

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA ENTOMOFAUNA DE SUELOS SULFATADOS ÁCIDOS EN CÓRDOBA, COLOMBIA*

SOME CHARACTERISTICS OF THE ENTOMOFAUNA FROM ACID SULPHATED SOILS IN CÓRDOBA, COLOMBIA

Claudio Fernández-Herrera¹, Enrique Combatt-Caballero¹ y Hernando Rivera-Jiménez^{2§}

¹Departamento de Ingeniería Agronómica y Desarrollo Rural. Universidad de Córdoba. Montería, Córdoba, Colombia. A. A. 354. Tel. 00 574 7860255 y 7906451. (cfernandez@sinu.univordoba.edu.com), (ecombarr@sinu.unicordiba.edu.co). ²Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Córdoba. Tel. 00 574 7908023. §Autor para correspondencia: hriveraj@gmail.com.

RESUMEN

Se identificaron los insectos asociados a suelos sulfatados ácidos en diferentes sistemas productivos del departamento de Córdoba-Colombia. Se seleccionaron seis lotes de producción agrícola en el transecto Cotorra, Ciénaga de Oro y San Carlos, Córdoba, Colombia. En cada lote se tomaron tres kilogramos de suelo en los primeros 25 cm de profundidad, un kilogramo de muestra para análisis físico y químico se procesó en el laboratorio de suelos de la Universidad de Córdoba y dos kilogramos en el laboratorio de Entomología, para realizar el análisis de la entomofauna. Los resultados de laboratorio indicaron que las áreas escogidas en el presente estudio presentan suelos con características de sulfatados ácidos, por sus valores de extrema acidez, asociados con alta acidez intercambiable. Los datos encontrados se analizaron mediante correlaciones entre los sistemas evaluados, además se utilizó el programa estadístico Biodiversity Pro 4 para precisar riqueza, abundancia y similitud correspondiente a cada familia. En total se colectaron 33 especies de insectos distribuidas en seis órdenes y 13 familias. Los valores de riqueza fueron mayores en El Sabanal con 14 especies, seguido por la localidad El Deseo en Cotorra con nueve especies, mientras que en localidad de Berastegui sólo exhibe cuatro especies. Las especies más abundantes fueron una de Carabidae, seguido por *Solenopsis geminata* (Formicidae), una de Scarabaeidae, *Blissus* sp.

ABSTRACT

Insects associated to acid sulphate soils were identified in different production systems in Córdoba Department, Colombia. We selected six plots of agricultural production in the transect Cotorra, Ciénaga de Oro and San Carlos, Córdoba, Colombia. In each plot there were taken 3 kg of soil in the first 25 cm deep, 1 kg sample for physical and chemical analysis that were processed by the soil laboratory at the University of Córdoba and 2 kg in the laboratory of Entomology, for the entomofauna analysis. Laboratory results indicated that chosen areas in this study have soils with characteristics of acid sulphate, for its extreme acidity values associated with high exchangeable acidity. Data were analyzed using correlations between evaluated systems, it was also used the statistical program Biodiversity Pro 4 to define richness, abundance and similarity for each family. A total of 33 species of insects were collected, distributed in six orders and 13 families. Richness values were higher in El Sabanal with 14 species, followed by El Deseo, Cotorra with nine species, while Berastegui had only four species. Most abundant species were: one of Carabidae, followed by *Solenopsis geminata* (Formicidae), one of Scarabaeidae, *Blissus* sp. (Lygaeidae) and *Eutheola bidentata* (Melolonthidae). More similar

* Recibido: octubre de 2010
Aceptado: abril de 2011

(Lygaeidae) y *Eutheola bidentata* (Melolonthidae). Los sitios más similares de acuerdo a la composición de especies son El Deseo y El Sabanal con 27.09%, ambos pertenecientes al municipio de Cotorra.

Palabras clave: abundancia, insectos, sulfatados ácidos.

En las subregiones medio y bajo Sinú departamento de Córdoba predominan valores excesivos de azufre, debido al proceso de acumulación de sales especialmente sulfatos y mal drenaje de los suelos. La presencia de valores altos a excesivos de azufre total, mayores a 500 mg kg⁻¹ han incrementado notablemente los suelos sulfatados ácidos (IGAC 1983; Dent, 1992; Ararat, 1996; Amesquita, 1988; Combatt *et al.*, 2004).

En estas condiciones se presentan cambios en la reacción del suelo (pH), por los constantes cambios en los procesos de oxido-reducción los cuales son donantes de protón (H⁺) que acidifican los suelos. En los suelos sulfatados ácidos (SSA), estos protones se pueden derivar del ácido sulfúrico libre, de sulfuros de hidrógeno y de la desorción de sulfatos absorbidos, que favorecen la liberación de Al, Fe y Mn y estos a su vez producen hidrogeniones, que aumentan la acidificación en estas zonas.

Fitzpatrick *et al.* (1993) exponen que la acidez del suelo es uno de los principales factores que limitan la producción de los SSA tropicales, y los define como tierras de sedimentos salinos que contienen pirita en los horizontes inferiores, que se encuentran en condiciones altamente anegadas o reducidas. Cuando estos suelos son expuestos al drenaje se produce acidez (pH < 3.5) y el agua de drenaje es ácida. El desarrollo de la acidez en la zona de la raíz causa pérdida en la productividad de las plantas y el escurrimiento ácido causa impactos adversos al ambiente. Según el Departamento de Agricultura de Australia (1999), en los SSA la influencia del drenaje puede ser crítica, acidificando grandes áreas.

