

EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS EN MUNICIPIOS DEL CENTRO DEL CESAR (CHIMICHAGUA, CHIRIGUANÁ Y LA JAGUA DE IBIRICO)

Laura Esther Rojas Martínez¹

María Trinidad Montero Oñate²

Álvaro Alexander Zequeira Cuervo³

Recibido el 30 de abril de 2015, aprobado el 25 de octubre de 2015 y actualizado el 19 de mayo de 2016

DOI: 10.17151/luaz.2016.43.10

RESUMEN

Los macroinvertebrados son organismos visibles a simple vista que ejecutan múltiples funciones en ecosistemas como benefactores por su capacidad de alterar el ambiente superficial y edáfico. El objetivo de este estudio es evaluar la diversidad y relación suelo-rol funcional de los macroinvertebrados edáficos de ecosistemas de los municipios de Chimichagua, Chiriguaná y La Jagua de Ibirico del departamento del Cesar. La técnica empleada para la recolección de individuos fue la de Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). Las variables a evaluar fueron: biomasa, densidad, diversidad, equitatividad y factores fisicoquímicos del suelo (pH, P, C, N, K, arcilla). Se aplicó análisis estadístico de varianza y de diferencias mínimas significativas Tukey para biomasa y densidad, correlación de Spearman para variables fisicoquímicas y taxas. Coeficiente de variación para datos de biomasa, densidad, índice de Shannon y equitatividad. Se determinó que la composición taxonómica comprendió tres Phyla, 7 clases, 16 órdenes y 35 familias. El ecosistema "Playón" del municipio de Chiriguaná tiene mayor diversidad respecto a los otros ecosistemas. El ecosistema "Arroyo" del municipio de Chiriguaná constituyó el valor más alto de densidad que corresponde al 35,5%

del total. En cuanto a la biomasa el ecosistema "Puerta del Cielo" de Chimichagua está por encima de los otros municipios con una biomasa que representa el 44% del total. Los taxa Himenoptera, Isoptera y Hemiptera estuvieron relacionados con los ecosistemas más disturbados y Haplotáxida con suelos húmedos y densidad media de vegetación. Los resultados de biomasa, densidad y taxas, indicaron que hay una gran influencia de las condiciones microclimáticas, grado de disturbación de los sitios muestreados y algunos factores fisicoquímicos de los suelos en la composición de macroinvertebrados de estos municipios.

PALABRAS CLAVE

Macroinvertebrados, diversidad, biomasa, densidad suelo, función.

EVALUATION OF THE SOIL MACROINVERTEBRATE DIVERSITY IN TOWNSHIP IN THE CENTER OF THE CESAR (CHIMICHAGUA, CHIRIGUANÁ, AND LA JAGUA DE IBIRICO)

ABSTRACT

Macroinvertebrates are organisms visible to the naked eye that runs multiple functions in ecosystems as benefactors for their ability to alter the atmosphere and soil surface. The objective of this study is to assess the diversity and relative soil - functional role of the macroinvertebrates of soil ecosystems of the township of Chimichagua, Chiriguaná and La Jagua de Ibirico (Cesar). The technique used for the collection of individuals was the tropical soil Biology and Fertility (TSBF). The variables to evaluate were; biomass, density, diversity, fairness and physicochemical factors of soil (pH, P, C, N, K, clay). Applied statistical analysis of variance and Tukey significant differences for biomass and density, spearman's correlation to physico-chemical variables and taxa. Coefficient of variation for biomass data, density, index of Shannon and equitability. It was determined that the taxonomic composition included three phyla, 7 classes, 16 orders and 35 families. The ecosystem "Playón" of the municipality of Chiriguaná has greater diversity with

respect to the other ecosystems. The ecosystem "Arroyo" of the township of Chiriguaná constituted the highest value of density that corresponds to the 35.5% of the total. In terms of the biomass, the ecosystem "Gate of Heaven" of Chimichagua is above the other township with a biomass that represents 44% of the total. The taxa Hymenoptera and Isoptera and Hemiptera were related to ecosystems more disturbed and Haplotaxida with wet soil and average density of vegetation. The results of biomass, density, and taxa, indicated that there is a great influence of microclimatic conditions, degree of disturbance of the sampled sites and some physico-chemical factors of soils in the composition of macroinvertebrates of these township.

KEY WORDS

Macroinvertebrates, diversity, biomass, soil, density, function.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo al estudio de conflictos de uso del territorio colombiano, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014) categorizó al departamento del Cesar como el cuarto departamento del Caribe con mayor afectación por el uso inadecuado de los suelos. En donde, de las 2'258.583 hectáreas que lo conforman, el 64% no hace buen uso de sus suelos. Factores como la deforestación, la ganadería, entre otros, son los principales problemas de la mala calidad de sus tierras, en donde hay tanto sobreutilización como subutilización (33% y 31%, respectivamente). Aproximadamente el 70% de los municipios del Cesar contienen más del 25% de su área en conflictos por sobreutilización.

La minería es el otro factor incidente en la problemática de conflicto del uso del suelo en el departamento del Cesar. Está ocasionando múltiples impactos

ambientales como la dispersión de partículas al ambiente que afecta la zona vegetal, se contaminan las aguas superficiales, subterráneas, repercutiendo en la disponibilidad del recurso hídrico en toda la cuenca del sector y se está produciendo la esterilización del suelo y desequilibrio en la cadena trófica con la desaparición de la biota presente (Mejía, 2011).

La poca agua existente en esta zona del Cesar está polucionada por cuenta de la minería; el río Cesar que va de la Sierra Nevada de Santa Marta hasta la Ciénaga de Zapatosa seguirá recogiendo los desechos de los mineros afectando a municipios como Bosconia, El Paso, Chiriguaná, Chimichagua y Tamalameque.

Los disturbios influyen en las densidades de las poblaciones de insectos, frecuentemente a través de los cambios en la condición de hábitat de manera que influyen en las interacciones y procesos de las poblaciones y comunidades y en el ecosistema a nivel de organización (Schowalter, 1985).

Schowalter (1985) afirma que los insectos responden de manera diferente a la dinámica de los disturbios, dependiendo de su relativa habilidad para localizar y explotar los parches disturbados. Algunos insectos están particularmente adaptados a explotar los parches disturbados, mientras que otros son virtualmente eliminados por los disturbios.

