

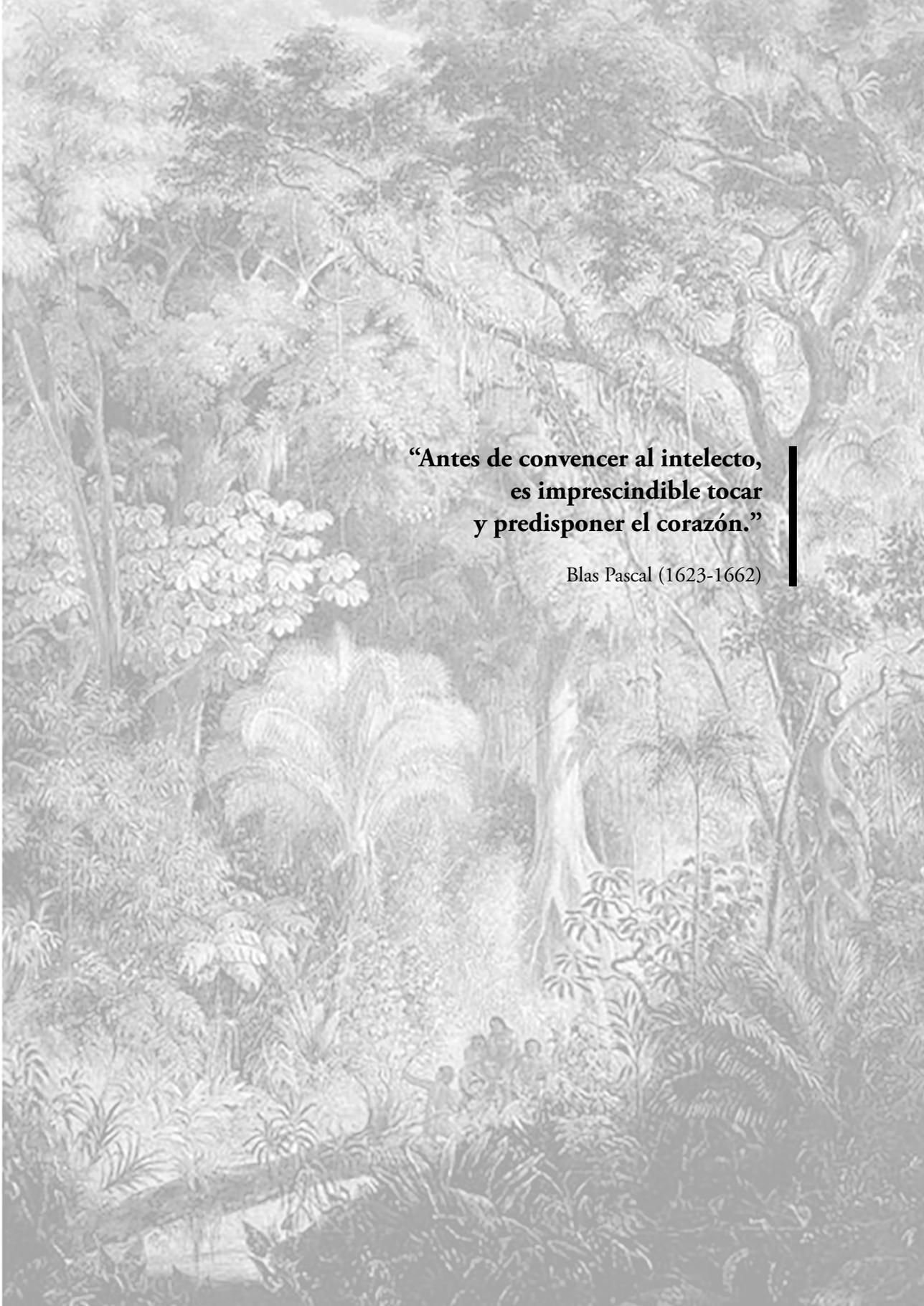
**BOLETÍN CIENTÍFICO  
CENTRO DE MUSEOS  
MUSEO DE HISTORIA NATURAL  
Vol. 26 No. 1**

---

SCIENTIFIC BULLETIN  
MUSEUM CENTER  
NATURAL HISTORY MUSEUM  
VOL. 26 NO. 1

bol.cient.mus.his.nat.	Manizales (Colombia)	Vol. 26 No. 1	244 p.	Enero-junio de 2022	ISSN 0123-3068 (Impreso)	ISSN: 2162-8190 (En línea)
------------------------	----------------------	---------------	--------	------------------------	-----------------------------	-------------------------------





**“Antes de convencer al intelecto,  
es imprescindible tocar  
y predisponer el corazón.”**

Blas Pascal (1623-1662)

**BOLETÍN CIENTÍFICO  
CENTRO DE MUSEOS  
MUSEO DE HISTORIA NATURAL**

**ISSN 0123-3068 (Impreso)  
ISSN: 2462-8190 (En línea)  
-Fundada en 1995-  
Nueva periodicidad semestral  
Tiraje 150 ejemplares  
Vol. 26 No. 1, 244 p.  
enero-junio, 2022  
Manizales - Colombia**

**Rector  
Vicerrectora Académica  
Vicerrectora de Investigaciones y Postgrados  
Vicerrector Administrativo  
Vicerrectora de Proyección Universitaria  
Decano Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Directora Centro de Museos**

*Alejandro Ceballos Márquez  
Gretel Espinosa Herrera  
Fernanda Giraldo Zuluaga  
Manuel Humberto Jiménez Ramírez  
Patricia Salazar Villegas  
Ehivra Cristina Ruiz Jiménez  
Carolina Tapasco*

**Boletín Científico  
Centro de Museos  
Museo de Historia Natural**

Revista especializada en estudios  
de Historia Natural y áreas  
biológicas afines.

**Director**

*Julián A. Salazar E.*  
**Médico Veterinario & Zootecnista  
MSc. en Ciencias Biológicas  
Centro de Museos - Universidad de Caldas,  
Colombia**

**Indexada por**

*Publindex Categoría A2  
Zoological Record  
SciELO  
Index Copernicus  
Scopus*

**Cómite Editorial**

*Ricardo Walker*  
**Investigador, Fundador Boletín  
Científico Museo de Historia Natural,  
Universidad de Caldas**  
*Luis Carlos Pardo-Lozano*  
**Ingeniero Agrónomo, Ph.D., MSc.,  
CIAT Palmira, Valle**  
*John Harold Castaño*  
**MSc. Programa Biología,  
Universidad de Caldas**  
*Luis M. Constantino*  
**Entomólogo, MSc., Centro de  
Investigaciones para el café  
-CENICAFÉ -**  
*Alfonso Villalobos Moreno*  
**Doctor en Entomología, Ph.D. de la  
Universidad Nacional de Colombia,  
Bogotá**  
*Gabriel Jaime Castaño*  
**Ingeniero Forestal, Departamento de  
Recursos Naturales y Medio Ambiente,  
Universidad de Caldas**  
*Ricardo Álvarez León*  
**Biólogo Marino, MSc. Fundación  
Maguaré, Manizales**  
*Efraim Reinol Henao Bañol*  
**PhD. en Entomología  
Conservación Internacional  
Colombia**

**Cómite Internacional**

*Ángel L. Viloria*  
**Biólogo-Zoólogo, Ph.D., Centro  
de Ecología, IVIC, Venezuela**  
*Tomasz Pyrz*  
**Entomólogo, Ph.D., Museo de  
Zoología Universidad Jagiellónica,  
Polonia**  
*Zsolt Bálint*  
**Biólogo, Ph.D., Museo de Historia  
Natural de Budapest, Hungría**  
*Carlos López Vaamonde*  
**Ingeniero Agrónomo, Entomólogo,  
MSc., Ph.D., BSc. Colegio  
Imperial de Londres, UK**  
*George Beccaloni*  
**Zoólogo, Ph.D., BSc.- Colegio  
Imperial de Londres, UK**  
*Olaf Hermann H. Mielke*  
**Zoólogo, Ph.D., Departamento de  
Zoología, Universidad Federal de  
Paraná, Brasil**

**Comité Técnico de apoyo a la edición**  
**Coordinador Comité Técnico** | *Juan David Giraldo Márquez*  
**Diagramación** | *Carolina Cortés Mías*  
**Corrección de Estilo** | *Mariana Velásquez Mejía*  
**Corrección de estilo en Inglés** | *Olga C. Umaña Corrales*  
**Traducción de resúmenes al inglés** | *Silvia L. Spaggiari*  
**Implementación metodología SciELO** | *Carlos Fernando Nieto Betancur*  
**Soporte Tecnológico** | *Carlos Eduardo Tavera Pinzón*

**Ventas, Suscripciones y Canjes** | **Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados**  
Universidad de Caldas  
Sede Central  
**Dirección:** Calle 65 No. 26-10  
**Apartado Aéreo:** 275  
**Teléfonos:** (+6) 8781500 ext. 11222 - 11442  
**E-mail:** julian.salazar\_e@ucaldas.edu.co  
revistascientificas@ucaldas.edu.co  
Manizales – Colombia

**Sitio Web** | <http://boletincientifico.ucaldas.edu.co>

**Edición** | Universidad de Caldas  
Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados

**Patrocinadores** | Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados  
*Universidad de Caldas* | Centro de Museos  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

**Fotografía Portada** | *Prepona praeneste* (Hewitson) Nymphalidae-  
Charaxinae  
Foto: Luis Miguel Constantino  
Farallones de Cali-Valle, Cordillera Occidental

**Créditos Separadores** | América Pintoresca

La responsabilidad de lo expresado en cada artículo es exclusiva del autor y no expresa ni compromete la posición de la revista.

El contenido de esta publicación puede reproducirse citando la fuente.





**CONSERVACIÓN Y BIODIVERSIDAD  
EN AGROECOSISTEMAS**  
Conservation and Biodiversity in Agroecosystems

***Restoration strategy drives the leaf litter myriapod richness (Arthropoda: Myriapoda) on a protected area***

La estrategia de restauración define la riqueza de Miriápodos (Arthropoda: Myriapoda) de la hojarasca en un área protegida

*Fabiola Ospina-Bautista, Pablo A. López-Bedoya, Jaime Vicente Estévez, Daniela Martínez-Torres, Sebastián Galvis Jiménez*

13

**Rhipicephalus (Boophilus) microplus Murrell & Barker, 2003 (Ixodida: Ixodidae) evaluación de la efectividad de acaricidas sobre sus poblaciones en el Tolima medio**

Rhipicephalus (Boophilus) microplus Murrell & Barker, 2003 (Ixodida: Ixodidae) evaluation of the effectiveness of acaricides on populations from Tolima middle

25

*Jeison Yaima-Yate1, Edgar Díaz-Rivera*

**Identification of functional groups of insects associated with family agricultural production systems in the province of Sumapaz, Colombia**

Identificación de grupos funcionales de insectos asociados a sistemas de producción de agricultura familiar en la Provincia del Sumapaz, Colombia

41

*Natalia Escobar Escobar, Mónica Castro J., Yesica Baquero G., Daniela Hoyos-Benjumea*

**Analysis of Wildlife Roadkill in a Road Circuit. Case study of a Colombian road in the Department of Huila: Neiva - Rivera - Campoalegre**

Análisis de animales atropellados en un circuito vial. Estudio de caso de una carretera colombiana en el departamento del Huila: Neiva - Rivera - Campoalegre

55

*Juan Sebastián Arana Rivera, Santiago Gutiérrez Quintero, Natalia Álvarez L.*

**Spatio-temporal variation of hydrobiological communities (Animalia: Invertebrata) downstream of the El Quimbo dam, Huila, Colombia**

Variación espacio-temporal de las comunidades hidrobiológicas (Animalia: Invertebrata) río abajo de la represa de El Quimbo, Huila, Colombia

73

*Rubén Darío Valbuena-Villareal*

**Cambios en la comunidad de aves durante la sucesión natural, en áreas mineras auríferas abandonadas, municipio de Condoto (Chocó), Colombia**  
Changes in the bird community during the natural succession, in abandoned gold mining areas, municipality of Condoto (Choco), Colombia