La biodiversidad existente en los SSA, la microflora, fauna y las interacciones que se presentan en los sistemas de comunidades de grupos de microorganismos presentes en raíces de plantas y las asociaciones de estos organismos y microorganismos del suelo, interrelacionan con las propiedades fisicoquímicas de éste contribuyendo con la sustentabilidad de los ecosistemas. Las interrelaciones entre microorganismos y mesofauna afectan directa o indirectamente la disponibilidad de nutrientes para las

sites based on species composition are El Deseo and El Sabanal with 27.09%, both belonging to Cotorra municipality.

Key words: abundance, acid sulfated, insects.

In the middle and lower sub-department of Sinú, Córdoba, excessive sulfur values are predominate, due to salt accumulation process especially sulfates and poor drainage. The presence of high to excessive values of total sulfur, greater than 500 mg kg⁻¹ has significantly increased the acid sulphate soils (IGAC 1983; Dent, 1992; Ararat, 1996; Amesquita, 1988; Combatt *et al.*, 2004).

Under these conditions, there are changes in the soil reaction (pH), due to constant changes in oxidation-reduction processes, which are proton donors (H⁺) that acidify the soil. In acid sulfate soils (ASS), these protons can be derived from free sulfuric acid, hydrogen sulfide and absorbed sulfate desorption, favoring the release of Al, Fe and Mn and these in turn produce hydrogen ions, which increase acidification in these areas.

Fitzpatrick *et al.* (1993), argue that soil acidity is one of the main factors limiting the production of tropical ASS and define them as lands of saline sediments containing pyrite in the lower horizons, which are found in highly flooded or reduced conditions. When these soils are exposed to sewage, acidity is produced (pH < 3.5) and the drain water is acidic. Development of acidity in the root zone causes a lost in plants productivity and acids runoff, causing adverse environmental impacts. According to the Australian Department of Agriculture (1999), in ASS drainage influence may be critical, acidifying large areas.

Biodiversity in ASS, microflora, fauna and the interactions that occur in community systems of microorganisms groups on plant roots and associations of these soil's organisms and microorganisms, interacting with soil's physicochemical properties and contributing to ecosystems sustainability. Interrelationships between microorganisms and mesofauna directly or indirectly affect nutrient availability for plants, being originated by nutrients immobilization and mobilization processes, mainly by immobilization or stabilization of organic matter. According to Primavesi (1984), with these relationships, fauna and micro fauna act in soil's

plantas, siendo originados por procesos de inmovilización o movilización de nutrientes, principalmente por la inmovilización o estabilización de la materia orgánica. Según Primavesi (1984) con estas interrelaciones la fauna y micro fauna actúan en el desarrollo y formación de suelos, encontrándose diversos organismos desde bacterias hasta macroorganismos, lo que demuestra que todo organismo que habita el suelo participa en su desarrollo, y estos se mantienen íntimamente interrelacionados.

En los ecosistemas de suelos sulfatados ácidos de Córdoba, se encuentra una baja riqueza biológica por su gran fragilidad ecológica y por la creciente insostenibilidad de éstos, que edafológicamente y ecofisiológicamente es afectado por las condiciones anaeróbicas y las condiciones químicas de alta acidificación que se presentan. Smith y Smith (2001) exponen que al igual que los organismos que viven fuera del suelo, los seres edáficos necesitan espacio vital, oxígeno y agua para la subsistencia. Entre los espacios porosos del suelo se encuentran abundantes y diversos invertebrados como, colémbolos, caracoles, diplópodos, larvas de dípteros y escarabajos, termitas que pueden descomponer la celulosa de la madera. Estos organismos dominantes en el suelo son responsables de la rápida eliminación de madera, hierba seca y otros materiales de la superficie.

La fauna edáfica se puede clasificar en microfauna, mesofauna y macrofauna, de acuerdo a su tamaño corporal, preferencia por hábitat y actividades que realicen (IGAC, 1983; IGAC, 1995). Según Primavesi (1984) la mayoría de la meso y microfauna mejoran algunas características del suelo, en especial la movilización de nutrientes y el mejoramiento de la estructura de los suelos, causada por la descomposición de la materia orgánica y esta a su vez ocasionada por la actividad de los microorganismos y macroorganismos. Seastedt (1984) expone que los invertebrados que habitan los suelos son esenciales en la cadena alimenticia, ya que son descomponedores de materia orgánica y de los ciclos de nutrientes en los ecosistemas del suelo.

En los suelos sulfatados ácidos los registros de riqueza tienden a ser bajos, debido a varias condiciones físico-químicas entre ellas la anaerobiosis que caracteriza a estos suelos, en donde se disminuyen los nichos disponibles para las especies de insectos (Rivera *et al.*, 2004). Según Hall (2001) durante los últimos cincuenta años se han expandido e intensificado las prácticas agrícolas a nivel mundial, con impactos desfavorables sobre la biodiversidad a causa de la deforestación y degradación del suelo.

development and formation, finding different organisms from bacteria to macro-organisms, demonstrating that all soil-dwelling organisms are involved in its development and remain closely intertwined.