Si bien la macrofauna es un factor biológico subestimado al momento de evaluar los impactos de la explotación minera, investigaciones realizadas han establecido que la macrofauna edáfica es un excelente indicador de la calidad de los suelos (Rendón *et al.*, 2012).

El objetivo de este estudio consiste en evaluar el estado de uno de los más sensibles niveles de la red trófica en suelos de la zona central del Cesar (La Jagua de Ibirico, Chiriguaná y Chimichagua) sometida a la presión de la explotación minera de carbón, y hallar una relación entre la diversidad de los macroinvertebrados y la calidad del suelo bajo las condiciones actuales, que permita dejar un conocimiento precedente para posteriores seguimientos y comparaciones de carácter ambiental en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se llevó a cabo en el centro del departamento del Cesar, localizado en la región Caribe de Colombia. Se muestrearon tres municipios del centro del Cesar ubicados a lo largo de la franja tropical de la Serranía de Perijá ([Tabla 1](#)). El clima de esta zona, según Rangel-Ch. & Carvajal-C. (2009), es tropical con régimen de lluvias bimodal-tetraestacional con dos periodos marcados de lluvias entre abril y mayo o junio, y otro de julio o agosto hasta octubre o noviembre, el periodo seco de mayor duración está comprendido desde diciembre hasta marzo y hay en los meses de junio y/o julio un descenso en las lluvias. En la región centro de la región tropical del Perijá hay un clima semi y ligeramente húmedo, allí juega un papel muy importante el sistema fluvio-lacustre de la Ciénaga de Zapatosa y demás lagunas del sector. En esta zona se diferencian varios tipos de formaciones vegetales como bosques secos, bosques de ribera, rastrojo alto y bajo, palmares y pastizales (Rangel-Ch., Lowy & Aguilar, 1997). En la mayor parte del territorio el sustrato es pobre en nutrientes, hay una marcada escasez de materia orgánica, condiciones que no facilitan la incorporación del territorio a la producción agrícola intensiva, en cambio existe una expansión de potreros para crías y mantenimiento de ganado e implantación de una ganadería trashumante. Además, gran parte de esta zona está siendo sometida a la explotación a cielo abierto de yacimiento de carbón cuya expansión va a una velocidad vertiginosa, reflejada cada vez más en las áreas deforestadas.

Tabla 1. Características climáticas de los municipios muestreados

Estación climatológica	Municipio	Latitud	Longitud	Altura	Monto precipitación anual	Clima según Thornthwaite
Canal	Chimichagua	9°23' N	73°54' W	70	1618,8	Semiseco
Chiriguaná	Chiriguaná	9°23' N	73°36' W	40	1647,6	Semiseco
Socomba	La Jagua de Iberico	9°43' N	73°15' W	140	1656,9	Semiseco

Los datos para la elaboración de la tabla fueron tomados de Rangel-Ch. & Carvajal-C. (2009) y del Plan Básico de Ordenamiento Territorial de La Jagua de Iberico - Cesar (2000).

Fuente: los autores.

Sitios de muestreo

Chimichagua

-Pie de cerro EcceHomo. Coordenadas: 9°18'0,362" N, 73°46'34,4" W. Vegetación arbóreo ralo, en suelo rocoso árido, dominado por palmas (Arecaceae) acompañado por arbolitos de 8-10 m de altura (Fabaceae, Anacardiaceae, Rutaceae) y DAP 20-30 cm. Arbusto (Mimosoideae, Rubiaceae y Malpighiaceae). Estrato bajo pobre, pasto grama a parches. Área en rehabilitación.

-Puerta del Cielo. Coordenadas: 9°14'58,68" N, 73°49'3,16" W. Vegetación pobre, dominada por estrato herbáceo (Boraginaceae, Asteraceae). Palmas (Arecaceae) y arbustos (Polygonaceae, Fabaceae, Myrtaceae) escasos y esparcidos. Suelo semihúmedo, área inundable por la ciénaga. Presencia de ganado.

-Campo Alegre. Coordenadas: 9°15'59,81" N, 73°48' 50,81" W. Vegetación de tipo boscosa, relicto de humedal, con tres estratos; arbóreo de 15-20 m de altura (Cecropiaceae, Polygonaceae) y arbolitos (Fabaceae) de 7-9 m de altura. Palmas (Arecaceae). Estrato arbustivo (Asteraceae, Melastomataceae, Malvaceae,

Lauraceae, Malpighiaceae, Dilleniaceae, Araceae). Estrato herbáceo; pasto Poaceae. Suelo húmedo. Presencia de ganado.

Chiriguaná

-Arroyo. Coordenadas: 9°19'18,93" N, 73°35'18,71" W. Vegetación dominante estrato herbáceo por pasto grama. Arbustos (Fabaceae y Mimosoideae) de 3-4 m de altura. Otras hierbas: Boraginaceae y Asteraceae. Cultivo de palmas y alledaño a este el arroyo Pacho Prieto, suelo semiseco. Presencia constante de ganado.

-Playón. Coordenadas: 9°21'36,98" N, 73°36'32,99" W. Vegetación con dominancia arbustiva, entre 1-1,30 m de altura (Sapindaceae). Estrato herbáceo rasante pobre (Convolvulaceae y Poaceae). Árboles esparcidos y escasos; Malvaceae, Leguminosaceae, Bignoniaceae y Moraceae con DAP entre 95-183 cm y altura entre 5-12 m. Presencia de un espejo de agua estrecho. Suelo muy húmedo y oscuro. Cultivo de caña de azúcar alledaño. Presencia de ganado y colinda con un botadero de basuras.

-Ciénaga. Coordenadas: 9°22'8,71" N, 73°37'43,81" W. Vegetación escasa árida. Estrato dominante arbustivo; Asteraceae, Boraginaceae e islas de Polygonaceae de 2-3 m de altura y arbolitos esporádicos de 7-8 m de altura (Polygonaceae). Margen derecho de la ciénaga Pajalar. Presencia constante de ganado.

La Jagua de Ibirico

-Río Palmita. Coordenadas: 9°29,8'05" N, 73°24,2'03" W. Vegetación tipo bosque de ribera con cobertura de dosel de 80% del total del transecto, con dos estratos. Arbóreo; arbolitos de Leguminosaceae de 7-11 m de altura y DAP de 68-75 cm. Arbustivo; Bromeliaceae de 1 m de altura, Cystopteridaceae y Phytolaccaceae de 1-150 m de altura. No hay estrato herbáceo. Suelo arenoso y oscuro. Alledaño arroyo Maquencal. Presencia constante de ganado.