85 *Ismael Palacios-Palacios, Gloria Yaneth Flórez-Yépes, Eric Yair Cuesta Ríos*

**Estructura poblacional y estado de conservación de *Rhinoclemmys melanosterna* Gray, J.E, 1861 (Orden: Rhinoclemmys Familia Geoemydidae) en ecosistemas perturbados por minería en el Pacífico colombiano**  
Population structure and conservation status of *Rhinoclemmys melanosterna* Gray, J.E, 1861 (Order: Rhinoclemmys Family Geoemydidae) in ecosystems disturbed by mining in the Colombian Pacific

99 *Mayra Yulenis Rengifo-Palacios, Zuleiny Cetré-Mosquera, Jhon Tailor Rengifo-Mosquera, Julio César Halaby-Guerrero*

## ZOOLOGÍA VERTEBRADOS

Vertebrate Zoology

**First record of anomalous coloration for *Eptesicus taddeii* (Vespertilionidae) in the Atlantic Forest, South Brazil**  
Primer registro de coloración anómala de *Eptesicus taddeii* (Vespertilionidae) en Mata Atlántica, Sur de Brasil

113 *Luana de Almeida Pereira, Sabrina Marchioro, Gabriel Cezar Silveira Rocha, João Marcelo Deliberador Miranda*

## ZOOLOGÍA INVERTEBRADOS

Invertebrate Zoology

**Especies de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso (Santander, Colombia)**  
Species of *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) in the area of influence of the Sogamoso Hydroelectric Power Plant (Santander, Colombia)

121 *Wilber Gómez-Vargas & Giovanni Zapata-Úsuga*

**Descripción morfológica del imago y los estados inmaduros de *Heilipus elegans* (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae), especie plaga de plantaciones de aguacate en Colombia**  
Morphological description of the imago and the immature stages of *Heilipus elegans* (Coleoptera: Curculionidae, Molytinae) pests species of avocado in Colombia

135 *Yesica Yulieth Gómez-L, José David Rubio-G, Luis Fernando Vallejo-E*

**Eurhizococcus colombianus Jakubski (1965) (Hemiptera: Margarodidae): Evaluación de su control biológico utilizando una mezcla de los nematodos entomopatógenos Steinernema (Rhabditida: Steinernematidae) y Heterorhabditis (Rhabditida: Heterorhabditidae)**  
Eurhizococcus colombianus Jakubski (1965) (Hemiptera: Margarodidae): Evaluation of its biological control using a mixture of the entomopathogenic nematodes Steinernema (Rhabditida: Steinernematidae) and Heterorhabditis (Rhabditida: Heterorhabditidae)

155 *Ana María Restrepo-García, Laura Bernal-Arias, Alberto Soto Giraldo*

**Curaduría y sistematización de la colección entomológica (Orden Coleoptera) del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas, Manizales, Colombia (MHN-UCa)**  
Curatorship and sistematization of the entomological collection (Coleoptera Order), of the Museum of Natural History, Caldas University, Manizales Colombia

169 *Luis David Montoya-B.*

**Nuevos datos de distribución de dos raros géneros de Prioninae colombianos: Chalcoprius Bates y Braderochus Buquet (Coleoptera: Cerambycidae)**  
New records of two rare genera of Colombian Prioninae: Chalcoprius Bates and Braderochus Buquet (Coleoptera: Cerambycidae)

193 *Luis Carlos Pardo-Locarno*

**Ampliación en la distribución biogeográfica de la familia Pleidae (Hemiptera: Nepomorpha) en Colombia**  
Expansion in the Biogeographic Distribution of the Pleidae Family (Hemiptera: Nepomorpha) in Colombia

203 *Jeny Tatiana Bernal-Z, Camilo Andrés Llano-A, Irina Morales, Lucimar G. Dias*

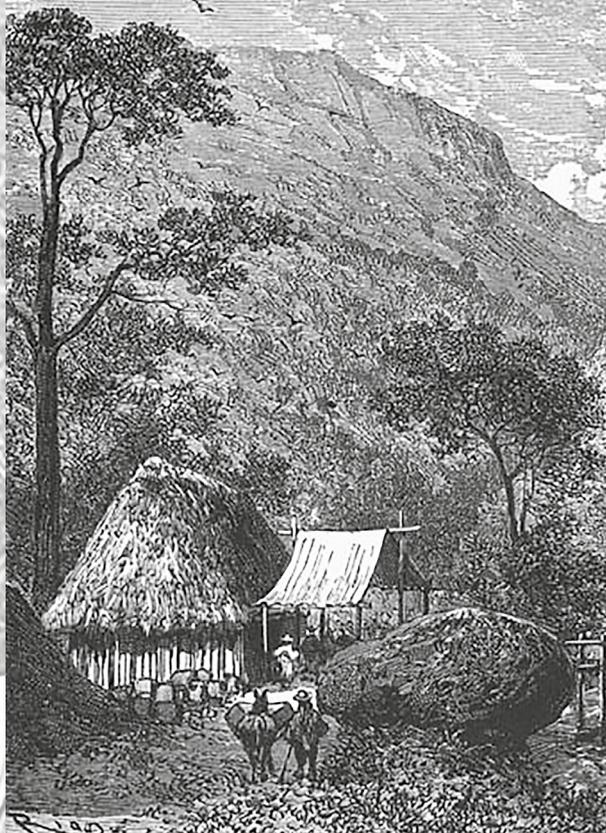
215 **NOVEDADES EN HISTORIA NATURAL**  
NEWS IN NATURAL HISTORY

229 **AUTORES**  
AUTHORS

232 **INSTRUCCIONES A LOS AUTORES**  
AUTHOR GUIDELINES



**CONSERVACIÓN Y BIODIVERSIDAD  
EN AGROECOSISTEMAS**  
**CONSERVATION AND BIODIVERSITY  
IN AGROECOSYSTEMS**





## Restoration strategy drives the leaf litter myriapod richness (Arthropoda: Myriapoda) on a protected area\*

Fabiola Ospina-Bautista<sup>1</sup>, Pablo A. López-Bedoya<sup>2</sup>, Jaime Vicente Estévez<sup>3</sup>, Daniela Martínez-Torres<sup>4</sup>,  
Sebastián Galvis Jiménez<sup>5</sup>.

### Abstract

**Objective:** To determine the leaf litter myriapod community in two restoration strategies of a protective area of Colombia, a secondary forest and an Andean alder plantation. **Scope:** The knowledge of the biodiversity of invertebrates associated with leaf litter breakdown in restoration forests may contribute to assessing the restoration process efficiency and success. Within this forested soil biodiversity framework, myriapods influence organic matter dynamics by transforming leaf litter (or other plant-derived materials), reducing the surface of decomposition, and affecting decomposer communities and their interactions. **Methodology:** We designed a leaf litter translocation experiment using leaf litter of *Alnus acuminata* Kunth and *Hedyosmum bonplandianum* Kunth, the most abundant species in each restoration strategy underway from the 60s in the Reserva Natural Río Blanco y Quebrada Olivares, Manizales, Colombia. We measured the myriapod richness and abundance two and four months after beginning the leaf litter decomposition experimental trials. **Main results:** Classes Diplododa, Chilopoda, and Symphyla colonized the leaf litter in both restoration strategies. The restoration strategy affected myriapod richness, abundance and composition. Myriapod richness and abundance were greater in the Andean alder plantation, millipedes were the most abundance myriapods. Myriapod composition also differs among litter species. The plant composition of each restoration strategy could lead to differences in litterfall quality and, consequently, in the resources available for the colonization of the myriapod community, which contributes directly and indirectly to the decomposition process in the restoration strategies.

**Keywords:** Diplopoda, ecosystem processes, leaf litter, forest plantation, protected area.

\*FR: 1-III-2021. FA: 14-X-2021.

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Ecosistemas Tropicales, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. Email: Fabiola.Ospina@ucaldas.edu.co

 orcid.org/0000-0003-2498-1459 **Google Scholar**

<sup>2</sup> Grupo de Investigación en Ecosistemas Tropicales, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. Email: pablo.lobe19@gmail.com

 orcid.org/0000-0002-5525-1291 **Google Scholar**

<sup>3</sup> Grupo de Investigación en Ecosistemas Tropicales, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. Email: Jaime.estevez@ucaldas.edu.co

 orcid.org/0000-0002-1141-6576 **Google Scholar**

<sup>4</sup> Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Email: sdmartinez@unal.edu.co

 orcid.org/0000-0001-8865-927X **Google Scholar**

<sup>5</sup> Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Email: sgalvisjimenez@gmail.com

 orcid.org/0000-0002-6041-7903 **Google Scholar**



### CÓMO CITAR:

Ospina-Bautista, F., López-Bedoya, P.A., Estévez, J.V., Martínez-Torres, D., Galvis Jiménez, S. (2022). Restoration strategy drives the leaf litter myriapod richness (Arthropoda: Myriapoda) on a protected area. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 13-23. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.1>



## La estrategia de restauración define la riqueza de Miriápodos (Arthropoda: Myriapoda) de la hojarasca en un área protegida

### Resumen

**Objetivo:** Determinar la comunidad de miriápodos asociada a la hojarasca en dos estrategias de restauración de un área protegida de Colombia, un bosque secundario y una plantación de aliso. **Alcance:** El conocimiento de la biodiversidad asociada con la descomposición de la hojarasca en un ecosistema restaurado podría contribuir a evaluar la eficiencia y el éxito de la restauración. Dentro de esta biodiversidad, los miriápodos influyen en la dinámica de la materia orgánica al transformar la hojarasca reduciendo la superficie de descomposición y afectando a las comunidades de organismos asociados a la descomposición. **Metodología:** Diseñamos un experimento de translocación utilizando hojarasca de *Alnus acuminata* Kunth y *Hedyosmum bonplandianum* Kunth, las especies más abundantes en cada estrategia de restauración que se puso en marcha desde los años 60 en la Reserva natural Río Blanco y Quebrada Olivares, Manizales, Colombia. Medimos la riqueza y abundancia de miriápodos después de dos y cuatro meses de descomposición de la hojarasca. **Principales resultados:** Las clases Diplododa, Chilopoda y Symphyla colonizaron la hojarasca de *A. acuminata* y *H. bonplandianum* en ambas estrategias de restauración. La estrategia de restauración afectó la riqueza, abundancia y composición de miriápodos. La riqueza y abundancia de miriápodos fue mayor en la plantación de aliso, los milpiés mostraron la mayor abundancia. La composición de miriápodos difirió entre las especies de hojarasca. La composición vegetal de cada estrategia de restauración podría generar diferencias en la calidad de la hojarasca y, en consecuencia, en los recursos disponibles para la colonización de la comunidad de miriápodos, lo que contribuye directa e indirectamente al proceso de descomposición en las estrategias de restauración.

**Palabras clave:** Diplopoda, Procesos del ecosistema, hojarasca, Plantación, área protegida

### Introduction

The goal of ecological restoration is recovery to achieve a historical state close to the previous ecosystem of a degraded area that has resulted from human perturbation or natural disturbance (Hobbs et al., 2006). The restoration mechanisms to recover plant composition are categorized according to the degree of human intervention (McAlpine et al., 2016). Dispersion (Shiels and Walker 2003) and seed rain from surrounding forests create the secondary forest in abandoned lands or pastures (Aide et al., 2000), a process known as passive restoration. Active restoration also uses native or exotic species to develop and extend forest plantation (Hall et al., 2011). This plantation could have productive goals such as extract wood or protect hydric resources (Paquette and Messier, 2010). The coverage of secondary forests and forest plantations has increased worldwide (FAO, 2001); there are 300 million hectares of secondary forest in America, whereas there were nearly 60 million estimated hectares of forest plantation in 2015 (FAO, 2015).

Litter decomposition is proposed as an indicator of forest recovery, where soil fauna could be relevant in driving the magnitude and stability of organic matter breakdown in a restoration system (Barreto da Silva et al., 2018). Litter decomposition maintains soil fertility through the transfer of nutrients from plants to soil and vice versa (Guendehou et al., 2014; Patricio et al., 2012; Silver et al., 2014). Moreover, litter maintains the microclimatic conditions of the soil, offers a habitat to invertebrates (Cajaiba et al., 2017; Cole et al., 2016), and participates in filtering and reserving water in the soil (Caldeira et al., 2013).

