Calcic brown (Calcisol háplico)	Calcic Brown (Calcisol háplico)	Differentiated fluvisol (Fluvisol eutric)
Type of grasses	Bluestem (<i>Dichantium caricosum</i> L. A. Camus) and star grass (<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst.)	Guinea grass (<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.))	Bluestem	Silvopastoral system of guinea grass and <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)
General conditions	Totally deforested grazing area, without paddocks, becomes flooded in the rainy season	Good shade level and grazing paddock, high stoniness	Good shade level, without paddocks, relief with slope. Susceptibility to erosion.	Good shade level and grazing paddock, intense drought are

UBPC: Unidad básica de producción cooperativa; UEB: Unidad estatal básica y CCS: Cooperativas de créditos y servicios.

Climatic conditions. In general it is characterized by having a warm tropical climate like the rest of the country. Some peculiarities of the local climate are associated with its high temperature, the annual average is from the order of 25 to 27 °C, very accentuated during the summer and especially in July with 27 to 28 °C. In general, both the annual and monthly average accumulation of precipitation, performed superior than the historical accumulations of the last five years, except in the months of June and July where the accumulated were lower.

Experimental procedure. In each agroecosystem the representative sampling areas were selected, according to the total area dedicated to grazing. In "El Triángulo" and "El Progreso" a paddock of two hectares was selected in each one, in "Cupeycito" of 1.8 ha, in "Ojo

Condiciones climáticas. En general, se caracteriza por tener clima cálido tropical como el resto del país. Algunas peculiaridades del clima local están asociadas con su elevada temperatura, el promedio anual es del orden de los 25 a 27 °C, muy acentuadas durante el verano y especialmente en el mes de julio con 27 a 28 °C. En sentido general, tanto el acumulado promedio anual como mensual de precipitaciones, se comportaron de forma superior a los acumulados históricos de los últimos cinco años, excepto en los meses de junio y julio donde los acumulados fueron menores.

Procedimiento experimental. En cada agroecosistema se seleccionaron las áreas de muestreo representativas, de acuerdo con el área total dedicada al pastoreo. En "El Triángulo" y "El Progreso" se seleccionó en cada una, un potrero de 2.0 ha, en "Cupeycito" de 1,8 ha, en "Ojo

de agua" of 1.2 ha and in "Estación de Pastos" 0.8 ha. The sampling was carried out once in the rainy season (RS) (July to September) and once in the dry season (DS) (January-March). For the characterization of the variables under study and the statistical analysis, three years were defined: year 1 (RS-2014 and DS-2015), year 2 (RS-2015 and DS-2016) and year 3 (RS-2016 and DS-2017).

Nine pitfall traps (Greenlade 1964) were placed in the study area, arranged in the diagonals, in a cross, with a trap in the center of it. Plastic containers of 10 cm in diameter and 8 cm deep were used, these were buried at soil level, with the least possible disturbance in the surrounding area. Once buried, a 0.003 % aqueous detergent solution was added, prepared with commercial liquid detergent from LABIOFAM, and covered with dry leaves and plant wastes from each grassland. After 7 days, the content of the traps were collected in glass bottles and immediately transferred to the laboratory. The individuals were extracted and counted and placed in vials with 70 % ethanol, for later identification. The classification was carried out according to the studies of Brusca and Brusca (2003) and Díaz *et al.* (2004), among others. The variables studied were: number and richness of collembolans and acari.

The ecological indexes of Shannon-Wiener (H'), dominance of Simpson (λ) and Berger-Parker (d) (Moreno 2001) were calculated. The proportional abundance of trophic groups was also calculated, taking into account the number of individuals that belonged to each group, with respect to the total.

Statistical analysis. The non-parametric variance analysis was performed by the Wilcoxon (Mann-Whitney U) (Lehmann 1975) method for independent samples based on the ranges of the original observations, where the variables between the RS and DS of each year previously defined were compared. The Conover (1999) test was applied for the comparison of average ranges.

Previously, the theoretical assumptions of the analysis of variance for the studied variables were verified, from the Shapiro and Wilk (1965) tests for the normality of errors and Levene (1960), for the variance homogeneity. As the variables analyzed did not fulfill with the theoretical assumptions of the ANAVA, the \sqrt{x} transformation was used. However, as this one did not improve the fulfillment with these assumptions, the non-parametric variance analysis was performed. The statistical package INFostat version 2012, prepared by Di Rienzo *et al.* (2012) was used.

Results and Discussion

In this study, individuals of the edaphic mesofauna belonging to two classes, four orders, six families, seven genera and five species were found (table 2). The Collembola order was the best represented with five genera.

de agua" de 1,2 ha y en la "Estación de Pastos" 0,8 ha. El muestreo se desarrolló un vez en el periodo lluvioso (RS) (julio a septiembre) y una vez en el periodo poco lluvioso (DS) (enero- marzo). Para la caracterización de las variables objeto de estudio y el análisis estadístico se definieron tres años: año 1 (RS-2014 y DS-2015), año 2 (RS-2015 y DS-2016) y año 3 (RS-2016 y DS-2017)