In the ecosystems in acid sulphate soils of Córdoba, there is a low biological richness for its great ecological fragility and the growing unsustainability of these, which edaphological and ecophysiological are affected by anaerobic and chemical (high acidification) conditions of it. Smith and Smith (2001), argue that just like the organisms that live outside of the soil, edaphic organisms need vital space, oxygen and water for subsistence as well. Among the soil pore spaces of soils, there are abundant and diverse invertebrates such as springtails, snails, diplopoda, larvae of flies and beetles, termites that can break down the cellulose in wood. These soil's dominant organisms are responsible for the rapid removal of wood, dry grass and other surface materials.

Edaphic fauna can be classified as microfauna, mesofauna and macrofauna, according to their body size, habitat preferences and their activities (IGAC, 1983; IGAC, 1995). According to Primavesi (1984), most of the meso and microfauna improve some soil characteristics; especially the mobilization of nutrients and soil's structure improvement, caused by decomposition of organic matter and this in turn is caused by the activity of microorganisms and macro-organisms. Seastedt (1984), states that the soil-dwelling invertebrates are essential in the food chain because they are decomposers of organic matter and nutrient cycles in soil ecosystems.

In acid sulfate soils, richness records tend to be low due to various physical-chemical conditions, including anaerobiosis characteristic of these soils, where niches available to insect species are reduced (Rivera *et al.*, 2004). According to Hall (2001), during the last fifty years there have expanded and intensified agricultural practices worldwide, with adverse impacts on biodiversity due to deforestation and soil degradation.

The identification of insect populations, allows to indirectly know the soil fertility degree, because the number and biodiversity of them, reflect the biota's conservation state and intervention degree on a certain area. Using micro and macro-organisms appropriate to measure and monitor the impact's intensity of human activities on ecosystems is fundamental in ecology and conservation

La identificación de las poblaciones de insectos permite conocer indirectamente el grado de fertilidad del suelo, ya que la cantidad y biodiversidad de éstos reflejan el estado de conservación de una biota o el grado de intervención a que ha sido sometida un área determinada. Emplear micro y macroorganismos adecuados para medir y monitorear el grado de intensidad del impacto de las actividades humanas, sobre los ecosistemas es fundamental en la ecología y biología de la conservación, principio fundamental como bioindicadores que sostienen enlaces ecológicos indispensables, para el sostenimiento de la vida de los suelos. En la presente investigación se identificaron los insectos asociados a los suelos con alta sulfatación en lotes agrícolas del Departamento de Córdoba.

La investigación se realizó en lotes agrícolas localizados en el transecto comprendido entre los municipios de Cotorra (veredas El Sabanal y El Deseo) localizado a los 09° 03' 49" latitud norte y 75° 45' 49" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, Ciénaga de Oro (veredas Besito Volao, Berastegui y Caño Bugre) localizado a 8° 52' 41" latitud norte y 75° 37' 27" de longitud oeste del meridiano de Greenwich y San Carlos localizado a 8° 48' 2" latitud norte y 75° 42' 8" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Caracterizados por presentar 82% de humedad relativa, temperatura promedio de 28 °C, 1 200 mm de precipitación promedio anual y 13 msnm. Según Holdridge, la zona se clasifica ecológicamente como bosque seco tropical (bs-t) y dentro de la zona agroecológica cj., la cual indica que son suelos de incipientes desarrollo, del tipo Entisoles e Inseptisoles.

Se partió de la recolección de suelo y muestras biológicas tomadas al azar en un sistema productivo tomando tres sub-muestras por unidad de estudio y cuatro repeticiones. Para el área de estudio se seleccionaron seis lotes de producción agrícola con características de suelos sulfatados ácidos en el transecto Cotorra, Ciénaga de Oro y San Carlos, Córdoba colectando 3 kg de muestra de suelo de los primeros 25 cm de profundidad, en forma aleatoria. Un kilogramo de muestra se procesó en el laboratorio de suelos de la Universidad de Córdoba para el análisis físico y químico, de acuerdo con los métodos analíticos recomendados por el Instituto Colombiano Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Los restantes dos kilogramos de muestra de suelo se procesaron en el laboratorio de Entomología de la Universidad de Córdoba. Las muestras se tamizaron (2 mm) sin destruir o perder organismos existentes. Mediante

biology, a fundamental principle as bioindicators that sustain essential ecological linkages for sustaining life soils. In this investigation were identified the associated insects with high sulfation soils of agricultural plots in Córdoba Department.

The research was conducted in agricultural plots located in the transect between Cotorra's municipalities (El Sabanal and El Deseo lanes), located 09° 03' 49" north latitude and 75° 45' 49" west longitude of Greenwich; Ciénaga de Oro (Besito Volao, Berastegui and Cano Bugre lanes), located at 8° 52' 41" north latitude and 75° 37' 27" west longitude from Greenwich Meridian and San Carlos located 8° 48' 2" north latitude and 75° 42' 8" west longitude from Greenwich. Characterized by having 82% relative humidity, average temperature of 28 °C, 1 200 mm of annual precipitation and 13 masl. According to Holdridge, the area is ecologically classified as tropical dry forest (bs-t) and in agro-ecological zone cj., indicating an incipient soil development of Entisols and Inseptisols type.