In addition, soil invertebrates affect litter decomposition through fragmentation that stimulates microorganism colonization (Cole et al., 2016, Fujii and Takeda, 2017), dispersion of fungi propagules (Lilleskov and Bruns, 2005), grazing on microorganisms (Crowther et al., 2012), transformation of litter into pellets stimulating microorganism activity (Coulis et al., 2009; Coulis et al., 2013; Lavelle and Spain, 2001), and increasing nitrogen mineralization (David, 2014). Little is known about biodiversity associated to litter decomposition in an ecosystem under restoration processes. Similarly, there is scarce knowledge on the role of decomposition and decomposer fauna in order to assess restoration efficiency, except for a study on restoration strategies in Costa Rica, where litter invertebrates differ among plantations, nucleation/islands, and natural regeneration; abundance, richness, and diversity are higher in nucleation (Cole et al., 2016).

Among invertebrates, myriapods could contribute to litter decomposition in a restoration ecosystem. Millipedes (Diplopoda) are “litter transformers” (Lavelle and Spain, 2001) that break down the litter, ingest fungi from leaf litter, increase bacterial community, create compact fecal pellets reducing the surface of decomposition, and contribute to soil nutrient dynamics (David and Gillon, 2002; David, 2014). Furthermore, centipedes have a top down effect on collembola, which greatly contributes to leaf litter decomposition (Gunther et al., 2014; Santonja et al., 2018). We designed a litter translocation experiment to assess the myriapod community associated to litter decomposition in a secondary forest (passive restoration) and an Andean alder plantation (active restoration). We selected the most common plant species of each site in order to conduct a decomposition experiment for four months and measured the myriapod richness and abundance. Our goal was to determine the myriapod community associated to leaf litter decomposition in a secondary forest and an Andean alder plantation, and to assess if the myriapod community shifts with leaf litter species, litter exposure time, and restoration strategy. We predicted that plant litter quality and restoration strategy could lead to shifts in litter conditions during the decomposition time period and, therefore, to variations in the myriapod community associated to this ecosystem process.

## Materials and methods

### Study area

Our study was conducted at the Reserva Natural Rio Blanco y Quebrada de Olivares located in Manizales, Caldas in the Colombian Central Andes (Sanin et al., 2006). The reserve has an area of 4,932 ha between 2,150 and 3,700 m asl, where there are secondary forests and plantations of *Alnus acuminata* (Kunth) (Fagales: Betulaceae). The area is characterized by an annual mean temperature of  $19 \pm 3$  °C, and a relative humidity of 90%. The annual mean precipitation is 2,500 mm, with most rainfall in two wet seasons: April - May and October -November. In addition, the reserve supplies freshwater to nearby cities, so it is a relevant site for the region (CORPOCALDAS, 2010).

### Design

We selected four plots of 20x20m separated from each other by 300m in a secondary forest (N 5° 4'31.08" – W 75° 26'13.5"; altitude: 2635 m) and four plots in an Andean alder plantation (N 5° 4'8" – W 75° 26'29"; 2467 m). We conducted a litter translocation experiment with the most abundant leaf litter in the Andean alder plantation and secondary forest, *Alnus acuminata* and *Hedyosmum bonplandianum* (Kunth) (Chloranthales: Chloranthaceae), respectively. The plant species are similar in initial leaf thickness and leaf area, but differ in leaf dry-matter content; *H. bonplandianum* has the lowest leaf dry-matter content (mean +/- sd; *A. acuminata* 660.37+/-209.60; *H. bonplandianum* 323.17 +/-105.93).

We used 128 decomposition leaf bags of 30 cm x 30 cm and 9 mm aperture to allow the entrance of micro, meso, and macrofauna, for a total of 64 bags per site. We added 5 g of dry plant species to each decomposition bag, according to each treatment. We collected 32 bags per site every 60 days for four months. The myriapods were separated manually from the leaf litter collected; individuals were preserved in 96% ethanol and identified to the morphospecies level using the specialized literature (Adis, 2002; Scheller and Adis, 1996; Shelley and Mercurio, 2006; Triplehorn and Johnson, 2005). We did not include juveniles in the analysis, due to difficulties in the taxonomic identification.

### Statistical analysis

We used Generalized Linear Models (GLMs, Crawley, 2007) with restoration strategy, litter species, and litter exposure time as fixed factors, and myriapod richness or abundance as response using the Gaussian error distribution. The models were

graphically checked for homogeneity of variance and error distribution. To compare the overall community structure of myriapods associated to litter decomposition among the litter plant species of each restoration strategy, we used a permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA), a non-parametric test that allows to investigate complex models including interactions (Anderson, 2014), with Bray Curtis as a dissimilarity measure and 999 permutations. For site and litter plant species, we used the SIMPER (Similarity percentage) procedure (Clarke, 1993) to identify the contribution of each morphospecies to the measures of Bray-Curtis dissimilarity. This allowed us to identify the morphospecies that were most important in differentiating each restoration strategy or litter type from the others. The statistical analyses were conducted in R statistical program (R Core Team, 2018) with the CAR package (Fox and Weisberg, 2011) for the GLM and vegan (Oksanen et al., 2018) for the PERMANOVA analysis.

## Results

During the leaf litter decomposition process, we found 275 myriapod individuals that belong to 39 morphospecies. Of the total species, 26 species belonged to millipedes (Diplopoda); Polydesmida was the most abundant and diverse order (Table 1). Our analysis showed that leaf litter myriapod richness and abundance were affected by the restoration strategy, but not by leaf litter species or litter exposure time. The Andean alder plantation showed higher myriapod richness and abundance associated to litter decomposition (Table 2, Figure 1).

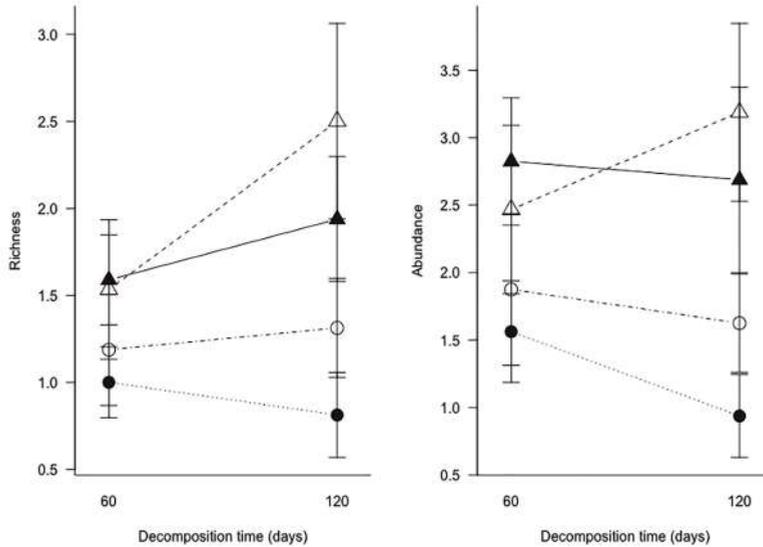
In addition, myriapod composition differed significantly between the restoration strategies and the leaf litter species (Table 2). For instance, *Hanseniella* sp. (Bagnall) (Symphyla: Scutigereidae) was dominant in the Andean alder plantation and *H. bonplandianum* litter, whereas Fuhrmannodesmidae family was the most abundant family in the secondary forest and *A. acuminata* litter. The morphospecies of Glomeridesmidae and Criptopidae inhabited *H. bonplandianum* litter of the secondary forest, whereas Pseudonannolenidae, Stemmiulidae, and Cryptodesmidae were exclusive of *A. acuminata* in the secondary forest. Cryptodesmidae and the genus *Newportia* (Gervais) (Scolopendromorpha: Scolopocryptopidae) were only found in *H. bonplandianum* litter of Alder plantation. In contrast, *Newportia* sp., *Scolopendrellopsis* sp., and the families Cryptodesmidae, Lophoprotidae, Ballophilidae, Rhinocricidae, and Scolopendridae were only found in *A. acuminata* litter of Alder plantation.

**Tabla 1.** Taxonomy of leaf litter myriapods in a secondary forest and an Andean alder plantation of a protected area from Central Andes (Manizales, Colombia).

Class	Order	Family	Abundance	
Chilopoda	Scolopendromorpha	Cryptopidae	11	
		Scolopocryptopidae	21	
		Scolopendridae	1	
	Geophilomorpha	Ballophilidae	1	
Diplopoda	Polydesmida	Cryptodesmidae	22	
		Fuhrmannodesmidae	75	
		Cyrtodesmidae	25	
		Pyrgodesmidae	10	
			Chelodesmidae	4
		Glomeridesmida	Glomeridesmidae	32
		Polyxenida	Lophoproctidae	3
		Spirostreptida	Pseudonannolenidae	3
Symphyla		Stemmiulida	Stemmiulidae	1
		Spirobolida	Rhinocricidae	1
			Scutigerellidae	64
		Scolopendrellidae	1	

**Tabla 2.** Generalized linear model (GLM) of restoration strategy, litter species, and litter exposure time effects on myriapod richness and abundance. PERMANOVA of restoration strategy, litter species, and litter exposure time effects on myriapod composition. F- value and P-value (in parenthesis with significant values highlighted in bold) are showed.

	Restoration strategy	Litter species	Litter exposure time
Myriapod abundance $F_{1,126}$	12.51 ( <b>0.0005</b> )	0.63 (0.420)	0.04 (0.83)
Myriapod richness $F_{1,126}$	11.25 ( <b>0.001</b> )	1.57(0.211)	1.66 (0.199)
Myriapod composition $F_{1,93}$	5.86 ( <b>0.001</b> )	2.39 ( <b>0.016</b> )	0.91 (0.540)



**Figure 1.** Myriapod richness and abundance of two litter species in a secondary forest and an Andean alder plantation of a protected area across litter exposure time. Secondary forest is represented by a circle, Andean alder plantation by a triangle, *H. bonplandianum* litter is shown in black, *A. acuminata* litter in white.

## Discussion

In this study, we reported the myriapod richness and abundance associated with leaf litter decomposition in active and passive restoration strategies. Our results showed that classes Diplopoda, Chilopoda, and Symphyla colonized leaf litter of *A. acuminata* and *H. bonplandianum* in an Alder plantation and secondary forest. Restoration strategies lead to differences in myriapod richness and abundance, whereas exposure time and litter species do not show any effects. Myriapod composition shifted with restoration strategy and litter species.

We found myriapod families that had been reported in other studies, such as ScutigereLLidae, Fuhrmannodesmidae, Chelodesmidae, Cryptodesmidae, and Pyrgodesmidae (Vohland and Schroth, 1999). Millipedes were the most abundance myriapods in both restoration strategies. Millipedes influence leaf litter decomposition (Irmeler, 2000) through breakdown and transport of litter remains to a more favorable microhabitat for decomposition and to mobilize nutrients (Pramanik et al., 2001); moreover, millipedes influence microbial density and dispersion (David and Handa, 2010). Symphyla consume the microbial community, which affects leaf litter decomposition (Blakely et al., 2002).

Chilopoda are generalist predators, as they feed on Collembola, Diptera larvae, and Lumbricidae in the soil (Salmon et al., 2005). Cascading indirect effects of generalist predators on litter decomposition have been reported for spider species (Lensing and Wise, 2006). This same pattern could occur with centipedes in the Alder plantation and the secondary forest, which, by consuming springtails, could alter the effects of Collembola on litter microbial activity (Filser, 2002).

Myriapod richness, abundance, and composition shift with restoration strategy. Myriapod richness and abundance were greater in the alder plantation, millipedes were the most abundant and diverse. The same pattern has been found in plantations of native species (*Terminalia amazonia* and *Vochysia guatemalensis*) mixed with legume species, *Erythrina poeppigiana* and *Inga edulis*, in Costa Rica (Cole et al., 2016). It has also been observed in sites with different regeneration times in Brazil, where sites with low recovery time had high diplopod abundance (Frasson et al., 2016). This could reflect differences in plant composition between sites that could lead to variations in litterfall quality and, therefore, in the resources available for myriapod colonization, as reported for other soil invertebrates (Hansen and Coleman, 1998; Wardle et al., 2006).