Se colocaron en el área de estudio nueve trampas "pitfall" (Greenlade 1964), dispuestas en las diagonales, en forma de cruz, con una trampa en el centro de la misma. Se utilizaron recipientes plásticos de 10 cm de diámetro y 8 cm de profundidad, estos se enterraron a ras del suelo, con el menor disturbio posible en el área circundante. Una vez enterradas se le añadió una solución acuosa detergente al 0.003%, preparada con detergente líquido comercial de LABIOFAM, y se taparon con hojas secas y restos vegetales propios de cada pastizal. A los 7 días se colectó el contenido de las trampas en frascos de cristal y se trasladaron de inmediato al laboratorio. Se extrajeron y contaron los individuos y se colocaron en viales con etanol al 70 %, para su posterior identificación. La clasificación se realizó según los trabajos de Brusca y Brusca (2003) y Díaz *et al.* (2004), entre otros. Se definieron como variables objeto de estudio: número y riqueza de colémbolos y ácaros.

Se calcularon los índices ecológicos de Shannon-Wiener (H'), de dominancia de Simpson (λ) y de Berger – Parker (d) (Moreno 2001). También se calculó la abundancia proporcional de los grupos tróficos, teniendo en cuenta el número de individuos que pertenecían a cada grupo, con respecto al total.

Análisis estadístico. Se realizó el análisis de varianza no paramétrico por el método de Wilcoxon (Mann-Whitney U) (Lehmann 1975) para muestras independientes basadas en los rangos de las observaciones originales, donde se compararon las variables entre el RP y DP de cada año definido anteriormente. Se aplicó la dócima de Conover (1999) para la comparación de los rangos medios.

Previamente se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza para las variables estudiadas, a partir de las dócimas de Shapiro y Wilk (1965) para la normalidad de los errores y Levene (1960), para la homogeneidad de varianza. Como las variables analizadas no cumplieron con los supuestos teóricos del ANAVA, se empleó la transformación \sqrt{x} . Sin embargo, como esta no mejoró el cumplimiento de dichos supuestos, se realizó el análisis de varianza no paramétrico. Se empleó el paquete estadístico INFostat versión 2012, elaborado por Di Rienzo *et al.* (2012).

Resultados y Discusión

En el presente estudio se encontraron individuos de la mesofauna edáfica pertenecientes a dos clases, cuatro órdenes, seis familias, siete géneros y cinco especies (tabla 2). El orden Collembola fue el mejor representado con cinco géneros.

Table 2 Taxonomic and functional composition of the edaphic mesofauna in five grassland agroecosystems of Granma province

Class	Order	Family	Gender	Species	Trophic group
Chelicerata- Arachnida	Mesostigmata	Gamasidae			Predator
	Oribatida				Detritivore
		Perlohmaniidae	Perlohmannia	sp.	Detritivore
	Astigmata		Rhyzoglyphus	setosus (Manson)	Fungivore
Entognatha	Collembola	Entomobryidae	Entomobrya	laguna (Bacon)	Detritivore
				sp.	Detritivore
		Sminthuridae	Sminthurus		Detritivore
				viridis (Linnaeus)	Detritivore
		Isotomidae	Folsomia	sp.	Detritivore
			Pectenisetoma	sp.	Detritivore
			theodori (Gruia,)	Detritivore	
		Onychiuridae	Orthonychiurus	cunhai (1970)	Detritivore

Studies carried out in Cuba on grassland agroecosystems (Rodríguez *et al.* 2011 and Socarrás 2018) show a diversity of mesofauna similar to that of this research, although these researches were conducted in the western region of the country under different edaphoclimatic conditions.

On the other hand, Socarrás and Izquierdo (2016) in a study carried out in a grassland on a typical red Ferralitic soil, located in Artemisa, composed of *M. maximus*, *Cynodon nlemfuensis* and *Teramnus uncinatus*, reported the presence of acari belonging to Oribatida and Gamasidae as the most abundant, which coincides with the findings in this study. Similar results were obtained by Águila *et al.* (2016) in other agricultural agroecosystems on soft brown soils in Villa Clara province.

The oribatid acari have been pointed out as bioindicators in agricultural soils because they interact in the decomposition of organic matter in interaction with the microflora. In addition, they are sensitive to humidity, pH, agricultural practices performed by humans and the use of insecticides. The gamasines are recognized as predators and exercise control over nematode populations and other edaphic microarthropods (Socarrás 2018). These are related to disturbed soils that have unfavorable changes in the humidity regime.

The representation of Collembola order in these agroecosystems constitutes an indicator of their status. Collembolans have generally been used as bioindicators of soil quality and ecosystem management (Cuchta *et al.* 2019). The presence of the Entomobryidae and Isotomidae families in this study could be associated to the contribution made by animals with their excreta to the recycling of nutrients, since according to Socarrás and Rodríguez (2001) these families are associated with managed soils with agro-ecological alternatives from the use of different types of organic fertilizers.

Influence of the season on the richness and abundance of the edaphic mesofauna. It is recognized that the

Estudios realizados en Cuba en agroecosistemas de pastizales (Rodríguez *et al.* 2011 y Socarrás 2018) exponen diversidad de mesofauna similar a la de la presente investigación, pese a que estas investigaciones se realizaron en la región occidental del país en condiciones edafoclimáticas diferentes.