Starting with the collection of soil and biological samples taken randomly from a production system, taking three sub-samples per study unit and four replications. For the area of study six plots of agricultural production were selected with characteristics of acid sulphate soils in the transect Cotorra, Ciénaga de Oro and San Carlos, Córdoba, collecting 3 kg of soil sample from the first 25 cm depth at random. One kilogram was processed in the soils laboratory at Córdoba University for the physical and chemical analysis, according to analytical methods recommended by the Instituto Colombiano Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

The remaining two kilograms of soil sample were processed in the entomology laboratory of University of Córdoba. The samples were sieved (2 mm) without destroying or losing existing organisms. By manual review and sampling effort of 15 min, samples were separated by perceptible entomofauna, while those of smaller size were extracted with Berlesse funnel. For the specimens identification the high rank taxa criterion was applied. Specimens were classified to family and genus level, using descriptions and keys by different authors (Gallo *et al.*, 1988; Coronado and Márquez, 1991; Nickle, 1992a and 1992b; Palacios-Vargas, 1992; CSIRO, 1996; Cigliano and Lange, 1998; Daly *et al.*, 1998).

revisión manual y con esfuerzos de muestreos de 15 min, por muestras se separó la entomofauna perceptible, mientras que las de menor talla se extrajeron en embudo Berlesse. Para la identificación de los ejemplares se aplicó el criterio de taxones de alto rango. Los especímenes se clasificaron hasta el nivel de familia y género utilizando descripciones y claves de distintos autores (Gallo *et al.*, 1988; Coronado y Márquez, 1991; Nickle, 1992a y 1992b; Palacios-Vargas, 1992; CSIRO, 1996; Cigliano y Lange, 1998; Daly *et al.*, 1998).

Análisis de datos

Para el análisis de la estructura de la comunidad de morfoespecies, en cada localidad se contaron los individuos de cada especie, se utilizó una tabla de abundancia y se estimaron los índices de diversidad de Shannon Weaver, utilizando el programa biodiversity Pro 4 (Ludwing y Reynolds, 1988). Mediante el cálculo de un índice de similaridad se construyó un dendrograma para agrupar las diferentes morfoespecies de insectos e indicar la similitud existente entre las zonas de estudio, con base en el porcentaje de similaridad de Jaccard y el método de las medias no agrupadas (UPGM, undeweighted pair group method) (Ludwing y Reynolds, 1988), generado en el programa biodiversity Pro 4 (Krebs, 1989).

Características del suelo en la zona de estudio

La reacción del suelo es ácida a extremadamente ácida, asociada esta característica a la formación de grandes volúmenes de acidez en forma de H_2SO_4 y H_2S que reducen el pH y disminuyen drásticamente la vida de los microorganismos del suelo. El contenido de materia orgánica en general fue alto para las condiciones del Sinú, Córdoba, que demuestra baja tasa de mineralización por condiciones adversas, para la existencia de una aceptable biodiversidad de microorganismos. Los contenidos de azufre son excesivos, que indica una acumulación de este elemento influenciada por la oxidación e intemperización química de los compuestos sulfatados que existen en estas zonas.

El fósforo se encontró en niveles medios, posiblemente ocasionado por el reducido aporte de la materia orgánica que carece de procesos de descomposición. Con relación al contenido de bases, el calcio se encontró alto y el magnesio excesivo, con relación calcio-magnesio invertida, lo que pueden inducir a la reducción de la porosidad del suelo. El potasio tuvo niveles altos y el sodio se encuentra en

Data analysis

To analyze the community structure of morphospecies, in each locality individuals of each species were counted, using an abundance table for estimating Shannon Weaver's diversity rates, using the program Biodiversity Pro 4 (Ludwig and Reynolds, 1988). By calculating a similarity index, a dendrogram was built to group different insects morphospecies and indicate the similarity between studied areas, based on the similarity percentage of Jaccard and the undeweighted pair group method (UPGM) (Ludwig and Reynolds, 1988), generated in the program Biodiversity Pro 4 (Krebs, 1989).

Soil characteristics in the study area

Soil reaction is acidic to extremely acidic, this feature is related to the formation of large amounts of acidity as H_2SO_4 and H_2S which reduce pH and drastically reduce the soil's microorganism's life. The organic matter content was generally high for the conditions of Sinú, Córdoba, showing low mineralization rate by adverse conditions for the existence of an acceptable microorganism's biodiversity. Sulfur content is excessive, indicating an accumulation of this element influenced by oxidation and chemical intemperization of sulfate compounds that exist in these areas.

Phosphorus was found in average levels, possibly caused by the reduced supply of organic matter with lack of decomposition processes. Relative to the base content, calcium was high and magnesium too high, with a calcium-magnesium relation inverted, which may lead to reduced soil porosity. High levels of potassium and sodium was found in normal amounts. Exchangeable acidity was excessive and may produce phytotoxicity in plant species from the area (Table 1).