Consumption preference of myriapods depends on leaf traits, such as toughness, thickness, and chemical characteristics or microbial activity (Carcamo et al., 2000; Coulis et al., 2013; David and Handa, 2010). The litter species used in this study differ in their initial litter quality, which leads to shifts in myriapod composition, but not in richness and abundance. The latter reflects myriapod species preference to litter species quality; for instance, morphospecies belong to Glomeridesmidae and Criptopidae colonized *H. bonplandianum* leaf litter. This litter was characterized by big leaves with low leaf dry-matter content, indicating a faster decomposition process and less resistance to physical hazards in comparison to *A. acuminata*. Those differences could lead to variations in the effect of myriapods on decomposition in response to litter species (Suzuki et al., 2013).

Decomposition time implies loss of leaf resource and changes in leaf traits, leading to shifts in fauna and fungal diversity and replacement of species (Anderson, 1985; Hasegawa and Takeda, 1993; Voříšková and PetrBaldrian, 2013). Despite this, decomposition time did not affect myriapod diversity and composition in the two restoration strategies, which implies that myriapod richness and abundance does not respond to shifts in the litter resource through time.

Restoration strategies produce shifts in the community of myriapods. The Alder plantation showed high myriapod diversity, in particular Diplopoda diversity, which contributes directly and indirectly to the decomposition process. Further research could be focused on assessing the top-down effect of myriapod predators, such as

Chilopoda, on the decomposition process, as well as on assessing the litter preference of the most abundant species of millipedes in both restoration strategies.

### Author Contribution:

Fabiola Ospina-Bautista and Jaime V. Estévez conceived the research, secured funding, analyzed data, and wrote the manuscript. Pablo López-Bedoya conducted experiments. Daniela Martínez-Torres and Sebastián Galvis contributed to material analyses. All authors read and approved the final version of the manuscript.

### Acknowledgements

This work is part of the project «Descomposición de hojarasca en una plantación de *Alnus acuminata* y en un bosque secundario» No. 2122416 supported by the Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados de la Universidad de Caldas, Colombia. We thank Aguas de Manizales for the permission to work at the Reserva Forestal Protectora de las Cuencas Hidrográficas de Río Blanco y Quebrada Olivares.

### References

- Adis, J. (Editor). (2002). *Amazonian Arachnida and Myriapoda: Identification keys to all classes, orders, families, some genera, and lists of known terrestrial species*. Pensoft Pub.
- Aide, T. M., Zimmerman, J. K., Pascarella, J. B., Rivera, L., & Marciano-Vega, H. (2000). Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: Implications for restoration ecology. *Restoration Ecology*, 8(4), 328-338. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80048.x>
- Anderson, M. J. (2017). Permutational multivariate analysis of variance(Permanova). In *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, pp. 1-15. American Cancer Society. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat07841>
- Anderson, J.M., S.A. Huish, P. Ineson, M.A. Leonard, & Splatt, P.R. (1985). Interactions of invertebrates, microorganisms and tree roots in nitrogen and mineral element fluxes in deciduous woodland soils, pp. 377-392 In: A.H. Fitter, D. Atkinson, D. J. Read, M.B. Usher (Eds.) *Ecological interactions in soil: Plant, Microbes and Animals*. Blackwell Publishing.
- Barreto da Silva, W., Périco, E., Schmidt Dalzochio, M., Santos, M., & Cajaiba, R. L. (2018). Are litterfall and litter decomposition processes indicators of forest regeneration in the neotropics? Insights from a case study in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 429, 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.020>
- Blakely, J. K., D.A. Neher, & Sponberg, A.L. (2002). Soil invertebrate and microbial communities, and decomposition as indicators of polycyclic aromatic hydrocarbon contamination. *Applied Soil Ecology*, 21(1), 71-88. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(02\)00023-9](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00023-9)
- Cajaiba, R. L., Périco, E., Caron, E., Dalzochio, M. S., Silva, W. B., & Santos, M. (2017). Are disturbance gradients in neotropical ecosystems detected using rove beetles? A case study in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 405, 319-327. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.058>
- Caldeira, M.V.W., R.D. Silva, S.R. Kunz, J.P. Zorzanelli, & Godinho, T.O. (2013). Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. *Comunicata Scientiae* 4(2),111-119.
- Carcamo, H.A., T.A. Abe, C.E. Prescott, F.B. Holl, & Chanway, C.P. (2000). Influence of millipedes on litter decomposition, N mineralization, and microbial communities in a coastal forest in British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 30(5), 817-826. <https://doi.org/10.1139/x00-014>
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Austral Ecology*, 18(1), 117-143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Cole, R. J., K.D. Holl, R.A. Zahawi, P. Wickey, & Townsend, A.R. (2016). Leaf litter arthropod responses to tropical forest restoration. *Ecology and Evolution*, 6(15), 5158-5168. <https://doi.org/10.1002/ecc3.2220>
- Corporcaldas. (2010). *Reserva Forestal Protectora de las Cuencas Hidrográficas de Río Blanco y Quebrada Olivares*. Plan de Manejo.
- Coulis, M., S. Hätenschwiler, S. Rapior, & Coq S. (2009). The fate of condensed tannins during litter consumption by soil animals. *Soil Biology and Biochemistry*, 4, 2573-2578. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.09.022>
- Coulis, M., S. Hätenschwiler, N. Fromin, & David, J.F. (2013). Macroarthropod-micro-organism interactions during the decomposition of Mediterranean shrub litter at different moisture levels. *Soil Biology and Biochemistry*, 64, 114-121 <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.04.012>

- Crawley, M.J. (2007). *The R Book: West Sussex*. John Wiley & Sons.
- Crowther, T.W., L. Boddy, & Jones, T.H. (2012). Functional and ecological consequences of saprotrophic fungus-grazer interactions. *ISME J*, 6: 1992-2001. <https://doi.org/10.1038/ismej.2012.53>
- David, J.F. & Gillon, D. (2002). Annual feeding rate of the millipede *Glomeris marginata* on holm oak (*Quercus ilex*) leaf litter under Mediterranean conditions. *Pedobiologia* 46(1),42-52. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00112>
- David, J.F. & Handa, I.T. (2010). The ecology of saprophagous macroarthropods (millipedes, woodlice) in the context of global change. *Biological Reviews*, 85(4), 881-895. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00138.x>
- David, J. F. (2014). The role of litter-feeding macroarthropods in decomposition processes: A reappraisal of common views. *Soil Biology and Biochemistry*, 76,109-118. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.05.009>
- FAO (Food and Agriculture Organisation). (2001). *State of the World's Forests 2001*.
- FAO (Food and Agriculture Organisation). (2015). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015*. Second edition.
- Filser, J. (2002). The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling in soil. *Pedobiologia*,46(3-4), 234-245. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00130>
- Fox, J. & Weisberg, S. (2011). An [R] Companion to Applied Regression, Second edition. SAGE.
- Frasson, J.M.F, J.L.O. Rosado, S.G. Elias, & Harter-Marques, B. (2016). Litter decomposition of two pioneer tree species and associated soil fauna in areas reclaimed after surface coal mining in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40(0). <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20150444>
- Fujii, S., & Takeda, H. (2017). Succession of soil microarthropod communities during the aboveground and belowground litter decomposition processes. *Soil Biology and Biochemistry*, 110, 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.03.003>
- Gunther, B., B.C. Rall, O. Ferlian, S. Scheu, & Eitzinger, B. (2014). Variations in prey consumption of centipede predators in forest soils as indicated by molecular gut content analysis. *Oikos*, 123(10), 1192-1198. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2013.00868.x>
- Guendehou, G. H., S. Liski, M. Tuomi, M. Moudachirou, B. Sinsin, & Mäkipää, R. (2014). Decomposition and changes in chemical composition of leaf litter of five dominant tree species in a West African tropical forest. *Tropical Ecology*,55(2), 207-220. <https://core.ac.uk/download/pdf/52269172.pdf>
- Hall, J., M. S., Ashton, E. J. Garen, E & Jose, S. (2011). The ecology and ecosystem services of native trees: Implications for reforestation and land restoration in Mesoamerica. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1553-1557. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.12.011>
- Hansen, R.A., & Coleman, D.C. (1998). Litter complexity and composition are determinants of the diversity and species composition of oribatid mites (Acari, Oribatida) in litterbags. *Applied Soil Ecology*, 9(1-3), 17-23. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(98\)00048-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00048-1)
- Hasegawa, M., & Takeda, H. (1993). Changes in feeding attributes of four collembolan populations during the decomposition process of pine needles. *Pedobiologia* 39,155-169.
- Hobbs, R. J., S. Arico, J. Aronson, J.S. Baron, P. Bridgewater, V.A. Cramer, P.R. Epstein, J.J. Ewel, C.A. Klink, A.E. Lugo, D. Norton, D. Ojima, M.D. Richardson, E. Sanderson, F. Valladares, M. Vilà, R. Zamora, & Zobel, M. (2006). Novel ecosystems: Theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecology and Biogeography*, 15(1), 1-7. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00212.x>
- Irmler, U. (2000). Changes in the fauna and its contribution to mass loss and N release during leaf litter decomposition in two deciduous forests. *Pedobiologia*, 44(2), 105-118. [https://doi.org/10.1078/S0031-4056\(04\)70032-3](https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70032-3)
- Lavelle, P., & Spain, A.V. (2001). *Soil Ecology*. Kluwer Academic.
- Lensing, J. R., & Wise, D.H. (2006). Predicted climate change alters the indirect effect of predators on an ecosystem process. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(42), 15502-15505. <https://doi.org/10.1073/pnas.0607064103>
- Lilleskov, E.A., & Bruns, T.D. (2005). Spore dispersal of a resupinate ectomycorrhizal fungus, *Tomentella subtilacinia*, via soil food webs. *Mycologia* 97(4), 762-769. <http://www.jstor.org/stable/3762225>
- Mcalpine, C., C.P. Catterall, R. Nally, D. Lindenmayer, J.L. Reid, K.D. Holl, A.F. Bennett, R.K. Runtig, K. Wilson, R.J. Hobbs, L. Seabrook, S. Cunningham, A. Moilanen, M. Maron, L. Shoo, I. Lunt, P. Vesik, L. Rumpff, & Martin, T.G. (2016). Integrating plant- and animal- based perspectives for more effective restoration of biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(1), 37-45. <https://doi.org/10.1002/16-0108.1>
- Oksanen, J., F. G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlenn, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M.H. Stevens, E. Szoecs, & Wagner, H. (2018). *Vegan: Community Ecology Package. R package vegan, version 2.2-1*. <https://www.worldagroforestry.org/publication/vegan-community-ecology-package-r-package-vegan-vers-22-1>
- Paquette, A., & Messier, C. (2010). The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(1), 27-34. <https://doi.org/10.1890/080116>
- Pramanik, R., K. Sarkar, & Joy, V.C. (2001). Efficiency of detritivore soil arthropods in mobilizing nutrients from leaf litter. *Tropical ecology*,42(1),51-58.
- Patricio, M. S., L.F. Nunes, & Pereira, E.L. (2012). Litterfall and litter decomposition in chestnut high forest stands in northern Portugal. *Forest Systems*, 21(2), 259. <https://doi.org/10.5424/fs/2012212-02711>
- R Core Team. (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Salmon, S., & Geoffroy, J. (2005). Earthworms and Collembola relationships: effects of predatory centipedes and humus forms. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(3), 487-495. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.08.011>
- Santonja, M., A., Aupic-samain, E. Forey, & Chauvat, M. (2018). Increasing temperature and decreasing specific leaf area amplify centipede predation impact on Collembola, *European Journal of Soil Biology*, 89, 9-13. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2018.08.002>
- Scheller, U., & Adis, J. (1996). A pictorial key for the symphylan families and genera of the Neotropical Region south of Central Mexico (Myriapoda, Symphyla). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 31(1), 57-61. <https://doi.org/10.1076/>