Por su parte, Socarrás e Izquierdo (2016) en un estudio realizado en un pastizal en suelo Ferralítico rojo típico, ubicado en Artemisa, compuesto por *M. maximus*, *Cynodon nlemfuensis* y *Teramnus uncinatus*, informaron la presencia de ácaros pertenecientes a Oribatida y Gamasidae como los más abundantes, lo que coincide con lo constatado en el presente estudio. Resultados similares obtuvieron Águila *et al.* (2016) en otros agroecosistemas agrícolas sobre suelos pardos mullidos en la provincia de Villa Clara.

Los ácaros oribátidos se han señalado como bioindicadores en suelos agrícolas porque interactúan en la descomposición de la materia orgánica en interacción con la microflora. Además, son sensibles al porcentaje de humedad, el pH, las prácticas agrícolas realizadas por el hombre y el uso de insecticidas. Los gamasinos son reconocidos como depredadores y ejercen control en las poblaciones de nemátodos y otros microartrópodos edáficos (Socarrás 2018). Estos se relacionan con suelos perturbados que poseen cambios desfavorables en régimen de humedad.

La representación del orden Collembola en estos agroecosistemas constituye un indicador del estado de los mismos. Por lo general, los colémbolos se han utilizado como bioindicadores de calidad del suelo y del manejo de los ecosistemas (Cuchta *et al.* 2019). La presencia de las familias Entomobryidae e Isotomidae en este estudio, pudiera estar asociada a la contribución que realizan los animales con sus excretas al reciclaje de nutrientes, pues según Socarrás y Rodríguez (2001) estas familias se asocian a suelos manejados con alternativas agroecológicas a partir del uso de diferentes tipos de abonos orgánicos.

Influencia de la época en la riqueza y abundancia de

mesofauna is very sensitive to climate changes, which cause variations in its density and diversity (Socarrás and Izquierdo 2014). In this study, only significant influence of the season was detected on the richness and abundance of the edaphic mesofauna, in the third year in all the systems (table 3).

In the agroecosystem "El Triángulo" there were significant differences in all the variables under study, in this case they showed a better performance in the DS. In "El Progreso" there were significant differences in the variables corresponding to collembolans which were superior in the DS; in "Cupeycito" only for the number of acari and in the "Estación de Pastos" for the two variables corresponding to acari, who in all cases were better represented in the RS. In the agroecosystem "Ojo de agua" there were significant differences in the two acari variables that, in this case, showed a better performance in the RS.

The obtained results were lower than those reported

la mesofauna edáfica. Se reconoce que la mesofauna, es muy sensible a los cambios climáticos, que le ocasionan variaciones en su densidad y diversidad (Socarrás e Izquierdo, 2014). En el presente estudio solo se detectó influencia significativa de la época en la riqueza y abundancia de la mesofauna edáfica, en el tercer año en todos los sistemas (tabla 3).

En el agroecosistema "El Triángulo" existieron diferencias significativas en todas las variables objeto de estudio, en este caso las mismas mostraron un mejor comportamiento en el DS. En "El Progreso" se constataron diferencias significativas en las variables correspondientes a los colémbolos quienes fueron superiores en el DS en "Cupeycito" solo para el número de ácaros y en la "Estación de Pastos" para las dos variables correspondientes a los ácaros, quienes en todos los casos estuvieron mejor representados en el RS. En el agroecosistema "Ojo de agua" hubo diferencias significativas en las dos variables de ácaros que, en este

Table 3. Influence of the season in the edaphic mesofauna (collembolans and acari) in five grassland agroecosystems of Granma province during the third year including the RS-2016 and DS-2017

Agroecosystem	Collembolans				Acari			
	Number		Richness		Number		Richness	
	RS	DS	RS	DS	RS	DS	RS	DS
"El Triángulo"	13.44 (0.22) SD=0.67	5.56 (52.11) SD=58.83	13.06 (0.11) SD=0.33	5.94 (1.11) SD=0.78	13.72 (1.11) SD=2.32	5.28 (12.67) SD=6.24	12.17 (0.44) SD=0.73	6.83 (1.11) SD=0.33
	p=0.0004		p=0.0030		p=0.0002		p=0.0086	
"El Progreso"	12.28 (0.11) SD=0.33	6.72 (6.00) SD=8.56	12.22 (0.11) SD=0.33	6.78 (1.22) SD=1.09	8.72 (17.22) SD=13.01	10.28 (28.33) SD=55.18	9.56 (1.44) SD=0.73	9.44 (1.56) SD=0.73
	p=0.0158		p=0.0226		p=0.5602		p>0.9999	
"Cupeycito"	(18.56)	0	(2.11)	0	6.94 (63.44) SD=103.73	12.06 (12.56) SD=18.37	8.61 (1.00) SD=0.50	10.39 (0.78) SD=0.83
	-	-	-	-	p=0.0402		p=0.3712	
"Ojo de agua"	(5.33)	0	(1.44)	0	6.39 (31.67) SD=19.20	12.61 (9.44) SD=6.58	6.56 (1.56) SD=0.53	12.44 (0.78) SD=0.44
	-	-	-	-	p=0.0115		p=0.0136	
"Estación de Pastos"	7.50 (8.67) SD=9.86	11.50 (2.67) SD=2.87	7.72 (1.44) SD=0.88	11.28 (0.89) SD=0.93	5.00 (71.78) SD=29.43	14.00 (11.67) SD=10.79	7.11 (2.11) SD=0.60	11.89 (1.33) SD=1.00
	p=0.1171		p=0.1253		p<0.0001		p=0.0323	

Average of the ranges, () mean of the original data, SD: standard deviation of the original data

by Hernández *et al.* (2018), who obtained higher values of the total mesofauna in the RS with respect to the DS, with predominance of this zoological group in the forage areas with regard to grasslands and polyculture, in Cangrejeras town, Artemisa, Cuba. However, in other researches Fernández *et al.* (2015) obtained a higher number of acari in the DS, in four farms in conversion to agroecological production on soft brown soil with and without carbonates, located in Cruces municipality,

caso mostraron un mejor comportamiento en el RS.