-Olivella. Coordenadas: 9°34,3'51" N, 73°19,3'96" W. Bosque secundario con árboles de característica de bosque primario. Cobertura de dosel de árboles de un 90%. Existen tres estratos. Arbóreo; Malvaceae, Anacardiaceae. Arbusto; Heliconiaceae, Melastomataceae. Enredaderas; Rubiaceae. Herbáceo; Araceae. El estrato dominante es por árboles de 1,50 m de caracolí y heliconias. Suelo oscuro semihúmedo. Aledaño al arroyo Sororia. Presencia constante de ganado.

-Pedro Castro. Coordenadas: 9°32,9' 23" N, 73°19,9' 58" W. Vegetación esparcida dominada por arbustos; Melastomataceae, Rubiaceae. Enredadera; Fabaceae. Herbácea; Cyperaceae, Araceae. Pocos árboles: árboles de 6-8 m de altura, 30-40 cm DAP (Fabaceae y Arecaceae). Suelo oscuro, semihúmedo. Área muy intervenida. Presencia de un manantial. Aledaño a un área deforestada recientemente por un asentamiento irregular.

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en los meses de marzo-abril en los municipios de Chimichagua, Chiriguáná y el mes junio en el municipio de La Jagua de Ibirico. Para la realización de los muestreos se aplicó la metodología del programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) que consiste en la extracción de monolitos (25 x 25 x 30 cm) de los cuales se colectaron todos los organismos. Se realizaron 5 monolitos aleatorio en zig-zag a una distancia aproximada de 8-10 m entre ellos en transectos de 50 x 20 m en cada sitio muestreado. Los macroinvertebrados se extrajeron en el mismo sitio de estudio y se devolvió el suelo a los sitios donde fueron extraídos los monolitos.

Los ejemplares se conservaron en una solución de Hood: alcohol al 75% (95 ml) y glicerina (5 ml). La identificación de los organismos se realizó a través de estereoscopios con uso de claves para insectos según Borror, Triplehorn &

Johnson (1989) y comparación en categorías; órdenes y familias. De cada monolito se tomó una muestra homogénea de suelo y se realizó un análisis fisicoquímico de suelos en laboratorio especializado del IGAC: pH: método potenciométrico, en agua o en NaF, carbón orgánico. Suelos: Walkley-Black (% p/v), acidez intercambiable (A.I.), CIC (capacidad intercambio catiónico) y bases intercambiables: extracción con KCl 1N, Fósforo: Bray II, textura del suelo: Bouyoucos.

Se cuantificó la biomasa (g), pero a causa de la pérdida de peso, como resultado de la fijación en alcohol y glicerina, los valores de biomasa se corrigieron así: 19% para las lombrices, 9% hormigas, 11% escarabajos, 6% arañas, 6% miriápodos y 13% para el resto de macroinvertebrados (Decaëns, Lavelle, Jiménez, Escobar & Ripstein, 1994).

Se determinó densidad (individuos x m²) e índice de diversidad de Shannon ($H' = -\sum_{i=1}^n (P_i \cdot \log_2 P_i)$) y equitatividad por el índice de Pielou ($J' = H'/H'_{\max}$). A los datos cuantitativos de biomasa y densidad se les aplicó análisis estadístico de varianza (ANOVA) y de diferencias mínimas significativas (POST-ANOVA) por Tukey. Correlación de Spearman para variables fisicoquímicas y macroinvertebrados. Coeficiente de variación para datos de biomasa, densidad, índice de Shannon y equitatividad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa y densidad de macroinvertebrados

En general, la mayor densidad superficial de macroinvertebrados coincidió con los conceptos básicos del funcionamiento del ecosistema: en los primeros estratos, hojarasca y 0-10 cm se deposita la mayor cantidad de biomasa, particularmente

fitomasa en degradación, la cual por su variable estado de descomposición química y microbial, conforma el sustrato y combustible metabólico de macroinvertebrados. El siguiente estrato 10-20 cm fue el segundo en abundancia. Esto es concordante con lo que afirmaron Maldegue (1959), Lal (1989) y Lavelle Blanchart, Martin, Spain & Martin (1992), al concluir que en ambientes tropicales la mayoría de los grupos de la macrofauna se encuentran confinados en la parte superior, en los primeros centímetros del suelo, en donde existen las reservas de MO.

La media de los valores de densidad de macroinvertebrados encontrados en los sitios de muestreos de los tres municipios fue de 1.290 núm. de ind/m². El análisis de varianza no encontró diferencias estadísticas significativas en los promedios de las densidades entre los municipios ($p > 0,05$), pero sí entre los taxones de cada ecosistema. La prueba Tukey no encuentra un taxón sobresaliente o significativamente diferente entre los ecosistemas.

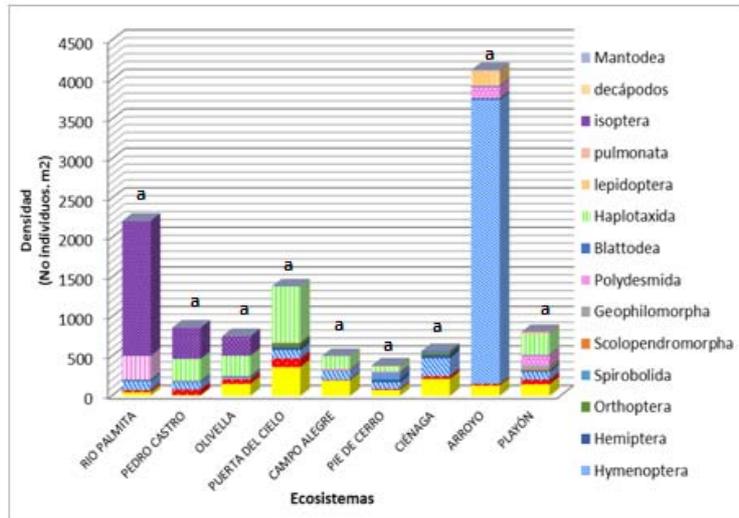
Sin embargo, cabe mencionar que el ecosistema "Arroyo" del municipio de Chiriguaná constituye el valor más alto (4.124 núm. de ind/m²) que corresponde al 35,5% de densidad total de los tres municipios. "Río Palmita" fue el segundo valor más alto (2.216 núm. de ind/m²) perteneciente al 19,09% de la densidad total de los ecosistemas. Consecutivamente, el ecosistema "Campo Alegre" del municipio Chimichagua (504 núm. de ind/m²) fue el segundo valor y el ecosistema con menor densidad fue "Pie de cerro" (384 núm. de ind/m²) del mismo municipio. ([Figura 1](#)).