- snfe.31.1.57.13316
- Shelley, R. M., & Mercurio, R.A. (2005). *Ectonocryptoides quadrimeropus*, a new centipede genus and species from Jalisco, Mexico; proposal of Ectonocryptopinae, analysis of subfamilial relationships, and a key to subfamilies and genera of the Scolopocryptopidae (Scolopendromorpha). *Zootaxa*, 1094(1), 25. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1094.1.2>
- Shiels, A. B., & Walker, L.R. (2003). Bird perches increase forest seeds on Puerto Rican landslides. *Restoration Ecology*, 11(4): 457-465.
- Silver, W.L., S.J. Hall, & Gonzáles, G. (2014). Differential effects of canopy trimming and litter deposition on litterfall and nutrient dynamics in a wet subtropical forest. *Forest Ecology and Management*, 332, 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.018>
- Suzuki, Y., S.J. Grayston, & Prescott, C.E. (2013). Effects of leaf litter consumption by millipedes (*Harpaphe haydeniana*) on subsequent decomposition depends on litter type. *Soil Biology and Biochemistry*, 57, 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.07.020>
- Triplehorn, C.A. & N.F. Johnson. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Thomson Brooks/Cole. 864 p.
- Vohland, K., & Schroth, G. (1999). Distribution patterns of the litter macrofauna in agroforestry and monoculture plantations in Central Amazonia as affected by plant species and management. *Applied Soil Ecology*, 13(1), 57-68. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(99\)00021-9](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(99)00021-9)
- Voříšková, J., & Baldrian, P. (2013). Fungal community on decomposing leaf litter undergoes rapid successional changes. *The ISME Journal*, 7(3), 477-486. <https://doi.org/10.1038/ismej.2012.116>
- Wardle, D.A., G.W. Yeates, G.M. Barker, & Bonner, K.I. (2006). The influence of plant litter diversity on decomposer abundance and diversity. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(5), 1052-1062. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.09.003>



## ***Rhipicephalus (Boophilus) microplus* Murrell & Barker, 2003 (Ixodida: Ixodidae) evaluación de la efectividad de acaricidas sobre sus poblaciones en el Tolima medio\***

Jeison Yaima-Yate<sup>1</sup>, Edgar Díaz-Rivera<sup>2</sup>

### Resumen

**Objetivos.** Determinar la efectividad de acaricidas en poblaciones de campo de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* colectadas en fincas ganaderas de los municipios de Ibagué, Espinal y Cajamarca, departamento del Tolima. **Metodología.** En 12 fincas se colectaron 1200 teleginas de *R. microplus* que fueron sometidas a una prueba de inmersión de adultas (PIA) modificada, a fin de evaluar cuatro acaricidas comúnmente usados en la región: cipermetrina al 15%, amitraz al 20,8%, etión al 84% e ivermectina al 1%. Se calcularon parámetros como la eficiencia reproductiva y el porcentaje de eclosión, con los cuales se determinó la eficacia de cada acaricida. **Resultados.** Se encontró que en el 91,66% de los predios evaluados las poblaciones de *R. microplus* fueron resistentes a la cipermetrina, el 91,66% al amitraz, 75% a etión y 66,66% a ivermectina, evidenciando pérdida de eficacia de estos químicos. **Conclusión.** Se demostró la alta dispersión de resistencia a los acaricidas de uso frecuente en campo para el control de poblaciones de *R. microplus* en tres municipios del Tolima, denotando la necesidad de establecer nuevas estrategias de control que permitan limitar las infestaciones de la garrapata común del ganado.

**Palabras clave:** Ácaros; organofosforados; piretroides; plaguicidas.

## ***Rhipicephalus (Boophilus) microplus* Murrell & Barker, 2003 (Ixodida: Ixodidae) evaluation of the effectiveness of acaricides on populations from Tolima middle**

### Abstract

**Objectives:** To determine the effectiveness of acaricides in field populations of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* collected in cattle farms in the municipalities of Ibagué, Espinal and Cajamarca, department of Tolima. **Methodology:** A total of 1200 telegines of *R. microplus* were collected in 12 farms and subjected to a modified adult immersion test (AIT) in order to evaluate four commonly used acaricides in the region: cypermethrin 15%, amitraz 20.8 %, 84% ethion and 1% ivermectin. Parameters such as reproductive efficiency and hatching

\*FR: 26-II-2020. FA: 19-X-2021.

<sup>1</sup> MVZ, MSc. Programa de Maestría en Ciencias Pecuarias, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima. E-mail: jayaimay@ut.edu.co.

 orcid.org/0000-0001-8635-3306 **Google Scholar**

<sup>2</sup> MVZ, MSc. Laboratorio de Parasitología Veterinaria, Grupo de investigación END, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. E-mail: ediazr@ut.edu.co

 orcid.org/0000-0003-3317-9759 **Google Scholar**



### CÓMO CITAR:

Yaima-Yate, J., Díaz-Rivera, E. (2022). *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* Murrell & Barker, 2003 (Ixodida: Ixodidae) evaluación de la efectividad de acaricidas sobre sus poblaciones en el Tolima medio. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 25-40. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.2>



percentage were calculated, with which the efficacy of each acaricide was determined. **Results:** It was found that in 91.66% of the farms evaluated the populations of *R. microplus* were resistant to cypermethrin, 91.66% to amitraz, 75% to ethion and 66.66% to ivermectin, showing loss of efficacy of these chemicals. **Conclusion:** The high dispersion of resistance to the acaricides frequently used in the field for the control of populations of *R. microplus* in three municipalities of Tolima was demonstrated, denoting the need to establish new control strategies that allow limiting infestations of the common cattle tick.

**Key words:** Mites; organophosphates; plaguicidas; pyrethroids.

## Introducción

*Rhipicephalus* hace parte de la familia Ixodidae, conocida como garrapatas duras, por poseer un escudo protector rico en quitina (Polanco-Echeverry & Ríos-Osorio, 2016; Rivera-Páez *et al.*, 2018). Estos especímenes pueden presentar un tamaño de 1 a 20 mm de longitud, poseen un escudo dorsal completo duro rico en quitina en el caso de los machos e incompleto o parcialmente cubierto por el escudo en la parte anterior de las hembras, larvas y ninfas, lo que les permite crecer y agrandarse lo suficiente para lograr contener hasta dos mililitros de sangre (Bendjeddou *et al.*, 2017). Las características morfológicas más representativas de una teleogina se muestran en la figura 1.



**Figura 1.** Principales características morfológicas de un espécimen hembra. Fuente. Original de los autores.

Las infestaciones por *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* así como los hemoparasitos de importancia sanitaria que transmiten, *Babesia* spp. y *Anaplasma* spp. generan anemia, alteraciones neurológicas y disminución en la producción bovina; efectos negativos que afectan económicamente a los ganaderos (Araque, 2014; Corley, 2013; Lopes *et al.*, 2013; Polanco-Echeverry & Ríos-Osorio, 2016; Villar *et al.*, 2016). Por otro lado la garrapata del ganado *R. microplus* es muy fértil ya que una teleogina puede llegar a consumir hasta 3 ml de sangre diaria y ovopositar 4000 huevos aproximadamente (Busch, 2014; Maciel *et al.*, 2015).

El tratamiento para controlar las infestaciones de esta garrapata se basa principalmente en el uso de compuestos químicos sintéticos (Cruz *et al.*, 2014; Gomes *et al.*, 2015). Los productos disponibles en el mercado colombiano incluyen los organofosforados, piretroides sintéticos y amidinas cuya aplicación se realiza de forma tópica mediante baños de aspersión, lactonas macrocíclicas de uso parenteral o fenilpirazolonas y benzoilfenilureas de aplicación tópica en el dorso del animal (Domingues *et al.*, 2012; Shyma *et al.*, 2015).

La utilización de acaricidas químicos para controlar garrapatas es un factor clave para mejorar la producción, pero los esfuerzos para combatir estas infestaciones de garrapatas en la mayoría de las fincas ganaderas colombianas son afectados por prácticas incorrectas de manejo y aplicación de los productos, caracterizadas por el uso excesivo y desordenado de los mismos lo que aumenta los costos de producción y acelera la selección de resistencia de los parásitos, representando un problema económico de importancia en la producción bovina (De Oliveira *et al.*, 2012; Calligaris *et al.*, 2013; Correa *et al.*, 2015; Santana *et al.*, 2013).

La resistencia a acaricidas en *R. microplus* es un problema mundial en aumento ya que el frecuente e inadecuado uso de estos productos ha seleccionado poblaciones de garrapatas capaces de resistir dosis de acaricidas que normalmente serían letales, característica que además es de tipo genético y heredable (Faza *et al.*, 2013; Gomes *et al.*, 2011; Rosario-Cruz *et al.*, 2009).

En Colombia, Rodríguez-Pacheco (2017) evaluó poblaciones de *R. microplus* colectadas de granjas en Boyacá y encontró resistencia en el 94% de las garrapatas analizadas al amitraz, en el 94,4% a piretroides sintéticos y el 90,4% a organofosforados. Villar (2016) reportó que en siete predios ubicados en Arauca, Córdoba, Meta y Valle del Cauca se encontró resistencia en más del 80% de las fincas evaluadas a piretroides y en el 50% al amitraz. Por otro lado, Araque (2014) evaluó 71 predios distribuidos en las cinco regiones naturales de Colombia reportando que en el 89% de las fincas analizadas se registraron diferentes niveles de resistencia al amitraz con valores desde 10% al 90% y hacia el etión 28.8% de los predios tuvieron un nivel de resistencia del 20 al 59%. De esta forma, la

resistencia a químicos constituye un problema general en el país incluyendo el Tolima, donde se han reportado niveles de resistencia en poblaciones de campo de *R. microplus* del 92,1% hacia cipermetrina y 71,1% hacia organofosforados (Díaz, 2013, 2014).

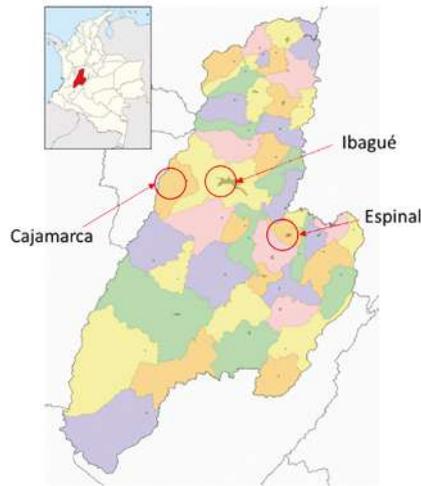
Se han desarrollado pruebas biológicas de susceptibilidad acaricida como la prueba del paquete larval, prueba de inmersión de larvas, prueba tarsal y la prueba de inmersión de adultas (AIT por sus siglas en inglés), esta última ampliamente usada debido a su facilidad de ejecución así como el respaldo de la FAO (2004) (Santos *et al.*, 2013).

En el presente estudio se buscó determinar la eficacia de los acaricidas así como la susceptibilidad de las especies de *R. microplus* a acaricidas mediante la AIT descrita por Drummond *et al.*, (1973), con algunas modificaciones, mencionadas en la metodología en poblaciones de campo en la zona central del Tolima, contemplando los municipios de Ibagué, Espinal y Cajamarca.

## Materiales y métodos

### Localidades

Se evaluaron 12 fincas escogidas aleatoriamente en el municipio de El Espinal (4°08'55"N 74°52'55"O) dentro del ecosistema de trópico bajo y en los municipios de Cajamarca (4°26'12"N 75°25'40"O) e Ibagué (4°26'16"N 75°12'02"O) ubicados en ecosistema de trópico medio del Tolima (Figura 1), municipios cuyo inventario bovino totaliza 58.352 cabezas de ganado distribuidas en 2.159 fincas (ICA, 2018). El tamaño de muestra fue determinado según Abad & Servín (1978), tomando un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 10% y un valor  $p = 0,95$  basándose en niveles de resistencia a químicos en *R. microplus* reportados anteriormente. Esta muestra fue estratificada de acuerdo con un índice obtenido entre la población bovina total y el número de predios por municipio, por lo cual se escogieron cinco predios en Cajamarca, cuatro predios en Ibagué y tres predios en El Espinal. Al inicio del estudio se realizó una corta encuesta en cada una de las fincas a fin de determinar características tales como tamaño de la población bovina, razas presentes, tipo de producción, condiciones ambientales, planes sanitarios de control de garrapatas, historial del uso y frecuencia de tratamiento. La ubicación geográfica de los municipios se observa en la figura 2.



**Figura 2.** Ubicación geográfica de los tres municipios donde se realizó el estudio (Sociedad Geográfica de Colombia, 2015).