Los resultados obtenidos fueron inferiores a los informados por Hernández *et al.* (2018), quienes obtuvieron mayores valores de la mesofauna total en el RS con respecto al DS, con predominio de este grupo zoológico en las áreas forrajeras con respecto a los pastizales y el policultivo, en la localidad de Cangrejeras, Artemisa, Cuba. Sin embargo, en otras investigaciones Fernández *et al.* (2015) obtuvieron mayor número de

Cienfuegos province.

Regarding the performance of collembolans, it could be seen that in the agroecosystems "Cupeycito" and "Ojo de agua" only their presence was detected in the RS (table 3); which coincides with that reported by Cole *et al.* (2006) who found a maximum presence of these groups in the RS. However, in the agroecosystems "El Triángulo" and "El Progreso" the performance of this group was statistically superior in the DS, which could be due to local climatic variations, since these areas are nearby.

In most of the samplings in the agroecosystem of the "Estación de Pastos" a higher number of individuals of the mesofauna were determined, which could be associated to the presence of the silvopastoral system. In studies conducted in Nicaragua, Escobar *et al.* (2017) also reported a higher abundance of acari and collembolans in silvopastoral systems compared to other ecosystems of traditional paddocks and broadleaved forest.

Ecological indexes. According to Moreno (2001), the main advantage of the ecological indexes is that they summarize a lot of information in a single value and allow to make quick analyzes between the diversity of different habitats or the diversity of the same habitat over time and suggest that the most convenient is to have values of both the richness and some index of the structure of the community, in such a way that both parameters being complementary in the description of biodiversity, as was done in this research.

In this sense, the Shanon-Weiner index (H') showed low values of biological diversity (figure 2). The highest recorded value was 1.35 and was detected in the RS of the first sampling, in "Ojo de agua". In the rest of the agroecosystems and evaluated periods, the value was below 1.2. According to Ramírez (2013) the values of H' which are below the range of 1.5-3.5 show a low diversity; while Caicedo *et al.* (2018) stated that the biodiverse ecosystems can have values close to five. Wu and Wang (2018), meanwhile, in a study conducted in different types of forests showed H' values of the edaphic mesofauna close to three, which is indicative of better edaphoclimatic conditions for the development of this type of biota, with respect to grassland agroecosystems where this study was conducted.

The Simpson index (λ) and the Berguer-Parker index (d), performed variably in the agroecosystems, although it is necessary to highlight that in "El Progreso" and "Estación de Pastos", they were higher than 0.5, in most of the years.

On the other hand, there were no higher values of species richness (S) (table 4) or H' , in the rainy seasons evaluated, compared to the dry seasons, with the exception of "El Progreso". In the agroecosystems "Cupeycito" and "Ojo de agua" the values of S and

Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 53, Number 2, 2019.

ácaros en el DS, en cuatro fincas en conversión hacia la producción agroecológica en suelo pardo mullido con y sin carbonatos, localizadas en el municipio Cruces de la provincia de Cienfuegos.

En cuanto al comportamiento de los colémbolos se pudo apreciar que en los agroecosistemas "Cupeycito" y "Ojo de agua" solo se detectó su presencia en el RS (tabla 3); lo que coincide con lo informado por Cole *et al.* (2006) quienes encontraron presencia máxima de estos grupos en el RS. Sin embargo en los agroecosistemas "El Triángulo" y "El Progreso" el comportamiento de este grupo fue estadísticamente superior en el DS, lo que pudiera deberse a variaciones climáticas locales, pues estas áreas se encuentran aledañas.

En la mayoría de los muestreos en el agroecosistema de la "Estación de Pastos" se determinó mayor cantidad de individuos de la mesofauna lo cual pudiera estar asociado a la presencia del sistema silvopastoral. En estudios realizados en Nicaragua, Escobar *et al.* (2017), también informaron mayor abundancia de ácaros y colémbolos en sistemas silvopastoriles respecto a otros ecosistemas de potreros tradicionales y bosque latifoliados.

Índices ecológicos. Según Moreno (2001) la principal ventaja de los índices ecológicos es que resumen mucha información en un solo valor y permite hacer análisis rápidos entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo y sugiere que lo más conveniente es presentar valores tanto de la riqueza como de algún índice de la estructura de la comunidad, de tal forma que ambos indicadores sean complementarios en la descripción de la biodiversidad, como se hizo en la presente investigación.