Richness of insects in the study area

Greatest richness throughout the sampling area, was recorded in El Sabanal locality with a total of fourteen species (Table 2), followed by El Deseo with nine, San Carlos with seven, Besito Volao with seven and Caño Bugre with six species. The locality that presented less richness was Berastegui with four species, an area with high apparent density and low soil's porosity, so it follows that the low richness is associated with anaerobic soil conditions and with the physical and chemical

cantidades normales. La acidez intercambiable es excesiva y puede presentar fitotoxicidad en las especies vegetales de la zona (Cuadro 1).

conditions, such as extremely acidic pH, caused by acids amounts that can be generated stoichiometrically in these conditions.

Cuadro 1. Análisis químico de las muestras de suelos en las localidades de estudio del Departamento de Córdoba.

Table 1. Chemical analysis of soil samples in study locations of Córdoba Department.

Localidad	Vereda	Horizonte	pH (1:1)	MO (%)	S (mg kg ⁻¹)	P	CIC (Cmol _c kg ⁻¹)	Ca	Mg	K	Na	Al	CE (dS m ⁻¹)
San Carlos	San Carlos	1	4.31	4.01	1 276.1	11.4	27.48	4.8	9.2	0.29	0.48	8.8	1.27
Cotorra	El Deseo	1	3.56	4.53	4 800.3	47	28.98	6.8	10.8	0.64	0.55	12.6	6.03
Cga. de Oro	Berastegui	1	4.05	5.92	1 797	16.6	21.83	7.6	6.4	0.39	0.77	5	3.07
Cga. de Oro	Besito Volao	1	4.41	2.53	411.3	23.4	24.44	6.4	8.4	0.79	0.24	3.4	0.47
Cotorra	El Sabanal	1	6.02	1.48	325.7	18.2	24.22	10.8	6.8	0.25	0.3	0.1	0.65
Cga. de Oro	Caño Bugre	1	4.22	5.92	397.3	22.6	24.83	10.8	16.8	0.41	0.43	2.5	3.11

Riqueza de insectos en la zona de estudio

La mayor riqueza en toda la zona de muestreo, se registró en la localidad El Sabanal con un total de 14 especies (Cuadro 2), seguida por la localidad El deseo con nueve, San Carlos con siete, Besito Volao con siete y Caño Bugre con seis especies. La localidad que presentó menor riqueza fue Berastegui con cuatro especies, zona con alta densidad aparente y baja porosidad del suelo, por lo que se deduce que la baja riqueza está relacionada con las condiciones de anaerobiosis del suelo y con las condiciones físico-químicas, como pH extremadamente ácido, ocasionado por los volúmenes de ácidos que estequiometricamente se pueden generar en estas condiciones.

Hagvar (1987); Vilkkamaa and Huhta (1986), in several studies, argue that invertebrate's populations of soil are potentially sensitive to acid deposition, because it alters the physical and chemical conditions of soils. Combatt *et al.* (2008) indicate that potential acid sulphate soils have a high acidity reserve that manifests by the continuous oxidation-reduction in which they are maintained, due to the annual seasons of summer and winter of the Sinu's medium subregion.

Most abundant species in the sample were recorded in the families' Carabidae, Formicidae (*Solenopsis geminata*), Melolonthidae (*Euethola biduntata*), Scarabaeidae and Lygaeidae (*Blissus* sp.), with twenty, nine, seven, five and five respectively. Carabidae were dominant, possibly due

Cuadro 2. Presencia-ausencia de morfoespecies en seis localidades del Departamento de Córdoba, Colombia.

Table 2. Presence-absence of morphospecies in six locations of Córdoba Department, Colombia.

Morfoespecie	Sabanal	El deseo	Besito Volao	Berastegui	Bugre	S. Carlos
<i>Blatodea</i> sp1	x					
<i>Hemiptera reduvidae</i>			x			
<i>Coleoptera estaphilinidae</i> sp1	x					
<i>Coleoptera estaphilinidae</i> sp2	x	x				
<i>Coleoptera carabidae</i> sp1		x	x		x	
<i>Coleoptera estaphilinidae</i> sp3	x	x				
<i>Coleoptera carabidae</i> sp2	x					
<i>Coleoptera elateridae</i>	x					
<i>Colembola entomobridae</i> sp1	x					
<i>Formicidae hipoponera</i> sp.	x					
<i>Coleoptera melolonthidae</i> (larva)	x			x		
<i>Formicidae solenopsis geminata</i>	x	x		x	x	x

Cuadro 2. Presencia-ausencia de morfoespecies en seis localidades del Departamento de Córdoba, Colombia (Continuación).
Table 2. Presence-absence of morphospecies in six locations of Córdoba Department, Colombia (Continuation).