Mientras tanto, ANOVA determinó diferencias significativas en las poblaciones de los taxones de los municipios ($p < 0,05$). El taxón Hymenoptera con una media poblacional de 97,86 (ind/m²) con mayor abundancia en el ecosistema "Arroyo" precede al grupo Isoptera con una media de 59,64 (ind/m²) en el "Río Palmita", Haplótáxida 44,97 (ind/m²) y Coleópteros 29,86 (ind/m²) en "Puerta del Cielo". La población de los otros taxones tiene una media menor de 10 ind/m².

Teniendo en cuenta que los sitios de muestreos corresponden a ecosistemas con variaciones en la composición fisicoquímica de los suelos (Tabla 4), densidad

vegetal y microclimas, los resultados obtenidos en la densidad poblacional de los macroinvertebrados están fuertemente vinculados a lo afirmado por Swift *et al.* (1976 citado en Curry, 1987a) y Dubs *et al.* (2004). Las propiedades físicas y químicas del suelo afectan a la fauna que lo habita de manera directa por el contenido de materia orgánica, de humedad, pH, la estructura del suelo y la aireación y, de forma indirecta, a través del efecto que tienen sobre la vegetación.

Esto también es concordante con lo afirmado por Hendricks (1985); la estructura del suelo determina la distribución de la fauna. Existe una clara y positiva relación entre el número y tamaño de los poros y el tipo de animales que lo habitan. Los grandes invertebrados ocupan los poros del suelo llenos de aire.



ANOVA determinó que no hay diferencias estadísticas significativas de densidad entre los ecosistemas, pero sí hay diferencias de densidad entre los taxones de los ecosistemas de los tres municipios donde $p < 0,05$. Las columnas con la misma letra indican promedios que no difieren entre sí según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

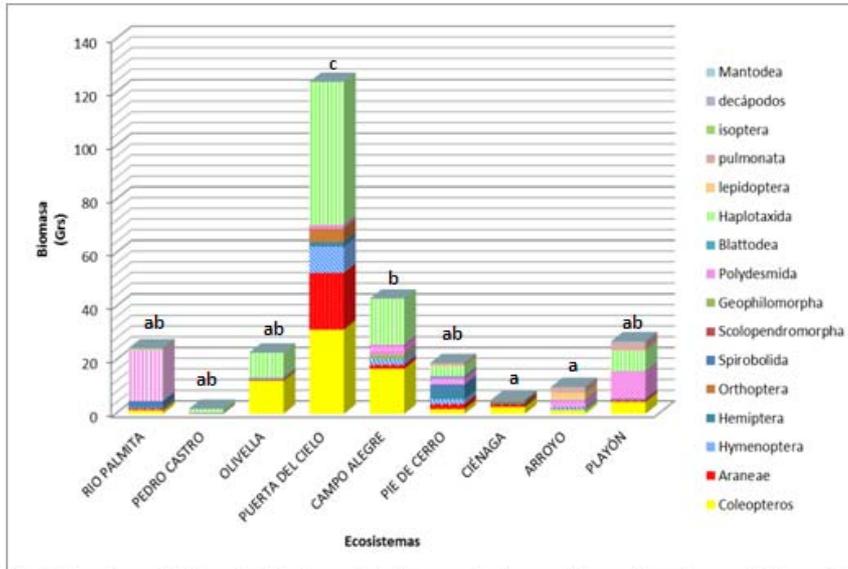
Fuente: los autores.

Figura 1. Composición de la densidad de macroinvertebrados.

En cuanto a la biomasa de la población de macroinvertebrados muestreados, la biomasa de los tres municipios totalizó 277,31 g; los grupos más importantes fueron Haplotoxida (40,5%), Coleóptero (26,15%), Araneae (9,66%) y Polydesmida (7,51%). Los tres municipios presentaron diferencias estadísticas significativas y

según la prueba Tukey el ecosistema “Puerta del Cielo” de Chimichagua se encuentra por encima de los otros ecosistemas de los municipios con una biomasa que representa el 44% del total de biomasa de los municipios (Figura 2) y fueron las lombrices de tierra quienes presentaron la mayor biomasa. Este ecosistema tiene un buen grado de humedad, posee una gran área que es inundable en invierno por la ciénaga de Zapatosa, y el suelo presenta un alto grado de descomposición. Se observó que dicho sitio se encuentra en un estado de sucesión ecológica temprana, esto quiere decir que presenta una estructura simplificada con una estructura trófica del suelo que es más compleja y dinámica en los primeros centímetros de profundidad y soporta poblaciones menores. Estos datos también son coincidentes en cuanto a que los mayores valores de biomasa de macroinvertebrados se observaron en estados de sucesión ecológica o sistemas forestales (suelo cansado, tierra brava o similares) (Sevilla *et al.*, 2002).

El ecosistema con el segundo valor de biomasa con el 15% de la biomasa total corresponde a “Campo Alegre” ecosistema de Chimichagua también, el cual es considerado como un relicto de humedal, actualmente está muy intervenido siendo sometido a pastoreo de ganado y tala, pero aún conserva una buena humedad en el suelo y en los bordes hay presencia de vegetación compuesta por árboles con características de bosque secundario. Mientras tanto, los valores más bajos de biomasa estuvieron en Chiriguaná y La Jagua de Ibirico, 1,82% y 0,66%, y correspondiente a los sitios muestreados “Ciénaga” y “Pedro Castro” respectivamente. Estos dos sitios están muy perturbados; “Ciénaga” presenta evidencia de quema y constante entrada de ganado y en “Pedro Castro” es evidente una alta presión de urbanización ilegal en sus bordes, amenazando con destruir la poca vegetación existente y una fuente de agua natural de la cual se abastece gran parte de la comunidad vecina.