## Colecta de especímenes

En cada finca se colectaron teleoginas (hembras repletas de sangre) de *R. microplus* desprendiendo cuidadosamente de forma manual los especímenes presentes en cada flanco de al menos cinco bovinos infestados (Andreotti et al., 2011). Las garrapatas se transportaron en recipientes plásticos con suficiente ventilación hasta el Laboratorio de Parasitología Veterinaria de la Universidad del Tolima donde se seleccionaron los individuos para el estudio que presentaran un tamaño mínimo de 7 mm, coloración marrón uniforme y cuerpo con todas sus estructuras, se realizó la identificación taxonómica a través de características morfológicas de la especie (USDA, 1976) y se desarrollaron los protocolos para la prueba biológica.

## Prueba de Inmersión de Adultas (AIT) modificada

Para analizar la susceptibilidad de los especímenes se realizó la prueba PIA (Drummond et al., 1973) con modificaciones como: Se usaron dosis comerciales, el volumen final de solución stock de inmersión fue de 100 ml, el tiempo de inmersión fue de tres minutos, la masa de huevos se pesó a los 14 días, el porcentaje de eclosión se estimó a los 20 días y se hicieron dos réplicas. De esta manera se utilizaron hembras ingurgitadas con un peso mínimo de 150 mg. Los principios activos utilizados fueron: etión 840 ppm, cipermetrina 150 ppm, y amitraz 208 ppm, en presentaciones comerciales y diluidas

de acuerdo con las recomendaciones del fabricante para su uso en campo. Es decir, se diluyó 0.1 ml de cada uno de los productos en 100 ml de agua destilada, manteniendo la recomendación de la casa comercial de dilución de 1 ml en 1 litro de agua. También se evaluó ivermectina inyectable 10 ppm, preparada según FAO (2004) diluyendo 0.1 ml del producto en 9.9 ml de etanol al 1% y Triton X-100 al 0.02%.

Se establecieron cuatro grupos tratamiento, uno por cada acaricida, y un grupo control solo con agua destilada; al evaluar diez hembras por grupo con dos réplicas por tratamiento. Las teleoginas se sumergieron por tres minutos en 100 ml de solución acaricida diluida a la concentración respectiva en agua destilada. Las teleoginas del grupo control se sumergieron solamente en agua destilada. Luego se secaron con papel absorbente y se ubicaron en cajas de Petri en posición decúbito dorsal adhiriéndolas con cinta adhesiva doble faz para su monitoreo bajo condiciones de laboratorio en una estufa de incubación a 28°C y 80% de humedad relativa durante 14 días (Díaz & Vallejo, 2014).

Posteriormente, se pesó la masa total de huevos del grupo de 10 garrapatas que ovopositaron, en cada uno de los tratamientos acaricidas y el control, se depositó en tubos de ensayo de 10 ml con un tapón de algodón para permitir la oxigenación y se dejó en incubación a 28 °C y 80% de humedad (Díaz, 2016). Al cabo de 20 días se estimó el porcentaje de eclosión realizando tres conteos aleatorios de 200 estructuras cada uno entre huevos y cascarones por cada grupo evaluado (Furlong, 2002).

### Estimación de la eficacia acaricida

La eficacia para cada acaricida se obtuvo comparando la reproducción estimada (ER) de todos los grupos de garrapatas tratadas con la ER del grupo control, tomando como parámetros de medida el peso del grupo de teleoginas, el peso de la masa de huevos y el porcentaje de eclosión, realizando el cálculo con la siguiente fórmula (Drummond, 1973):

$$\text{Eficacia reproductiva (ER)} = \frac{\text{Peso de las masas de huevos}}{\text{Peso de los grupos de teleoginas}} \times \frac{\% \text{ de eclosión}}{100} \times 20000^*$$

\*Constante que indica el número estimado de huevos por gramo en *R. microplus*.

A continuación, la ER obtenida de cada grupo tratado se comparó con la del grupo control para calcular el porcentaje de eficacia de cada acaricida, empleando la fórmula descrita por Drummond (1973):

$$\text{Eficacia del producto (\%)} = \frac{\text{ER grupo control} - \text{ER grupo tratado}}{\text{ER grupo control}} \times 100$$

Con base en el porcentaje de eficacia del producto, se obtuvo el factor de resistencia al dividir la eficacia esperada (100) entre la eficacia obtenida con cada uno de los productos acaricidas (Díaz, 2016).

## Resultados y Discusión

### Análisis de encuestas

La información de las encuestas arroja que el 91,67% de los predios evaluados tienen un tipo de producción doble propósito y el 8,33% es de cría, levante y ceba; predominando en el 83,33% de las producciones las razas mestizas, (Cruce Holstein X Gyr X Normando X Brahman) mientras en el otro 16,67% de las fincas están compuestas por animales Brahman blanco y Angus rojo.

En cuanto a la distribución geográfica, el 75% (nueve predios) se ubican en la zona de trópico medio, municipios de Cajamarca e Ibagué, entre 1240 y 1814 m.s.n.m., con temperatura media de 20 a 24°C, humedad relativa de 72 a 84% y precipitación anual máxima de 233 mm. El 25% (tres predios) se ubica en el trópico bajo, municipio de Espinal, a 600 m.s.n.m., con temperatura media de 28°C, humedad relativa de 82% y precipitación anual de 159 mm.

La estrategia de control acaricida desarrollada en las fincas contempla compuestos químicos como el fluazuron, usado en el 41,66% de los predios como único tratamiento de rutina (ubicados todos estos en Cajamarca); según manifiestan los ganaderos debido a la pérdida de efectividad de los otros acaricidas como el amitraz, el etión y la cipermetrina. La frecuencia con que se usa este producto de aplicación tópica va de tres a seis meses y en algunas de las fincas llevan hasta seis años utilizándolo, como se observa en la tabla 1. En el resto de las fincas, 58,34%, ubicadas en Ibagué y El Espinal, se emplean baños de aspersión con etión, cipermetrina y amitraz, aplicándolos con intervalos menores a las tres semanas, difiriendo de la recomendación técnica para el control de *R. microplus* de bañar cada 21 días como mínimo, y rotando los productos de un baño al otro, prácticas que conllevan a la baja eficacia expresada por los ganaderos y que se origina por la alta presión de selección de garrapatas con características genotípicas de baja susceptibilidad hacia estos compuestos.

En cuanto a la ivermectina, se utiliza en el 41,7% de las fincas, todas las evaluadas en El Espinal y dos en Ibagué, a la dosis recomendada por el fabricante. La tabla 1 sintetiza la información obtenida en cada una de las fincas, así como la frecuencia de uso de los acaricidas, la rotación y el historial de uso de los cuatros compuestos evaluados.

En ninguno de los predios analizados se realiza rotación con otros productos acaricidas y se evidencia que en todas las fincas usan solo químicos como estrategia de control de garrapatas. En la tabla 1 se evidencia que tanto en las fincas de trópico bajo como las de trópico medio donde se realiza control con cipermetrina, etión y amitraz, la frecuencia de uso es alta a excepción de los predios 1 (Ibagué) y 9 (Espinal).

Por otro lado, cuatro de las doce fincas han usado los químicos acaricidas durante menos de cinco años en Cajamarca y El Espinal, sin embargo los predios pertenecientes a Cajamarca se usa un producto diferente a los evaluados en el presente estudio. Para un correcto uso de los baños por aspersión se recomienda rociar los animales siguiendo un orden y sosteniendo la boquilla aspersora de 15 a 30 cm de distancia del animal, el cual se debe bañar con una cantidad mínima (adultos 6 litros, terneros 4 litros, estos últimos a partir de los 3 meses de edad); con periodicidad de 30 a 60 días de intervalos entre baños según el nivel de infestación (Rodríguez-Vivas et al., 2006).

**Tabla 1.** Encuesta evaluación previa de las prácticas de manejo en los predios analizados.

Trópico	Municipio	Finca	Estrategia de control acaricida	Acaricida usado	Formas de aplicación	Dosis de aplicación	Frecuencia de aplicación	Tiempo de uso	Rotación de compuestos
Trópico medio (1000-1800 msnm)	Ibagué	1	Químico comercial	Amitraz 20,80% cipermetrina 15% ivermectina 1%	Aspersión Inyectable	1 ml/Lt de agua (3Lts/Animal) 1ml/50Kgs según fabricante	cada 6 meses	15 años	No
		2		cipermetrina 15% ivermectina 1% Etión 84%	Aspersión Inyectable	1 ml/Lt de agua (3Lts/Animal) 1ml/50Kgs según fabricante	cada 30 días	6 años	No
		3		cipermetrina 15% Etión 84%	Aspersión	1 ml/Lt de agua (3Lts/Animal)	cada 20 días	8 años	No
		4		cipermetrina 15%	Aspersión	1 ml/Lt de agua (3Lts/Animal)	Cada 6 meses	7 años	No

Tópico medio (1000-1800 msnm)	Cajamarca	Químico comercial	5	Fluazuron	Pour on	1ml/10Kg según fabricante	cada 3 meses	1 año	No
			6	Fluazuron	Pour on		cada 6 meses	3 años	No
			7	Fluazuron	Pour on		cada 3 meses	6 años	No
			8	Fluazuron	Pour on		cada 3 meses	2 años	No
			9	Fluazuron	Pour on		cada 4 meses	5 años	No
Trópico bajo 0-1000 msnm	Espinal	Químico comercial	10	Amitraz 20,80% Ivermectina al 1%	Aspersión	1 ml/Lt de agua (3Lts/ Animal)	cada 15 días	4 años	No
			11		Inyectable		cada 20 días	7 años	No
			12				cada 3 meses	10 años	No

Fuente: Original de los autores.

### Evaluación de acaricidas

Según la tabla 2, con el organofosforado en el 25% de las fincas las poblaciones de *R. microplus* presentan disminución en el total de su descendencia con relación al grupo control, con reducción promedio del 98,96% en el número de larvas generadas, lo cual incidirá directamente en el nivel de infestación de los animales. Para el caso de la amidina el 16,66% de los predios presentó una disminución promedio de 92,94%. En cuanto al piretoride solo en un predio que representa el 8,33% del total de las fincas evaluadas logró una reducción del 90,41%. En contraste, la lactona macrocíclica consiguió en el 66,66% de los predios una reducción promedio de 96,83% representado el acaricida que mejor comportamiento tuvo para controlar la eficacia reproductiva de los especímenes analizados.

De otra forma, el amitraz reflejó una reducción de más del 90% en la eficacia reproductiva de las poblaciones de *R. microplus* solo en Ibagué, al igual que la cipermetrina y el etión. Mientras que la ivermectina tuvo gran incidencia en este mismo municipio y en Cajamarca con valores que superaban el 90%; siendo el acaricida más efectivo en el ecosistema de trópico medio. Para el caso de los predios ubicados en el trópico bajo el organofosforado y la lactona macrocíclica fueron los plaguicidas de mejor rendimiento con un promedio de control de 76,83% y 75,36% respectivamente.

**Tabla 2.** Comparación entre la eficacia reproductiva ER de *R. microplus* para los cuatro tratamientos en las 12 fincas evaluadas con respecto al control.

Ecosistemas	Finca	Amitraz	Cipermetrina	Etión	Ivermectina	Control		
		208 ppm	150 ppm	840 ppm	10 ppm	Peso huevos (Gr)	% de eclosión	ER
Trópico medio (1000 -1800 msnm)	1	7.764	96.943	140	9674	0,855	99,59	171.000
	2	110.514	146.900	4.752	6.632	0,835	99,59	167.000
	3	148.232	139.070	89.335	17.526	0,977	99,69	195.000
	4	18.169	18.210	332	21496	0.950	99,69	190.000
	5	93.194	164.404	151.711	16.044	1.260	99,99	252.000
	6	190.440	202.045	40.265	0	1,104	99,89	220.800
	7	230.100	193.100	141.656	0	1,253	99,99	250.600
	8	97.678	95.360	37.204	725	1.080	99,79	216.000
	9	130.001	157.212	136.588	72	1.080	99,79	216.000
Trópico bajo (0-1000 msnm)	10	133.983	159.385	57.506	41517	0,967	99,69	193.400
	11	83.344	114.534	20.362	35390	0,867	99,59	173.400
	12	85.236	134.046	48.568	50721	0,867	99,59	173.400

\*ER: Eficacia reproductiva

Fuente: Original de los autores.