En tal sentido el índice Shanon-Weiner (H'), mostró bajos valores de diversidad biológica (figura 1). El mayor valor registrado fue de 1,35 y se detectó en el RS del primer muestreo, en "Ojo de agua". En el resto de los agroecosistemas y períodos evaluados el valor estuvo por debajo de 1,2. Según Ramírez (2013) los valores de H' que se encuentran por debajo del rango de 1,5-3,5, indican baja diversidad; mientras que Caicedo *et al.* (2018) plantearon que los ecosistemas muy biodiversos pueden llegar a tener valores cercanos a cinco. Wu y Wang (2018), por su parte, en un estudio realizado en diferentes tipos de bosques mostraron valores de H' de la mesofauna edáfica cercanos a tres, lo que es indicativo de mejores condiciones edafoclimáticas para el desarrollo de este tipo de biota, con respecto a los agroecosistemas de pastizales donde se realizó el presente estudio.

El índice de Simpson (λ) y el índice de Berguer-Parker (d), se comportaron de forma variable en los agroecosistemas, aunque es necesario señalar que en "El Progreso" y "Estación de Pastos", fueron superiores a 0,5, en la mayoría de los años.

Por otro lado, no se constaron mayores valores de riqueza de especies (S) (tabla 4) ni de H' , en los periodos lluviosos evaluados, con respecto a los poco lluviosos, con excepción de "El Progreso". En los agroecosistemas

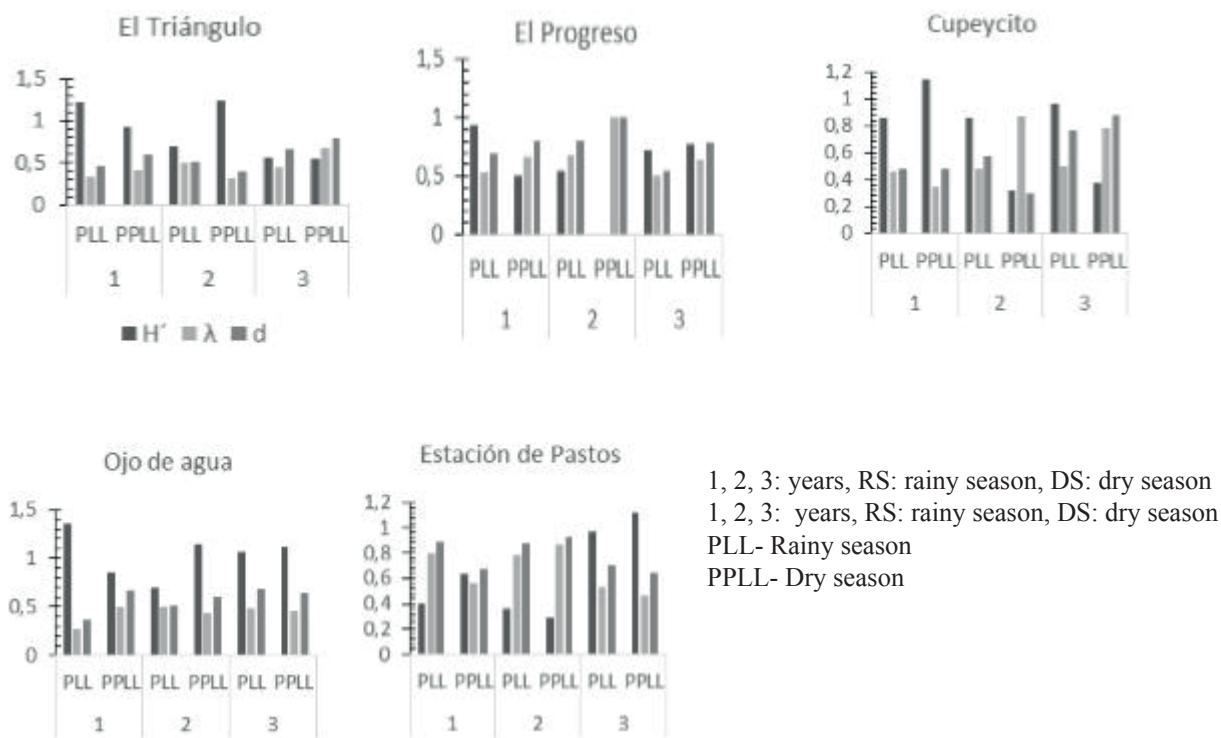


Figure 1. Ecological indexes of the edaphic mesofauna in five grassland agroecosystems of Granma province

H' were lower in the last sampling period, which contrasts with what was observed in the grassland corresponding to the “Estación de Pastos”, whose values were increasing, even when the dominance indexes were high.

In this sense Guidetti *et al.* (2017) reported values of λ between 0.36 and 0.62, in a study of the edaphic mesofauna carried out in five land uses that included several types of grasslands in Paraná state, Brazil. These authors also found S values that ranged between 7 and 13 species.

Trophic composition of the components of the edaphic mesofauna. The soil mesofauna community was composed of two trophic categories in all the studied agroecosystems: detritivores and predators. These categories play an important role in the ecological stability of the soil. The predators were only represented by the Gamasidae (Mesostigmata) family, which is a predatory taxon of immature stages of oribatids and collembolans (Socarrás and Izquierdo 2016). The rest of the taxa identified in this study were classified as detritivores, except *R. setosus*, which

“Cupeycito” y “Ojo de agua” los valores de S y H' fueron inferiores en el último período de muestreo, lo que contrasta con lo observado en el pastizal correspondiente a la “Estación de Pastos”, cuyos valores fueron en aumento, aun cuando se mantuvieron elevados los índices de dominancia.