Morfoespecie	Sabanal	El deseo	Besito Volao	Berastegui	Bugre	S. Carlos
<i>Formicidae</i> sp2	x	x				
<i>Formicidae paratrechina</i> sp.				x		x
<i>Formicidae brachimyrme</i> sp.						x
<i>Melolonthidae</i> (larva) sp2		x				
<i>Melolonthidae</i> (larva) sp3			x			
<i>Melolonthidae</i> (larva) sp4						x
<i>Melolonthidae</i> (larva) sp5						x
<i>Carabidae</i> sp3					x	
<i>Carabidae</i> sp4		x				
<i>Tenebrionidae</i>		x				
<i>Crisomelido crisolmelide</i>					x	
<i>Tenebrionidae</i> sp2			x			
<i>Scarabacidae</i>	x	x				
<i>Carabidae</i>	x					
<i>Grillidae</i>	x		x			x
<i>Melolonthidae Euteola bidentata</i>						x
<i>Crisomelido</i> sp2					x	
<i>Hemiptero</i> sp1			x			
<i>Hemiptero</i> sp2			x			
<i>Hemiptero ligaeidae</i>				x		
<i>Hemiptero</i> sp4					x	

Hagvar (1987); Vilkamaa y Huhta (1986) al realizar varios estudios, exponen que las poblaciones de invertebrados del suelo son potencialmente sensibles a la deposición de acidez, porque se alteran las condiciones físico y químicas de los suelos. Combatt *et al.* (2008) indican que los suelos sulfatados ácidos potenciales, tienen una alta reserva de acidez que en la actualidad se manifiesta por la continua oxidación-reducción en que se mantienen, debido a las temporadas anuales de verano e inviernos de la subregión medio Sinú.

Las especies más abundantes en el muestreo se registraron en las familias Carabidae, Formicidae (*Solenopsis geminata*), Melolonthidae (*Euteola biduntata*), Scarabaeidae y Lygaeidae (*Blissus* sp.), con veinte, nueve, siete, cinco y cinco individuos respectivamente. Los Carabidae fueron dominantes posiblemente a las adaptaciones exclusivas que presentan algunas especies en estas condiciones. La baja abundancia de las especies de macro invertebrados en este tipo de ambientes

to the unique adaptations that some species present under these conditions. The low abundance of macroinvertebrate species in such environments indicates that they specialize to conditions of ecological niches that have limited development of heterogeneous vegetation.

According to Salamanca and Chamorro (1995), composition of entomofauna in the litter layer that exists on the mineral horizons, is an edaphic component that houses a large number of arthropods and is considered a transitional level, since it is used by different groups of insects according with their demands of shelter, food and reproduction. The diversity of ecological niches in the soil surface as decaying roots, organic matter, fallen leaves and branches provide a stable microclimate conducive to the establishment and functioning of insect communities.

The Shannon diversity index shows low values in different evaluated biotopes, being El Sabanal the most biodiverse, with a 2.58 rate and the lower in Berastegui with 1.07

indican que ellos se especializan hacia condiciones de nichos ecológicos que poseen características con limitado desarrollo de una vegetación heterogénea.

Según Salamanca y Chamorro (1995) la composición de la entomofauna presente en la capa de hojarasca, que existe sobre los horizontes minerales, es un componente edáfico que alberga una gran cantidad de artrópodos y es considerado como un nivel de transición, ya que es utilizado por los diferentes grupos de insectos según sus exigencias de refugio, alimento y reproducción. Asimismo, la diversidad de nichos ecológicos de la superficie del suelo como raíces en descomposición, materia orgánica, hojas y ramas caídas ofrecen un microclima estable y propicio para el establecimiento y funcionamiento de las comunidades de insectos.

El índice de diversidad de Shannon muestra valores bajos en los diferentes biotopos evaluados, siendo el más biodiverso la localidad El Sabanal con un índice de 2.58 y el menos en la localidad de Berastegui con 1.07 (Figura 1). Los bajos registros de riqueza pueden ser atribuidos a condiciones de anaerobiosis imperante en los suelos sulfatados ácidos, en donde se disminuyen los nichos disponibles para las especies de insectos.

Kuperman (1996) en estudios realizados en suelos con acidificación y alto contenido de aluminio y sulfato extractable, encontró una alta correlación significativa entre estas características químicas y la abundancia total de macroinvertebrados, incluyendo lombriz de tierra, gasterópodos, larvas de dípteros, termitas y escarabajos depredadores. Longcore (2003) indica que los artrópodos desenvuelven grandes funciones ecológicas en los ecosistemas, ya que ocupan una gran variedad de microhábitats y nichos y de esta forma desempeñan actividades que regulan los ecosistemas.

Las localidades más similares en cuanto a especies compartidas fueron El Deseo y El Sabanal con un porcentaje de similitud de 27.09%, San Carlos y Berastegui con 22.13%, puesto que comparten las mismas especies representadas como organismos abundantes, para este caso es probable la influencia de la cobertura vegetal, ya que se genera un microclima propicio para el desarrollo de diversos organismos. En tanto que la localidad más disímil con respecto a las demás fue Besito Volao con 7.31% de similitud (Figura 2).

(Figure 1). The low richness record can be attributed to anaerobic conditions prevailing in acid sulfate soils, where the available niches for insect species are decreased.