Hay diferencias estadísticas significativas en las biomásas de los ecosistemas de los tres municipios según la prueba de ANOVA $p < 0,05$. Las columnas con la misma letra indican promedios que difieren entre sí según la prueba de Tukey.

Fuente: los autores.

Figura 2. Composición de la biomasa de macroinvertebrados.

Composición taxonómica y diversidad

La macrofauna edáfica en los tres municipios comprendió tres Phyla, 7 clases, 16 órdenes y 35 familias (Tabla 2). La diversidad a partir del índice de Shannon expresa que el ecosistema “Playón” del municipio de Chiriguaná tiene mayor diversidad respecto a los otros ecosistemas con un índice de 2,94, seguido por el ecosistema de “Olivella” del municipio de La Jagua de Ibirico con 2,54. Mientras tanto, el ecosistemas con menor diversidad corresponden al sitio de muestreo “Arroyo” del municipio de Chiriguaná (0,13) En el análisis del índice de equitatividad se observó que el ecosistema “Playón” presenta un valor (0,51) correspondiente con la afirmación de que la abundancia relativa de sus individuos muestreados por especie es igualmente abundante en el área de estudio. También se destaca la tendencia de equidad en los ecosistemas “Pie de cerro” (0,48), “Ciénaga” (0,48) y “Pedro Castro” (0,44) (Tabla 3).

Tabla 2. Taxonomía y rol funcional de los macroinvertebrados edáficos encontrados en los municipios de Chimichagua, Chiriguana y La Jagua de Ibirico (Cesar)

Phylum	Clase	Orden	Familias	Grupo funcional	
Arthropoda	Insecta	Blattodea	Blaberidae y Blattidae	Omnívoros	
		Coleoptera	Carabidae, Staphylinidae, Coccinellidae, Scarabaeidae, Curculionidae, Elateridae, Cantharidae, Anobiidae	Rizófagos, depredadores, detritívoros, fitófagos, coprófagos, saprófagos	
			Isoptera	Termitidae	Geófagos, detritívoros, rizófagos y fitófagos, cultivadores de hongos
			Lepidoptera	Nymphalidae y Noctuidae	Fitófagos
		Hymenoptera	Formicidae y Tiphidae	Fitófagos, depredadores, detritívoros, omnívoros, nectarívoros, cultivadores de hongos	
			Othoptera	Acrididae	Rizófagos, fitófagos, detritívoros, omnívoros
		Hemiptera	Pentatomidae, Lygaeidae, Geostocoridae, Cicadidae	Rizófagos, fitófagos, Depredadores	
		Mantodea	Mantidae	Depredadores	
	Diplopoda	Polydesmida	Polydesmidae	Detritívoros	
		Spirobolida	Julidae	Detritívoros	
	Chilopoda	Scolopendromorpha	Scolopendridae	Depredadores	
		Geophilomorpha	Ballophilidae y Himantariidae	Depredadores	
	Arachnida	Araneae	Aniphaenidae, Agelenidae, Lycosidae, Theraphosidae, Araneidae	Depredadores	
	Malacostraca	Decapodos	Parathelphusidae	Omnívoros, carroñeros	
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbricidae	Geófagos, detritívoros, omnívoros	
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Veronicellidae y Camaenidae	Fitófagos, detritívoros	

Fuente: los autores.

Los taxos orden Coleópteros, Araneae y Hymenoptera aparecen con una frecuencia del 100% en todos los ecosistemas muestreados de los tres municipios, Haplotáxida en el 88%, Hemiptera y Blattodea están representados en el 77% de los ecosistemas, Polydesmida con 66% y Geophilomorpha con 55%, el resto de taxones aparecen con una frecuencia menor del 50% en los municipios ([Figura 2](#)). Es de importancia destacar que los taxos Decápodos y Mantodea son exclusivos de los ecosistemas “Playón” y “Arroyo” respectivamente

Se puede observar que la composición taxonómica de los municipios está formada prácticamente por tres taxos orden y los de mayor biomasa fueron Coleópteros e Himenópteros. Además, Coleópteros fue el taxón con mayor número de familias

(8), probablemente porque este grupo presenta una gran diversidad de gremios tróficos. Mientras que Aranae presentó menor biomasa en su frecuencia de aparición en los sitios de muestreo y cinco taxas de familias, debido tal vez a su especificidad funcional de depredador limitada a la presencia o densidad de otros invertebrados. También existen taxas menos frecuentes y exclusivos con número de taxas de familias entre 1-2 máximo, los cuales indican que tienen rangos de tolerancia más restringidos o son más especializados en el uso de determinados recursos, o pertenecen a niveles tróficos más altos (Tabla 2).

Las familias con mayor número de individuos en cada municipio correspondieron en Chimichagua a: Lumbricidae (234), Carabidae (144) y Formicidae (71). En Chiriguaná: Carabidae (87) y Termitidae (82). En La Jagua de Ibirico: Termitidae (581), Lumbricidae (206) y Scarabaeidae (49). De acuerdo a esto, las familias Formicidae y Termitidae fueron las taxas con mayor representación de individuos a nivel general.

Tabla 3. Diversidad (índice de Shannon), biomasa, densidad y equitatividad de macroinvertebrados.

ECOSISTEMAS	Biomasa total (g)	Densidad total núm. indi/m ²	Índice de Shannon	Equitatividad
Pie de cerro	18,941	384	2,00	0,48
Puerta del Cielo	124,0096	1384	1,80	0,32
Campo Alegre	43,039	504	1,59	0,36
Arroyo	10,02	4124	0,91	0,13
Playón	27,08	808	2,94	0,51
Ciénaga	5,059	568	2,20	0,48
Río Palmita	24,478	2216	1,73	0,27
Olivella	22,842	756	2,57	0,46
Pedro Castro	1,8479	864	2,51	0,44
* CV	1,20496548	0,93187525	0,30051635	0,326608279

Chimichagua
 Chiriguaná
 La Jagua de Ibirico

* Cv: coeficiente de variación.

Fuente: los autores.