En este sentido Guidetti *et al.* (2017) informaron valores de λ entre 0,36 y 0,62, en un estudio de la mesofauna edáfica realizado en cinco usos de la tierra que incluyó varios tipos de pastizales en el estado de Paraná, Brasil. Estos autores también constataron valores de S que osciló entre 7 y 13 especies.

Composición trófica de los componentes de la mesofauna edáfica. La comunidad de la mesofauna del suelo estuvo compuesta por dos categorías tróficas en todos los agroecosistemas estudiados: detritívoros y depredadores. Estas categorías desempeñan importante papel en la estabilidad ecológica del suelo. Los depredadores solo estuvieron representados por la familia Gamasidae (Mesostigmata), que es un taxón depredador de estados inmaduros de oribátidos y colémbolos (Socarrás e Izquierdo 2016). El resto de los

Table 4. Total richness of taxonomic units of the edaphic mesofauna in five grassland agroecosystems of Granma province

Agroecosystem	Year 1		Year 2		Year 3	
	RS	DS	RS	DS	RS	DS
El Triángulo	4	3	2	4	3	5
El Progreso	5	2	3	1	3	7
Cupeycito	4	4	5	5	8	2
Ojo de agua	4	3	2	6	7	1
Estación de Pastos	3	2	2	3	6	8

due to its limited presence was not considered for the analysis.

Collembola is a detritivore order, an indicator of equilibrium and good edaphic conditions (humidity and OM quality), according to George *et al.* (2017). Cole *et al.* (2006), state that they play a decisive role in the recycling of organic wastes and are able to fraction and crush plant wastes, which increase the implantation of the microflora. The performance of the trophic groups by grassland was variable in each sampling carried out (figure 2).

It should mean the predominance of predators in all the samplings performed in the “Estación de Pastos”, which showed a proportional abundance of over 65 % in all cases. Apparently under the conditions of this silvopastoral system it was possible to maintain a balance in the prey-predator relation. This result could be indicative that the gamasines (predators) have good conditions for their development in this agroecosystem, which could be related to the availability of food and habitat conditions in general.

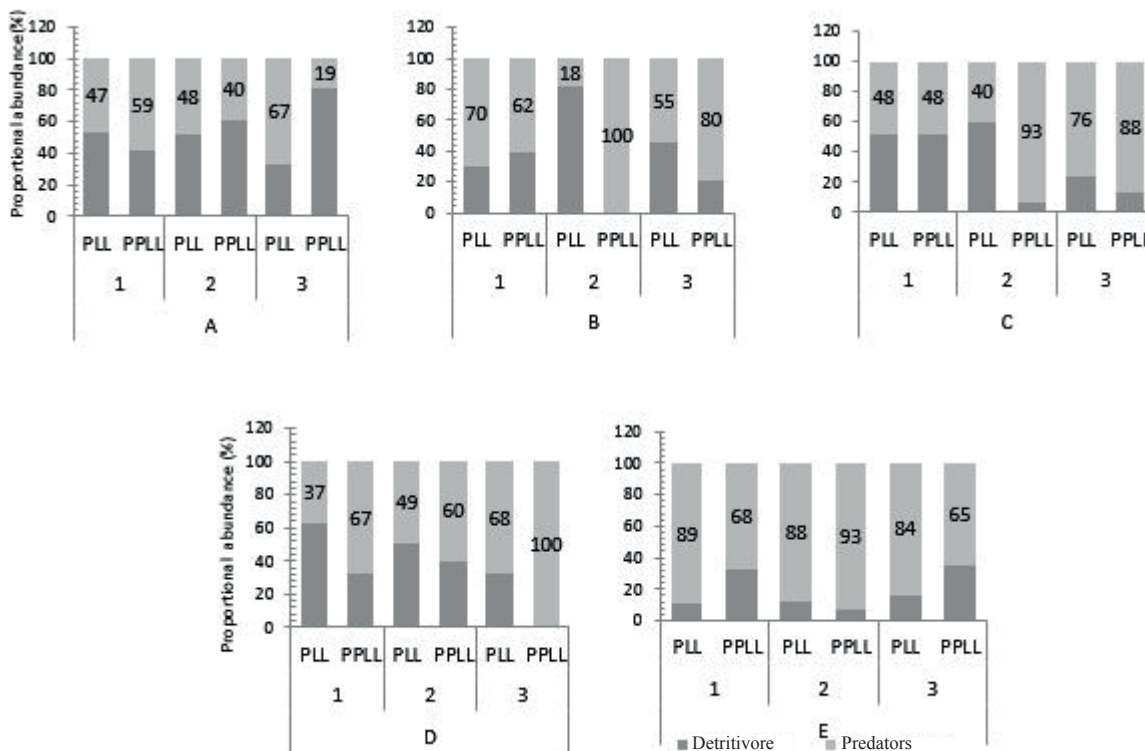
However, Socarrás (2018) reported a higher number of detritivore organisms, followed by predators and fungivores in secondary forest, silvopastoral system and cultivated grassland, in Güines municipality, Mayabeque province. In previous studies, the same author showed that in both seasons and years of sampling, there was an increase in the number of detritivore individuals with respect to the rest of the

taxa identificados en el presente estudio se clasificaron como detritívoros, excepto *R. setosus*, que por su escasa presencia no se consideró para el análisis.