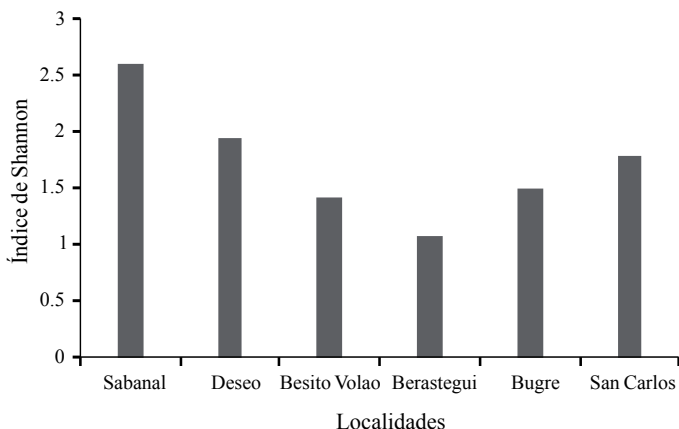


Figura 1. Valores del índice de Shannon, para las especies registradas en las seis localidades muestreadas de Córdoba, Colombia.

Figure 1. Shannon index values for sampled species in the six sampled localities of Córdoba, Colombia.

Kuperman (1996), found in studies made on acidification soils and high amounts of aluminum and extractable sulfate, a high significant correlation between these chemical characteristics and total abundance of macroinvertebrates, including earthworms, gastropods, flies larvae, termites and predatory beetles. Longcore (2003) indicates that arthropods have major ecological functions on ecosystems, as they have a variety of microhabitats and niches and thus, they carry out activities that regulate ecosystems.

Most similar localities in terms of shared species were El Deseo and El Sabanal with a similarity percentage of 27.09%, San Carlos and Berastegui with 22.13%, since they share the same species represented as abundant organisms, in this case is likely the influence of vegetation cover, as it generates a microclimate conducive to the various organisms' development. While the most dissimilar locality with respect to others was Besito Volao with 7.31% of similarity (Figure 2).

Kuperman (1996) indicated by a hypothesis that subsequent acid deposition and for extended periods, can adversely affect soil decomposer community, resulting in low rates of decomposition of organic matter.

Kuperman (1996) indica mediante una hipótesis, que la deposición ácida sucesiva y por periodos prolongados pueden afectar negativamente a la comunidad de descomponedores del suelo, provocando bajas tasas de descomposición de materia orgánica.

CONCLUSIONES

En los suelos sulfatados ácidos de la zona estudio, se registraron un total de 33 especies, presentándose mayor riqueza en la localidad El Sabanal con 14 especies, seguido por El Deseo con nueve. Las especies más abundantes correspondieron a una sola en las familias Carabidae, Formicidae, Melolonthidae, Scarabaeidae, Lygaeidae con veinte, nueve, siete, cinco y cinco individuos respectivamente.

Los sitios más similares en cuanto a composición de especies fueron El Deseo y El Sabanal en el municipio de Cotorra, con 27.09%, en tanto que el sitio más disímil al resto de localidades fue Besito Volao (Ciénaga de Oro) con 7.31% de las especies compartidas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Universidad de Córdoba por la financiación de esta investigación y al personal del grupo del laboratorio de Entomología, Programa de Ingeniería Agronómica. Universidad de Córdoba en Montería, Colombia.

LITERATURA CITADA

- Amezquita, E. 1988. Establecimiento de las zonas oxidadas y reducidas en suelos sumergidos. *In*: Primer seminario de azufre. S. C. C. S. Cali, Colombia. 39-43 pp.
- Ararat, A. 1996. Evaluación del estado de los nutrientes en los suelos del Departamento de Córdoba. *In*: Temas Agrarios. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba. Montería, Colombia. 1996. 31-45 pp.

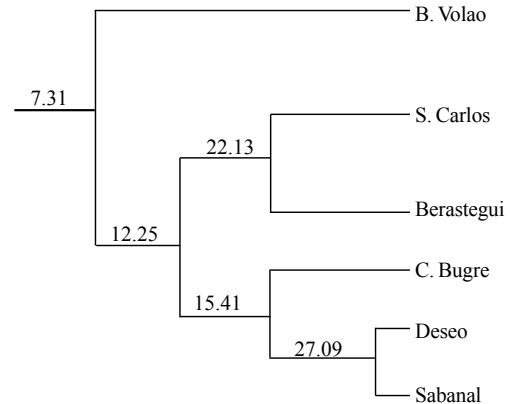


Figura 2. Índice de similaridad de Jaccard, para las especies registradas en las seis localidades muestreadas de Córdoba, Colombia.

Figure 2. Jaccard similarity index for species recorded in the six sampled locations in Córdoba, Colombia.

CONCLUSIONS

In acid sulphate soils of the study area, there were a total of 33 species, presenting greater richness in El Sabanal with 14 species, followed by El Deseo with nine. The most abundant species corresponded to one in families Carabidae, Formicidae, Melolonthidae, Scarabaeidae, Lygaeidae with twenty, nine, seven, five and five respectively.

Most similar sites regarding to species composition were El Deseo and El Sabanal in Cotorra municipality, with 27.09%, and the most dissimilar was Besito Volao (Ciénaga de Oro) with 7.31% of shared species.