Macroinvertebrados y variables fisicoquímicas

El ecosistema "Ciénaga" del municipio de Chiriguaná se destacó notablemente por poseer valores muy altos de carbono orgánico (3,4%), nitrógeno total (0,27%) y Na (0,91 cmol (+)/kg) ([Tabla 4](#)). Esto es comprensible si se tiene en cuenta que el área muestreada comprendió los bordes de la ciénaga Pajalar, un área inundable en invierno, vegetación homogénea arbustiva, escasa y sin árboles, la cual está expuesta a sobrepastoreo de ganado, con presencia de abundantes heces de ganado en el suelo, y además evidencia de quema reciente. Estos factores se ven reflejados en la composición de la macrofauna del lugar pues su población está representada mayoritariamente por Formicidos y Coleópteros. Este último está representado mayoritariamente por la familia Carabidae, ambas taxas son móviles, pueden desplazarse con gran libertad en la búsqueda de alimentación.

Es bien sabido que las aguas superficiales y subterráneas del centro del Cesar reciben un gran impacto por la explotación carbonífera y que estos, a su vez, ejercen una gran influencia alimentando el complejo cenagoso de Zapatosa, por lo tanto en este sentido puede ser interesante aplicar técnicas más complejas para la distinción de las distintas fracciones orgánicas en suelos y residuos mineros procedentes de la explotación carbonífera, ya que según Díaz, Arranz & Peñuela (2013) el carbón procedente de la explotación minera puede contener elevados niveles de materia orgánica la cual es esencialmente carbón residual.

Por otra parte, el pastoreo es una práctica que afecta a la macrofauna del suelo. Los efectos son causados a través del corte de la vegetación, del pisoteo y por la presencia de heces (Morris, 2000). Existen diferencias según el tipo de ganado en la manera y selectividad con que es cortada la vegetación y la presión que realizan en el suelo (Hutchinson & King, 1980; Bell, Wheeler & Cullen, 2001; Ilmarinen, Mikola & Vesterberg, 2004).

Tabla 4. Resultados de análisis químico de los suelos muestreados

ECOSISTEMAS	(cmol(+)/kg)			mg/kg		%				
	Complejo de cambio			P	pH	Granulometría		Materia Orgánica		Acidez
	Na	Mg	K			Arena	Arcilla	C.O.	N total	S.A.I
Puerta del Cielo	0,11	0,15	0,14	21,7	4,5	59,8	10	1	0,05	39,1
Campo Alegre	0,09	0,06	0,04	3,9	5	90	4	0,72	0,01	42,4
Pie de Cerro	0,09	7,9	0,1	77,4	7,3	55,5	12,1	1,6	0,05	-
Arroyo	0,39	8,1	0,14	351	6,2	37,4	16,2	1,5	0,07	
Playón	0,2	2,2	0,15	21,8	5,4	35,2	28,4	1,5	0,08	1,2
Ciénega	0,91	3,9	1,7	47,6	4,5	23,7	51,4	3,4	0,27	4,0
Río Palmita	0,29	0,07	0,95	3,4	4,3	69,8	10,1	1,6	0,05	59,7
Olivella	0,19	0,64	0,07	19,1	5,9	57,7	12,1	0,88	0,04	-
Pedro Castro	0,62	0,35	0,43	30,1	4,4	21,1	34,4	2,6	0,08	58,9
*CV	0,87	1,277	1,357	1,72	0,19	0,452	0,7673	0,522	0,97	1,05

* Coeficiente de variación de las variables.

Resultados de las variables fisicoquímicas más sobresalientes de los sitios de muestreos. Realizado por laboratorios del IGAC

Fuente: los autores.

El resto de ecosistemas fluctúan en porcentajes normales de estos dos componentes claves del suelo, sin embargo se exceptúan los ecosistemas “Campo Alegre” C.O. (0,72%), N (0,01%) y “Olivella” C.O. (0,88%) y N (0,27%) cuyos valores corresponden a niveles bajos de acuerdo a los estándares establecidos por el IGAC (Tabla 4), pero sus biomásas están por encima del ecosistema “Ciénega” (43,039 g) y (22,842 g) respectivamente. Lok (2005) planteó que los organismos de la macrofauna prefieren los restos vegetales con una relación C/N relativamente baja, por ser de más fácil acceso y descomposición, lo que explica su fuerte selectividad hacia la vegetación que existe sobre el suelo.

Se observó una tendencia de aumento de la población del taxón Hemiptera en aquellos ecosistemas con valores altos de nitrógeno, arcilla y porcentajes de carbono por encima de 1,0%, incluso se determinó que el número de ejemplares del taxón Hemiptera poseía además una fuerte relación directa con la presencia de fósforo en los suelos muestreados (Tabla 5) y los suelos con altos niveles de fósforo presentaban condiciones de aridez y poca densidad. Esto coincide con lo determinado por Ruiz-Cobo, Feijoo & Rodríguez (2010), quienes encontraron que

los hemípteros estuvieron asociados a los ambientes más perturbados de su estudio.

Mientras tanto, la biomasa del taxón coleóptero varía de acuerdo a los niveles de carbono determinados en los suelos de los tres municipios ([Tabla 5](#)). El taxa Coleóptero difícilmente puede describirse como un taxa indicador de calidad del suelo, su diversidad morfológica le permite explorar un sinnúmero de hábitats, por ende son los taxas familias los cuales poseen especificidad funcional y permiten revelar elementos relevantes de la calidad del suelo estudiado.

Los sitios que presentaron las menores biomásas de macroinvertebrados fueron aquellos con pH por debajo de cinco ([Tabla 5](#)); “Río Palmita” (4,3), “Pedro Castro” (4,4), “Ciénaga” (4,5) considerados como suelos muy fuertemente ácidos (IGAC, 2014). Estos sitios también tienen en común presentar niveles de fósforo extremos; bajos o muy alto ([Tablas 4 y 5](#)). Antecedentes previos demuestran que las preferencias de macroinvertebrados por el pH son diversas, la mayoría de los organismo evitan los suelos ácidos (Hendricks, 1985). En general, se considera que los suelos con valores de pH inferiores a 5,5 pueden restringir el desarrollo vegetativo por presencia de aluminio intercambiable, hierro y manganeso en niveles altos que causan toxicidad a las plantas y fijan el fósforo, impidiendo la absorción de este por las plantas. Por lo tanto, el pH es un factor que afecta la densidad vegetal y este, a su vez, afectaría la población de macroinvertebrados en un suelo. Es así como Curry (1987b) en su trabajo comprobó que las variaciones microclimáticas asociadas a la estructura y densidad de la vegetación y a la presencia de residuos, afectan considerablemente la distribución de los invertebrados dentro de la pastura y su persistencia durante adversidades climáticas.