Collembola es un orden detritívoro, indicador de equilibrio y de buenas condiciones edáficas (humedad y calidad de la MO) según señalan George *et al.* (2017). Cole *et al.* (2006), plantean que ellos desempeñan decisivo papel en el reciclaje de los restos orgánicos y son capaces de fraccionar y triturar los restos vegetales, lo que aumenta la implantación de la microflora.

El comportamiento de los grupos tróficos por pastizal fue variable en cada muestreo realizado (figura 2). Cabe significar el predominio de los depredadores en todos los muestreos realizados en la “Estación de Pastos”, los que exhibieron abundancia proporcional superior al 65 % en todos los casos. Al parecer en las condiciones de este sistema silvopastoral se pudo mantener un equilibrio en la relación presa-depredador. Este resultado pudiera ser indicativo de que los gamasinos (depredadores) tienen buenas condiciones para su desarrollo en este agroecosistema, lo que pudiera estar relacionado con la disponibilidad de alimentos y las condiciones del hábitat en sentido general.

Sin embargo, Socarrás (2018) informó mayor número de organismos detritívoros, seguido de los depredadores y fungívoros en bosque secundario, sistema silvopastoral y pastizal cultivado, en el municipio de Güines, provincia de Mayabeque. En estudios anteriores este mismo autor indicó que en ambas estaciones y años de muestreo, existió



(A: “El Triángulo”, B: “El Progreso”, C: “Cupeycito”, D: “Ojo de agua”, E: “Estación de Pastos”) PLL- Rainy season PPLL- Dry season

Figure 2. Proportional abundance of functional groups of the edaphic mesofauna in five grassland agroecosystems of Granma province

trophic groups in the three studied areas: forage, polyculture and traditional grassland in Artemisa (Socarras and Izquierdo, 2016).

In general, the results obtained in this study may be influenced by the variability of climate indicators (Herrera *et al.* 2018). These authors pointed out the variability of rainfalls and indicated to express them, moreover, as the number of days with rain, which will offer the possible distribution of the degree of soil humidity. All previous, join with the contrasting characteristics of the studied agroecosystems, may have had a direct influence on the variability of the performance of the observed edaphic mesofauna. Another factor to showed is the versatility in the temporal space distribution of this type of edaphic biota, which is dependent on the specific conditions of the microhabitat in the soil.

It is concluded that the richness and abundance of the edaphic mesofauna in the grassland agroecosystems studied was low and very variable in both climatic periods. There were individuals belonging to the trophic categories of predators and detritivores, which showed a variable relative abundance, in each agroecosystem and sampling performed; except in the “Estación de Pastos” where there was a predominance of predators. Finally, these results constitute a contribution to the researches on the edaphic mesofauna in grassland agroecosystems in the eastern region of Cuba, which should be deepened to achieve a better understanding of this group's performance of soil biota and its relation with edaphoclimatic conditions prevailing

Acknowledgments

Thanks to Diana Bruqueta Yero, Luis Licea Castro and Héctor Sariol for their valuable help in carrying out the research.

un incremento en el número de individuos detritívoros con respecto al resto de los grupos tróficos en las tres áreas estudiadas: forraje, policultivo y pastizal tradicional en Artemisa (Socarrás e Izquierdo, 2016).

En sentido general, los resultados obtenidos en el presente estudio pudieran estar influenciados por la variabilidad de los indicadores climáticos (Herrera *et al.*, 2018). Estos autores señalaron la variabilidad de las precipitaciones e indicaron expresarlas, además, como el número de días con lluvia, lo que ofrecerá la posible distribución del grado de humedad del suelo. Todo lo anterior, unido a las características contrastantes de los agroecosistemas estudiados, pudo haber tenido influencia directa en la variabilidad del comportamiento de la mesofauna edáfica observada. Otro factor a señalar es la propia versatilidad en la distribución espacio temporal de este tipo de biota edáfica, que está en dependencia de las condiciones específicas del microhábitat en el suelo.

Se concluye que la riqueza y abundancia de la mesofauna edáfica en los agroecosistemas de pastizales estudiados fue baja y muy variable en ambos períodos climáticos. Se encontraron individuos pertenecientes a las categorías trófica de depredadores y detritívoros, los cuales mostraron abundancia relativa variable, en cada agroecosistema y muestreo realizado; excepto en la “Estación de Pastos” donde existió predominio de los depredadores. Finalmente estos resultados constituyen un aporte a las investigaciones sobre la mesofauna edáfica en agroecosistemas de pastizales en la región oriental de Cuba, las cuales deben profundizarse para lograr mejor comprensión del comportamiento de este grupo de la biota del suelo y su relación con las condiciones edafoclimáticas imperantes.

Agradecimientos

A Diana Bruqueta Yero, Luis Licea Castro y Héctor Sariol por su valiosa ayuda para la realización de la investigación.