Los cuatro acaricidas evaluados incidieron negativamente en los parámetros reproductivos de las poblaciones de *R. microplus*, afectando la ovoposición de las garrapatas, el porcentaje de eclosión y la estimación reproductiva, evidenciando valores más bajos que los registrados en el grupo control, reflejando el efecto de estos compuestos sobre las teleoginas. Sin embargo, cipermetrina y el amitraz fueron los acaricidas con el rendimiento más bajo para controlar la eficacia reproductiva de las poblaciones de los especímenes analizadas.

Por otro lado, durante la evaluación de la ovoposición y el pesaje de la masa de huevos, se evidenciaron diferencias morfológicas en la estructura de estos observándose deformidad de la silueta de estos, principalmente para los especímenes tratados con ivermectina.

La eficacia de los acaricidas evaluados presentó variaciones por finca y por municipio. La cipermetrina tuvo un porcentaje de eficacia bajo con relación a los demás acaricidas, aunque mostró un comportamiento aceptable en un solo predio, el cual

representa al 8,33% del total de las fincas analizadas reportando un valor de 90% de eficacia, de modo que en el 91,66% de los predios el piretroide fue ineficaz, teniendo en cuenta que según la FAO (2004) la eficacia mínima aceptada internacionalmente debe ser a partir del 90% (Tabla 3).

Para el caso del amitraz se obtuvo un valor por encima del 90% de eficacia en el 16,66% de los predios, mientras que el etion reportó este comportamiento en el 25% de las fincas, contrastando con la ivermectina, el cual refleja una eficacia alta en el 66,66%.

De otra forma en el 33,33% de los predios el amitraz presentó un rango de eficacia de 20-40%, mientras que en el 25% presentó un rango de 41-60% y y el 8,33% de las fincas estuvo en un rango de 61-89%.

En cuanto a la cipermetrina el 50% de las ganaderías analizadas presentó un rango de eficacia de 20-40%, el 8,33% obtuvo una valor de 41-60% y el 25% estuvo por debajo del 20%.

Para el caso del etión el 25% de las fincas reflejó una eficacia entre 40-60%, el 16,66% tiene un rango de 61-80% mientras que el 25% obvtuvo un valor de 81-89% (Tabla 3).

En contraste, la ivermectina evidenció en el 33,33% de los predios un porcentaje de eficacia que va desde 71% hasta el 89%.

Por otro lado, el 77,77% de los predios ubicados en trópico medio presentaron multiresistencia y el 100% de las fincas de trópico bajo evidenció resistencia a todos los compuestos evaluados. Situación que coincide con los comentarios de los productores quienes afirman que los químicos analizados no sirven para controlar garrapatas, denotando pérdida de eficacia de estos compuestos en esas fincas.

**Tabla 3.** Eficacia de control en *R. microplus* colectados en 12 fincas de Ibagué, Cajamarca y El Espinal.

Municipio	Finca	EFICACIA DE ACARICIDAS (%)			
		Amitraz 208ppm	Cipermetrina 150ppm	Etión 840 ppm	Ivermectina 10 ppm
Ibagué	1	95	43	100	94
	2	34	12	97	96
	3	24	29	54	91
	4	90	90	100	89

	5	63	35	40	94
	6	14	9	82	100
Cajamarca	7	8	23	43	100
	8	55	56	83	100
	9	40	27	37	100
	10	31	18	70	79
Espinal	11	52	34	88	80
	12	51	23	72	71

Fuente: Original de los autores.

Los resultados del presente estudio son similares a los publicados por Díaz (2016), donde la evaluación realizada en dos fincas del norte del Tolima detectó la pérdida de eficacia de amitraz con niveles de 51,95% y 76,96%, y de la cipermetrina con 87,85% y 93,5%, denotando una disminución en la población de individuos susceptibles a estos acaricidas. Otros estudios realizados en Ibagué igualmente demuestran un nivel de resistencia a piretroides del 92,1% y a organofosforados del 71,1% (Díaz & Vallejo, 2013, 2014).

Un trabajo realizado en las regiones naturales de la Orinoquía, Pacífico, Llanura del Caribe, Amazonia y región Andina donde se analizaron poblaciones de *R. microplus* de 71 ganaderías, mostró niveles altos de resistencia, encontrando que el 97% de los hatos ganaderos muestreados presentó resistencia al uso de amitraz, mientras que el 52% la presentó al uso de etión, principalmente en los departamentos de Santander, Cundinamarca, Antioquia, Tolima, Quindío, Caldas, Huila y Boyacá, evidenciando la pérdida de la eficacia de este tipo de acaricidas, para el control de garrapatas (Araque, 2014). Otro estudio hecho con poblaciones de *R. microplus* en Arauca, Córdoba, Meta y Valle del Cauca detectó resistencia hacia cipermetrina y amitraz con niveles de eficacia inferiores al 50% y porcentajes de eficacia entre el 10% y 20%. (Villar et al., 2016) Así también evaluaron amitraz cuya eficacia no superó el 50%. Otros estudios con resultados publicados en Ibagué demuestran resistencia hacia piretroides de hasta el 92,1% y hacia organofosforados del 71,1% (Díaz & vallejo, 2013, 2014).

Estudios recientes en cuatro fincas de Antioquia han mostrado que para la cipermetrina los valores de eficacia fueron menores del 20%, e incluso del 0% en dos de ellas (Puerta et al., 2015). Pero no solo en Colombia se reporta la presencia de resistencia a acaricidas en esta especie de ectoparásito. La resistencia acaricida de *R. microplus*, es una problemática detectada a nivel mundial donde se ha registrado resistencia múltiple en diferentes niveles, como se reporta recientemente en Brasil y México (Fernandez et al.; 2012; Pohl et al., 2012; Lovis et al., 2013; Miller et al., 2013).

Todos estos trabajos demuestran que en Colombia la resistencia de *R. microplus* hacia los acaricidas no es un fenómeno nuevo y se ha manifestado en diversas regiones del país. La quimioresistencia puede originarse debido a la incorrecta utilización de los compuestos químicos empleados para el control de la garrapata, ya sea por el uso continuo y prolongado de un solo tipo de acaricida, por las altas frecuencias de aplicación de baños, por la inadecuada preparación de las soluciones con frecuente incremento de la dosis recomendada por el fabricante o por la deficiente aplicación impidiendo que la solución garrapaticida cubra totalmente el cuerpo del bovino (Díaz, 2012).

Como resultado del uso indiscriminado de estos cuatro acaricidas etión, cipermetrina, amitraz e ivermectina, en el control de altas infestaciones de garrapatas en bovinos, la resistencia a químicos de *R. microplus* se ha convertido en uno de los más grandes retos y una causa de preocupación por la producción ganadera donde este ácaro es endémico o en áreas propensas a la invasión por estas especies de ectoparásitos perjudiciales (Reck *et al.*, 2014; Reynal, 2013; Lopez-Arias *et al.*, 2015).

## Conclusiones

Se demostró la presencia de poblaciones de *R. microplus* con baja susceptibilidad a cipermetrina (66,75%), amitraz (53,58%), etión (27,83%) e ivermectina (8,83%), acaricidas más frecuentemente usados en tres municipios de la zona central del Tolima. Así mismo se observó en varios de los predios evaluados el desarrollo de multiresistencia a dos, tres o los cuatro acaricidas evaluados, siendo de especial relevancia la situación encontrada en El Espinal, donde los tres predios del estudio mostraron ineficacia en los cuatro compuestos.

Con esta información sobre el estado de resistencia a acaricidas en el centro del Tolima se dispone de las bases necesarias para rediseñar estrategias de control que integren no solo métodos de tipo químico, sino también de tipo biológico, y prácticas de manejo que permitan disminuir las infestaciones de *R. microplus* en la región o al menos limitar la velocidad de aparición o propagación de resistencia adoptando medidas alternativas que respondan a las necesidades particulares de cada predio según la situación encontrada.

El control de las infestaciones de *R. microplus* se debe realizar en el marco de un programa de manejo integrado que permita abarcar varios frentes, teniendo en cuenta la bioecología de la garrapata, así como las condiciones ambientales en que se encuentra la ganadería para determinar las prácticas a implementar.

Para la implementación de las medidas de control se debe estudiar el historial de la finca y realizar la caracterización de la misma teniendo en cuenta las metodologías adoptadas para contrarrestar la infestación por garrapatas, así como la información completa y detallada de los productos ixodidas usados (principio activo, frecuencia, rotación, dosis, etc.).

Es importante realizar un diagnóstico previo que identifique las necesidades específicas de cada finca según el tipo de producción ganadera, para recoger información relevante que sirva de apoyo al desarrollo de programas sanitarios efectivos y de esta manera brinden herramientas valiosas para la construcción de alternativas de control ya sea de tipo biológico, químico, inmunológico o ambiental. Por otro lado, se debe conocer el estado de resistencia de las poblaciones de campo de *R. microplus* para evaluar estrategias de control útiles que puedan minimizar los daños sanitarios y económicos causados por las infestaciones de este ectoparásito. La divulgación de los resultados encontrados en el presente estudio permite a las instituciones y profesionales del sector velar por la salud animal en el país, y que de esta manera recomienden el uso de técnicas de diagnóstico en campo e *in vitro* y así determinar el estado de resistencia de las garrapatas para elegir el modelo de control pertinente o los productos a aplicar, así como el uso adecuado de los mismos. Este estudio aporta información útil para el conocimiento de uno de los mecanismos de resistencia usados por las garrapatas para sobrevivir a la presión de selección ejercida por los químicos, las malas prácticas de control y manejo. No obstante es perentorio continuar con en el proceso de investigación sobre el comportamiento biológico de *R. microplus* para analizar la evolución de la resistencia, por predio y por región específica a través del tiempo.

## Contribución de los autores

Jeison Yaima-Yate: Desarrollo de la metodología, procesamiento de datos, apoyo en la financiación del trabajo, análisis de la información, elaboración del borrador original. Édgar Díaz-Rivera: Diseño del estudio, asesoría en el desarrollo de la metodología, apoyo en el análisis de la información, revisión y edición del manuscrito.

## Agradecimientos

Al Laboratorio de Parasitología Veterinaria de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad del Tolima por el apoyo brindado en el desarrollo de las actividades para la presente investigación. A Julián A. Salazar E. por su labor editorial.

## Referencias bibliográficas

- Abad, A. S. (1978). Introducción al muestreo. LIMUSA, 10-216.
- Araque, A. (2014). Resistencia a acaricidas en *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* de algunas explotaciones ganaderas de Colombia. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 17, 161-170.
- Baffi, M. R. (2007). Identification of point mutations in a putative carboxylesterase and their association with acaricide resistance in *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Acari: Ixodidae). *Ver Parasitol*, 148, 301-309.
- Bendjeddou, M. L. (2017). Bat ectoparasites (Nycteribiidae, Streblidae, Siphonaptera, Heteroptera, Mesostigmata, Argasidae, and Ixodidae) from Algeria. *Journal of Vector Ecology*, 42, 13-23.
- Busch, J. e. (2014). Widespread movement of invasive cattle fever ticks (*Rhipicephalus microplus*) in southern Texas leads to shared local infestations on cattle and deer. *Parasites & Vectors*, 7, 1-16.
- Calligaris, I., De Oliveira, P., Roma, G. & Bechara, G. M. (2013). Action of the insect growth regulator fluazuron, the active ingredient of the acaricide Acatak, in *Rhipicephalus sanguineus* nymphs (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae). *Microscopy*