No se puede asegurar si la marcada acidez de los sitios muestreados esté relacionada directa o indirectamente con la influencia de la explotación carbonífera de la zona, sin embargo Murad & Rojik (2004) indican la importancia de identificar la presencia de minerales potencialmente formadores de drenaje ácido de minas o minerales producto de la oxidación en minas de carbón (pirita, lepidocrosita, goetita, etc.) los cuales son considerados responsables de la formación de aguas ácidas. Díaz *et al.* (2013) comprobaron un incremento importante del contenido en

sulfatos en varias muestras de suelo analizadas en el municipio de La Jagua de Ibirico, reconociendo como posible fuente la oxidación de la pirita que pudiera estar en las capas de carbón.

Tabla 5. Índice de correlación de Spearman entre variables diferentes

Variables	r Spearman	p
N y P	0,587	0,096
C y N	0,789	0,012
C y P	0,462	0,21
P y Biomasa	-0,55	0,125
No. taxa y C	0,744	0,022
No. taxa y N	0,712	0,031
No. taxa y arcilla	0,547	0,128
Arcilla y Hemiptera	0,434	0,244
pH y Biomasa	-0,636	0,066
pH y Blattodea	0,406	0,279
pH y Haplotaxida	-0,569	0,11
Cy Hemiptera	0,479	0,193
Cy Coleoptero	-0,437	0,24
P y Hemiptera	0,701	0,035
P y Haplotaxida	-0,617	0,077
Mg y Haplotaxida	-0,667	0,05
Mg y Blattodea	0,474	0,197
N y Hemiptera	0,589	0,089

N: nitrógeno. P: fósforo. C: carbono orgánico. Mg: magnesio. No.: Número.

Fuente: los autores.

Sin embargo, el sitio de muestreo “Puerta del Cielo”, a pesar de poseer un pH bajo (4,5) posee una biomasa alta de 124 g. Se cree que esto se debe a la alta humedad que había en varios puntos del área de estudio y materia orgánica en descomposición, situación que promueve que la composición de su biomasa esté representada notablemente por el taxón Haplotáxida. Las lombrices de tierra son unos organismos con una importante participación en la disponibilidad del fósforo a

las plantas y a otros organismos (Guggenberger, Haumaier, Thomas & Zech, 1996; Jiménez, Cepeda, Friesen, Decaëns & Oberson, 2001), permitiendo así unas condiciones de microhábitats enriquecidos que favorecen la presencia de otros macroinvertebrados.

La población de Haplotáxida fluctuaba en los muestreos de acuerdo a los niveles en que se encontraran conjuntamente elementos como el pH, P y Mg en los ecosistemas analizados ([Tabla 5](#)).

Asimismo, ejemplares del taxón Blattodea disminuían cuando el pH de los suelos se encontraba en rangos muy ácidos y aumentaban cuando el nivel de Mg ascendía.

CONCLUSIONES

De las variables densidad y biomasa analizadas en este estudio, esta última fue la que estadísticamente mejor reflejó las diferencias en población de macroinvertebrados.

Los taxa Himenoptera e Isoptera estuvieron en mayor densidad en este estudio, especialmente en ecosistemas con características ambientales de suelo seco a semiseco, poca vegetación y un grado de intervención considerable. Además, se encontró que el taxa Hemiptera posee una predisposición por estos hábitats secos y de poca vegetación

La biomasa estuvo directamente relacionada con la presencia de humedad y disponibilidad de materia orgánica en el suelo. El taxa Haplotáxida representado por las lombrices de tierra fue el grupo más sobresaliente en esta variable.

En cuanto a la diversidad, se aprecia que el 55% de los ecosistemas estudiados están ubicados en el rango normal del índice de diversidad de Shannon, y el 45% restante están categorizados como diversidad baja.

Los taxas orden más frecuentes en el estudio fueron: Coleópteros, Araneae e Hymenoptera. El que presentó mayor número de familias fue Coleoptera seguido por Araneae. Las familias con mayor número de individuos fueron Formicidae y Termitidae.

Respecto a las variables fisicoquímicas. En general, los suelos estudiados presentaban una tendencia a suelos ácidos, condición que fue limitante para la variable de biomasa en la mayoría de los ecosistemas estudiados, exceptuando aquellos que presentaban otros factores influyentes como la humedad, evidenciaron valores de biomasa favorable.

Los sitios de muestreo con mayor número de grupo taxonómico orden fueron los que presentaron valores altos de densidad poblacional, carbono, nitrógeno total y una tendencia a mayor porcentaje de arcilla.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la Universidad Popular del Cesar (UPC), entidad gestora y financiadora del proyecto. A la oficina de extensión de investigación de la UPC por la gestión y manejo de los recursos del proyecto. Al programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental UPC, por el préstamo de laboratorios y equipos. Especial agradecimiento a los estudiantes integrantes del semillero ECOAMIC por su participación en las salidas de campo, recolección e identificación de insectos: Leidys Julieth Cervantes López, Nayiris Marcela López

Calleja, Angélica Ayala Cudriz, Alirio Alexander Arias Alvarado, Jaider Enrique Salazar Muñoz, Camilo Andrés Arias Márquez y Jean Carlos Ospino Jiménez.

POTENCIAL CONFLICTO DE INTERESES

No existió conflicto de intereses en la realización de esta investigación.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

Este trabajo fue desarrollado con recursos financieros de la oficina de investigación de la Universidad Popular del Cesar, a través de la participación en una convocatoria interna de la Universidad.

REFERENCIAS

- Bell, J. R., Wheeler, C. P., & Cullen, W. R. (2001). The implications of grassland and heathland management for the conservation of spider communities: a review. *Journal of Zoology*, 255, 377-387.
- Borror, D. J., Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (1989). *An introduction to the study of insects*. New York-Philadelphia: Saunders College Publisher.