End of the English version



- Cigliano, M. M. y Lange, C. E. 1998. Orthoptera. Biodiversidad de los artrópodos argentinos. *In*: Morrone, J. J. y Coscarón, S. (eds.). Una perspectiva biotaxonomía. Ediciones Sur. 67-83 pp.
- Combatt, E.; García, A. y Mercado, F. 2004. Efecto del enclamiento y el lavado sobre algunas propiedades químicas de un suelo sulfatado ácido magnésico del valle del río Sinú. Tesis de magíster en suelos. Universidad de Córdoba. Colombia. 167 p.

- Combatt, E.; Martínez, Z. y Palencia, M. 2008. Generación de acidez por oxidación de piritita en suelos sulfatados ácidos interiores de clima cálido. *Temas agrarios*. 13:(1):32-3.
- Coronado, R. y Márquez, A. 1991. Introducción a la entomología. Morfología y taxonomía de los insectos. Editorial Limusa. 282 p.
- Csiro, 1991. The insects of Australia. 2^{da}. Edition. Melbourne University Press. Reprinted 1996. 1137 p.
- Daly, H. V.; Doyen, J. T. and Purcell III, A. H. 1998. Introduction to insect biology and diversity. Second edition. Oxford University Press. New York, USA. 680 p.
- Dent, D. 1992. Reclamation of axial sulfate soils. *Advances in soils sciences*. Springer. Ver Land. New York. USA. 81 p.
- Fitzpatrick, R.; Fritsch, E. y Self, P. 1993. Australia's unique saline acid sulfate soils associated with dryland salinity'. In Bush, R. (ed.), *Proceedings of the First National Conference on Acid Sulfate Soils, Coolangatta*. 41-56 p.
- Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Lima Carvalho, R. P.; De Batista, G. C.; Berti Filho, E.; Postali Parra, J. R.; Zucchi, R. A.; Alves, S. B. y Vendramim, J. D. 1988. Manual de entomología agrícola. Editora Agronómica "Ceres" Ltda. 649 p.
- Hagvar, S. 1987. What is the importance of soil acidity for the soil fauna? *Fauna*. 40:64-72.
- Hall, S. 2001. Conservación de la biodiversidad en agroecosistemas: comparación de la diversidad de escarabajos de superficie en diversos sistemas de producción de café de sombra en Costa Rica. *Coloquio Internacional Desarrollo Sustentable. Participación Comunitaria y Conservación de la Biodiversidad en México y América Latina*. 23 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1983. Estudio general de los suelos de los municipios se conforman la parte media y baja de la cuenca del Río Sinú. Bogotá, Colombia. 8 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1995. Suelo de Colombia, origen, evolución, clasificación, distribución y uso; Subdirección de agroecología, Santa Fe de Bogotá, Colombia. 633 p.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological methodology*. Harper & Row, Publishers. New York. USA. 654 p.
- Kuperman, R. G. 1996. Structure of soil macroinvertebrates in oak-hickory forests along an acidic deposition gradient. *Appl. Soil Ecol.* 4:125-137.
- Longcore, T. 2003. Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration success in coast sage scrub (California, USA). *Res. Ecol.* 11:397-409.
- Ludwing, J. A. and Reynolds. 1988. *Statistical Ecology: a primer on methods and computing*. Jhon Wiley & Sons. New York, USA. 337 p.
- Nickle, D. A. 1992a. Katidids of Panamá (Orthoptera: Tettigoniidae). *In: D. Quintero y A. Aiello (eds.) Insect of Panama and Mesoamerica*. Oxford Science Publications. 142-184 pp.
- Nickle, D. A. 1992b. The Krickets and Molecrickets of Panamá (Orthoptera: Grillidae and Grillotalpidae). *In: Quintero, D. y Aiello, A. (eds.) Insect of Panama and Mesoamerica*. Oxford Science Publications. 185-197 pp.
- Palacios Vargas, J. G. 1992. Guide to the springtails of Panamá and Costa Rica (Collembola). *In: Quintero, D. and Aiello, A. (eds.) Insects of Panama and Mesoamerica*. Oxford Science Publications. 25-36 pp.
- Primavesi, A. 1984. Manejo ecológico del suelo, la agricultura en regiones tropicales. Quinta edición. Ed. Librería El atenio. Buenos Aires, Argentina. 133-498 pp.
- Rivera, H.; Fernández, C. y Combatt, E. 2004. Estudio preliminar de artropofauna asociada a los suelos sulfatados ácidos en el medio y bajo Sinú. En XXXI congreso de SOCOLEN "Sociedad Colombiana de Entomología" Bogotá, Colombia.
- Salamanca, N. y Chamorro, C. 1995. La edafofauna del páramo de Monserrate. Sector Hacienda "Santa Barbara". (Cundinamarca, Colombia). *In: Mora Osejo, L. E. y Sturm, H. (eds) Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino. Cordillera Oriental de Colombia. Tomo I. Academia Colombiana de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales. Colección Jorge Alvarez Lleras. Núm. 6*.
- Seastedt, T. R. 1984. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annu. Rev. Entomol.* 29:25-46.
- Smith, R. and Smith, T. 2001. *Ecología*. Cuarta edición. Ed. Addison Wesley, Perason Educación, S.A. Madrid, España. 129-134 pp.
- Vilkamaa, P. and Huhta, V. 1986. Effects of fertilization and pH on communities of Collembola in pine forest soil. *Ann. Zool. Fenn.* 23:167-174.