References

- Águila, E., Marrero, Y., Hernández, H. & Ruiz, Y. 2016. Efecto del uso del suelo sobre su calidad en áreas de la Finca “Baños de Marrero”. *Centro Agrícola*. 43 (2): 14-22.
- Brusca, R. C. & Brusca, G. J. 2003. *Invertebrados*. 2da ed. Ed. F. Pardos-Martínez. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.
- Caicedo, D.M., Benavides, H, R., Carvajal, L. A. & Ortega, J.P. 2018. Población de macrofauna en sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera: análisis preliminar. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida*. 27(1):77-85.
- Cole, L., Bradford, M.A., Shaw, P.J.A. & Bardgett, R.D. 2006. The abundance, richness and functional role of soil meso and macrofauna in temperate grassland. A case study. *Applied Soil Ecology*. 33(2):186- 192.
- Conover, W. J. 1999. *Practical Nonparametric Statistics*, 3rd. ed., New York: John Wiley & Sons, 584 p., ISBN: 978-0-471-16068-7.
- Cuchta, P., Miklisová, D. & Kováč, L. 2019. The succession of soil Collembola communities in spruce forests of the High Tatra Mountains five years after a windthrow and clear-cut logging. *Forest Ecology and Management* 433: 504–513.
- Díaz, M., González, V., Palacios, J.G. & Lucíañez, M.J. 2004. Clave dicotómica para la determinación de los Colémbolos de Cuba (Hexapoda: Collembola). *Boletín. S.E.A.*34: 73- 83.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Escobar, A.C., Bartolomé, J. & González, N.A. 2017. Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. *Revista Científica de FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*. 6(22): 39-49.

- Fernández, I.M., Castellanos, L., Fuentes, M., Cairo, P., Rajadel, N. & de Melo, R. 2015. Macrofauna del suelo en cuatro fincas en conversión hacia la producción agroecológica en el Municipio Cruces, Cuba. *Centro Agrícola*. 42(1):43-52.
- George, P., Keith, A., Creer, S., Barrett, G., Lebron, I., Emmett, B., Robinson, D. & Jones, D. 2017. Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a National-level monitoring Programme. *Soil Biology & Biochemistry*. 115: 537-546.
- Greenslade, P. J. M. 1964. Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Col.). *J. Anim. Ecol.* 33(2): 301-310.
- Guidetti, M.R., Niva, C.C., Thomazini, M.J., Baretta, D., Santos, A., Nadolny, H., Borges, G., Cardoso, X. & Gardner, G. 2017. Soil invertebrates in different land use systems: how integrated production systems and seasonality affect soil mesofauna communities. *Journal of Agricultural Science and Technology B* 7:158-169
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D. & Castro, S. N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93 p., ISBN: 978-959-7023-77-7.
- Hernández, G., Cabrera, G., Izquierdo, I., Socarrás, A., Hernández, L. & Sánchez, J. 2018. Indicadores edáficos después de la conversión de un pastizal a sistemas agroecológicos. *Pastos y Forrajes*. 41(1): 3-12.
- Herrera, R.S., García, M., & Cruz, A.M. 2018. Study of some climate indicators at the Institute of Animal Science from 1967 to 2013 and their relation with grasses. *Cuban Journal of Agricultural Science*: 52 (4):1-11.
- Lehmann, E.L. 1975. *Nonparametrics: statistical methods based on Ranks*. Holden-Day, Inc. San Francisco. USA.
- Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance. *Contributions to probability and statistics*. Stanford University Press. pp.278-292.
- Lok, S. 2016. Los suelos dedicados a la ganadería en Cuba: características, manejo, oportunidades y retos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 50(2): 279-290.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1. CYTED, ORCYT – UNESCO, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA).
- Ramírez, W. 2013. Estudio de indicadores de la calidad del suelo en áreas destinadas a la producción intensiva de gramíneas cespitosas. Master Thesis. Estación experimental de pastos y forrajes “Indio Hatuey”. Matanzas. Cuba. 66pp.
- Rodríguez, I., Crespo, G., Morales, A., Calero, B. y Fraga, S. 2011. Comportamiento de los indicadores biológicos del suelo en unidades lecheras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 45(2): 187-193.
- Shapiro, S. & Wilk, B. 1965. An análisis of variante test for normality (complete simples). *Biométrica*, 52:(3/4): 591-611.
- Socarrás, A. & Rodríguez, M. 2001. Variación de la mesofauna bajo la influencia de diferentes cargas en el área de Ceba, La Habana, Cuba. *Poeyana*. 474: 22-30.
- Socarrás, A. & Izquierdo, I. 2014. Evaluación de sistemas agroecológicos mediante indicadores biológicos de la calidad del suelo: mesofauna edáfica. *Pastos y Forrajes*. 37(1): 47-54.
- Socarrás, A. & Izquierdo, I. 2016. Variación de los componentes de la mesofauna edáfica en una finca con manejo agroecológico. *Pastos y Forrajes*. 39(1): 41-48.
- Socarrás, A. 2018. Diversidad de la mesofauna edáfica en tres usos del suelo en la provincia Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 41(2): 123-130.
- Soil Taxonomy. 2003. Soil Survey Staff. *Keys to Soil Taxonomy*. USDA, Ninth Edition, 332p.
- Wu, P. & Wang, C. 2018. Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: the significance for the soil fauna monitoring. *Geoderma*. 337 (1): 266-272.

Received: November 9, 2018