- Curry, J. P. (1987a). The invertebrate fauna of grassland and its influence on productivity. II. Factors affecting the abundance and composition of the fauna. ***Grass and Forage Science***, 42, 197-212.
- Curry, J. P. (1987b). The invertebrate fauna of grassland and its influence on productivity. III. Effects on soil fertility and plant growth. ***Grass and Forage Sci.***, 42, 321-421.
- Decaëns, T., Lavelle, P., Jiménez, J. J., Escobar, G., & Ripps-tein, G. (1994). Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. ***Eur. J. Soil Biol.***, 30(4), 157-168.
- Díaz, L. C., Arranz, J. C., Peñuela, G. (2013). Caracterización físico-química y mineralógica de suelos en zona carbonífera del Cesar, Colombia. ***Interciencia***, 38(1), 42-47.
- Dubs, F., Lavelle, P., Brennan, A., Eggleton, P., Haimi, J., Ivits, E.,... & Watt, A. (2004). Soil macrofauna response to soil, habitat and landscape features of land use intensification: an European gradient study. En ***International Colloquium on Soil Zoology and Ecology. (France). Session 7. Functional groups and valuation as indicators of soil fauna.***
- Guggenberger, G., Haumaier, L., Thomas, R. J., & Zech, W. (1996). Assessing the organic phosphorus status of an Oxisol under tropical pastures following native savanna using ³¹P NMR spectroscopy. ***Biol. Fertil. Soils***, 23, 332-339.
- Hendricks, D. M. (1985). Animals and Soil in Arizona. En D. M. Hendricks (Ed.), ***Arizona Soils*** (pp. 55-62). Tucson: University of Arizona.
- Hutchinson, K. J., & King, K. L. (1980). The effects of sheep stocking level on invertebrate abundance, biomass and energy utilization in a temperate, sown grassland. ***Journal of Applied Ecology***, 17, 369-387.

- Ilmarinen, K., Mikola, J., & Vesterberg, M. (2004). Do mammalian grazers affect plant growth and plant quality via long term soil feedbacks? En *International Colloquium on Soil Zoology and Ecology. (France). Sessions 5, poster contributions.*
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2014). Sucre y Atlántico lideran el “anti ranking” de los departamentos con más conflictos en el uso de sus suelos en el Caribe. Recuperado de: <http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/c09c6b0043e72ab79560ffd1f1265d23/Comunicado+Anti+ranking+de+suelos+Regi%C3%B3n+Caribe+-+Abril+25+%28%29.pdf?MOD=AJPERES>
- Jiménez, J., Cepeda, A., Friesen, D. K., Decaëns, T., & Oberson, A. (2001). Phosphorus Availability in casts of an Anecic savanna earthworm in a Colombian Oxisol. En J. Jiménez, R. Thomas (Eds.), *Soil macroinvertebrate communities in the neotropical savannas of Colombia* (pp. 199-211). Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Lal, R. (1989). *Tropical ecology and physical edaphology*. London, UK: John Wiley.
- Lavelle, P., Blanchart, E., Martin, A., Spain, A. V., & Martin, D. (1992). Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. En R. Lal, P. A. Sánchez (Eds.), *Myths and science of soils in the tropics* (pp. 157-185). Madison, WI: Soil Science Society of America.
- Lok, S. (2005). *Determinación y selección de indicadores del sistema suelo-pasto en pastizales dedicados a la producción de ganado vacuno*. (Tesis de doctorado). Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Maldegue, M. (1959). Importance et rôles de la microfaune du sol. *Bull. Agric. Congo Belge*, 50, 5-34.

- Mejía, E. M. (2011). Impactos ambientales ocasionados por la minería en el departamento del Cesar. En ***Impactos ambientales de la minería en Colombia***. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/elturcolopez/impactos-ambientales-de-la-mineria-en-colombia>
- Morris, M.G. (2000). The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. *Biological Conservation* 95:129-142.
- Murad, E., & Rojík, P. (2004). Jarosite, schwertmannite, goethite, ferrihydrite and lepidocrocite: The legacy of coal and sulfide ore mining. En ***Australian New Zealand Soils Conference*** (pp. 1-8). Sydney, University of Sydney.
- Plan Básico de Ordenamiento Territorial de La Jagua de Ibirico - Cesar. (2000). Recuperado de <http://lajaguadeibirico-cesar.gov.co/index.shtml?apc=cfx--2585688&x=2584270>
- Rangel-Ch., J., & Carvajal-C., J. (2009). Clima de la Serranía de Perijá. En J Rangel-Ch. (Ed.), ***Colombia Diversidad Biótica VIII. Media y baja montaña de la Serranía de Perijá***(pp. 3-49). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Rangel-Ch., J., Lowy, P., & Aguilar, M. (1997). ***Colombia Diversidad Biótica II. Tipos de vegetación en Colombia***. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Rendón Pareja, S., Artunduaga Lemus, F., Ramírez Pisco, R., Quiroz Gamboa, J., & Leiva Rojas, E. (2012). Los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Suelo en Cultivos de Mora, Pasto y Aguacate. ***Revista Facultad Nacional De Agronomía***, 64(1), 5793-5802. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/26381/26731>

- Ruiz-Cobo, D. H., Feijoo, A., & Rodríguez, C. (2010). Macroinvertebrados edáficos en la cuenca del río Otún, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*, 2, 165-178.
- Schowalter, T. (1985). Adaptation of insects to disturbance. En P. White, S. Pickett (Eds.), *The ecology of natural disturbance and patch dynamics* (pp. 235-252). New York: Academic Press.
- Sevilla, F., Oberthür, T., Usma, H., Escobar, G., Pardo Lo-carno, L. C., & Narváez, G. C. (2002). Exploración de la presencia y abundancia de la coleóptero fauna edáfica en diferentes usos de la tierra en una microcuenca del departamento del Cauca. En *Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, 37. Ponencias*. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño.

1. M.Sc. Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia. laurarojas@unicesar.edu.co. ORCID: 0000-0003-1869-0583

2. M.Sc. Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia. cienciasnaturales@unicesar.edu.co. ORCID: 0000-0001-8193-4646

3. Lic. en Ciencias Naturales y Educación Ambiental - Estudiante de Maestría en Ciencias y Tecnologías Ambientales. Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia. alvarozequeira@unicesar.edu.co. ORCID: 0000-0003-4516-4132

Para citar este artículo: Rojas Martínez, L. E., Montero Oñate, M. T., & Zequeira Cuervo, Á. A. (2016). Evaluación de la diversidad de macroinvertebrados edáficos en municipios del centro del Cesar (Chimichagua, Chiriguaná y La Jagua de Ibirico). *Revista Luna Azul*, 43, 203-228. Recuperado de http://200.21.104.25/lunazul/index.php?option=com_content&view=article&id=199

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