- Research and Technique, 76, 1177-1185.
- Corley, S. (2013). Mutation in the Rm $\beta$ AOR gene is associated with amitraz resistance in the cattle tick *Rhipicephalus microplus*. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 110, 16772-16777.
- Correa, R., Lopes, W., Teixeira, W., Cruz, B., Gomes, L., Fellipelli, G. & Da Costa, A. (2015). A comparison of three different methodologies for evaluating *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* susceptibility to topical spray compounds. *Veterinary Parasitology*, 207, 115-124.
- Cruz, B., Teixeira, W., Maciel, W. F., Favero, F., Cruz, A., Buzulini, S. C. & Da Costa, A. (2014). Effects of fluzauron (2.5 mg/kg) and a combination of fluzauron (3.0 mg/kg) + abamectin (0.5 mg/kg) on the reproductive parameters of a field population of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* on experimentally infested cattle. *Research in Veterinary Science*, 97, 80-84.
- De Oliveira, P., Calligaris, I., Roma, G., Bechara, G., Pizano, M. & Mathias, M. (2012). Potential of the insect growth regulator, fluzauron, in the control of *Rhipicephalus sanguineus* nymphs (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae): determination of the LD95 and D50. *Experimental Parasitology*, 131, 35-39.
- Díaz, E. (2012). Mecanismos moleculares y bioquímicos de resistencia a acaricidas en la garrapata común de los bovinos *Rhipicephalus microplus*. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 5, 72-81.
- Díaz, E. (2016). Evaluación in vitro de resistencia a acaricidas en *Rhipicephalus microplus*. Estudio de caso en el norte del Tolima, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 9, 37-43.
- Díaz, E. & Vallejo, G. (2013). Identificación de un polimorfismo del gen Est9 relacionado con resistencia a piretroides en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Revista MVZ Córdoba*, 18, 3708-3714.
- Díaz-Rivera, E. & Vallejo, G. (2014). Determinación de una mutación puntual en el gen Est9 de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistente a organofosforados. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 7, 14-20.
- Domingues, L., Alves, B., Passos, A., Pinto, A., Medeiros, A., L., C. L. (2012). Survey of pyrethroid and organophosphate resistance in Brazilian field populations of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: Detection of C190A mutation in domain II of the paratype sodium channel gene. *Veterinary Parasitology*, 189, 327-332.
- Drummond, R., Ernst, S., Trevino, J., Gladney, W. & Grsham, O. (1973). *Boophilus annulatus* and *Boophilus microplus*: laboratory tests of insecticides. *J. Econ. Entomol.*, 66, 130-133.
- Faza, A., Pinto, I., Fonseca, I., Antunes, G., Monteiro, C., Daemon, E., M.C.D, P. (2013). A new approach to characterization of the resistance of populations of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) to organophosphate and pyrethroid in the state of Minas Gerais, Brazil. *Experimental Parasitology*, 134, 519-523.
- Fernandez-Salas, A., Rodriguez-Vivas, R. & Alonso-Díaz, M. (2012). First report of a *Rhipicephalus microplus* tick population multi-resistant to acaricides and ivermectin in the Mexican tropics. *Vet. Parasitol.*, 191, 338-342.
- Food Agriculture Organization - FAO. (2004). Resistance Management and Integrated Parasite Control in Ruminants - Guidelines, Module 1 - Ticks: Acaricide Resistance: Diagnosis, Management and Prevention. Food and Agriculture Organization, Animal Production and Health División, Rome, 1-53.
- Furlong, J. (2002). Teste do biocarrapaticidograma (Imersão de teleoginas). III Curso Internacional Progressos no Diagnostico das Parasitoses dos Animais do Produto. Programa de treinamento para terceiros países. Salvador, Brasil.
- Gomes, A., Koller, W. & Barros, A. (2011). Susceptibilidade de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* acarapaticidas em Mato Grosso do Sul, Brasil. *Ciencia Rural*, 41, 1447-1452.
- Gomes, L., Lopes, W., Cruz, B., Teixeira, W., Fellipelli, G., Maciel, W. & Da Costa, A. (2015). Acaricidal effects of fluzauron (2.5 mg/kg) and a combination of fluzauron (1.6 mg/kg) + ivermectin (0.63 mg/kg), administered at different routes, against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* parasitizing cattle. *Experimental Parasitology*, 153, 22-28.
- ICA. (31 de enero de 2018). Instituto Colombiano Agropecuario. Área de protección animal. Obtenido de Censo Pecuario: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
- Lopes, W., Teixeira, W., De Matos, L. F., Cruz, B., Maciel, W., Buzulini, C. & Da Costa, A. (2013). Effects of macrocyclic lactones on the reproductive parameters of engorged *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* females detached from experimentally infested cattle. *Experimental Parasitology*, 7, 72-78.
- Lopez-Arias, A., Villar-Argaiz, D., Chaparro-Gutierrez, J., Miller, R., & De León, A. (2015). Reduced efficacy of commercial Acaricides against Populations of Resistant Cattle Tick *Rhipicephalus microplus* from Two Municipalities of Antioquia, Colombia. *Environmental Health Insights*, 19, 71-80.
- Lovis, L. R. (2013). Determination of acaricide resistance in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) field populations of Argentina, South Africa, and Australia with the larval tarsal test. *Med. Entomol.*, 2, 326-335.
- Maciel, W., Lopes, W., Cruz, B., Gomes, L., Teixeira, W., Buzulini, C. & Da Costa, A. (2015). Ten years later: Evaluation of the effectiveness of 12.5% amitraz against a field population of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* using field studies, artificial infestation (Stall tests) and adult immersion tests. *Veterinary Parasitology*, 214, 233-241.
- Miller, R. A. (2013). First report of fipronil resistance in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* of Mexico. *Vet. Parasitol.*, 191, 91-101.
- Murrell, A. & Barker, S. (2003). Synonymy of *Boophilus Curtice*, 1891 with *Rhipicephalus Koch*, 1844 (Acari: Ixodidae). *Systematic Parasitology*, 56, 169-172.
- Neis, V., Luana, P., De Souza, A., Bellato, V., Sartor, A., Nunes, O. & Cardoso, M. (2012). Resistance to cypermethrin and amitraz in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* on the Santa Catarina Plateau, Brazil. *Rev. Bras. Parasitol.*, 21, 133-136.
- Pohl, P., Klafke, G., J.J, R., Martins, J., & Da Silva, V. M. (2012). ABC transporters as a multidrug detoxification mechanism in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Parasitol. Res.*, 51, 2345-2351.
- Polanco-Echeverry, D. & Rios-Osorio, L. (2016). Aspectos biológicos y ecológicos de las garrapatas duras. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*, 17, 81-95.
- Puerta, J., Chaparro, J., López-Arias, A., Arroyave, S. & Villar, D. (2015). Pérdida de eficacia in vitro de acaricidas comerciales tópicos en *Rhipicephalus microplus* (Ixodida: Ixodidae) de granjas de Antioquia, Colombia. *J Med Entomo*, 52, 1309-1314.
- Raynal, J. B. (2013). Acaricides efficiency on *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* from Bahia state North-Central region. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.*, 1, 71-77.

- Reck, J. K. (2014). First report of fluzaron resistance in *Rhipicephalus microplus*: A field tick population resistant to six classes of acaricides. *Veterinary Parasitology*, 201, 128-136.
- Rivera-Páez, F. L.-V.-L.-M. (2018). Contributions to the knowledge of hard ticks (Acari: Ixodidae) in Colombia. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 9, 57-66.
- Rodríguez-Pacheco, J. P.-M.-C. (2017). Resistencia in vitro de la garrapata *Rhipicephalus microplus* a organofosforados, piretroides y amitraz en el departamento de Boyacá, Colombia. *Rev. Fac. Cs. Vet*, 58, 17-23.
- Rodríguez-Vivas, R., Rosado, A., Basto, E. & García, V. (2006). Manual técnico para el control de garrapatas en el ganado bovino. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 1-28.
- Rosario-Cruz, R., Almazan, C., Miller, R., Dominguez-García, D., Hernandez-Ortiz, R. & De La Fuente, J. (2009). Genetic basis and impact of tick acaricide resistance. *Front Biosci*, 14, 2657-2665.
- Santana, B., Ramos, R., Santana, M., Alves, L. & Carvalho, G. (2013). Susceptibility of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) to pyrethroids and their in Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria*, 22, 276-280.
- Santos, T., Klafke, G., Pappen, F., Nizolil, L., Bieyermer, P. & Farias, N. (2013). Comparison of the three larval bioassays to evaluate susceptibility of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* to amitraz. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria*, 22, 495-501.
- Shyma, K., Gupta, J., Singh, V. & Patel, K. (2015). In Vitro Detection of Acaricidal Resistance Status of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* against Commercial Preparation of Deltamethrin, Flumethrin, and Fipronil from North Gujarat, India. *Journal of Parasitology Research*, 2015, 1-8.
- Sociedad Geográfica de Colombia. (2015). Escuela Nacional de Geografía. <http://www.sogeocol.edu.co/tolima.htm>
- USDA. (1976). Ticks of veterinary importance. Animal and plant health inspection service, Agriculture handbook No. 485. Washington D.C.: USDA.
- Villar, D., Gutierrez, J., Piedrahita, D., Rodríguez-Durán, A., Cortés-Vecino, J., Góngora-Orjuela, A. & Chaparro-Gutierrez, J. (2016). Resistencia in vitro a acaricidas tópicos de poblaciones de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* provenientes de cuatro departamentos de Colombia. *Revista CES*, 11, 58-70.

# Identification of functional groups of insects associated with family agricultural production systems in the province of Sumapaz, Colombia\*

Natalia Escobar Escobar<sup>1</sup>, Mónica Castro J.<sup>2</sup>, Yesica Baquero G.<sup>3</sup>, Daniela Hoyos-Benjumea<sup>4</sup>

## Abstract

**Objective:** Knowing and studying insects associated to an agroecosystem allow us to establish functional groups that enable the populations' self-regulation and promote the provision of ecosystem services. **Scope:** In order to assess the presence of functional groups of insects associated to family farming and agroecological practices in the province of Sumapaz, Cundinamarca (Colombia), a pilot test was designed. **Methodology:** Sampling was performed on 11 family farms in the municipalities of Arbelaez, Fusagasuga, Granada and Tibacuy. The farms were also classified into 3 different groups: group 1 (organic producers), group 2 (producers in organic conversion process), group 3 (conventional producers). Two samples were taken on each farm between March and June-2017, using pitfall traps and capture of flying insects with an entomological net. **Main Results:** One thousand six hundred fifty-one specimens were collected and classified in 11 orders, 60 families and 179 morphospecies, 976 of them were beneficial insects (predators, decomposers, parasitoids and pollinators) and 675 insects were considered pests (defoliating phytophagous, sucking phytophagous and generalist phytophagous). Group 1 reported the highest number (425) of beneficial insects, while group 3 had the highest number (356) of pest insects. The most representative family in the three groups was Formicidae, with 421 specimens. In addition, the finding of genus *Mordellistena* (Coleoptera: Mordellidae: Mordellistenini) was registered for the first time for the department of Cundinamarca. **Conclusions:** From this information, the establishment of functional groups indicates the state of these agroecosystems, where the organic farms guarantee a better pollination and pest control, unlike the conventional ones.

**Key words:** Agroecology, diversity, entomology.

\*FR: 11-V-2021. FA: 19-VII-2021.

<sup>1</sup> University of Cundinamarca, Faculty of Agricultural Sciences, Green Area Research Group. Fusagasugá, Colombia. Email: nataliaescobar@ucundinamarca.edu.co

 [orcid.org/0000-0002-2206-1432](https://orcid.org/0000-0002-2206-1432) **Google Scholar**

<sup>2</sup> University of Cundinamarca, Faculty of Agricultural Sciences, Green Area Research Group. Fusagasugá, Colombia. Email: monicaviviana017@gmail.com

 [orcid.org/0000-0002-8635-6619](https://orcid.org/0000-0002-8635-6619) **Google Scholar**

<sup>3</sup> University of Cundinamarca, Faculty of Agricultural Sciences, Green Area Research Group. Fusagasugá, Colombia. Email: jbaquero@ucundinamarca.edu.co

 [orcid.org/0000-0002-4765-9852](https://orcid.org/0000-0002-4765-9852) **Google Scholar**

<sup>4</sup> University of Quindío, Armenia, Colombia. Email: dhoyosb@uqvirtual.edu.co

 [orcid.org/0000-0001-7210-3541](https://orcid.org/0000-0001-7210-3541) **Google Scholar**

## CÓMO CITAR:

Escobar Escobar, N., Castro, M.J., Baquero G.Y., Hoyos-Benjumea, D. (2022). Identification of functional groups of insects associated with family agricultural production systems in the province of Sumapaz, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 41-54. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.3>



## Identificación de grupos funcionales de insectos asociados a sistemas de producción de agricultura familiar en la Provincia del Sumapaz, Colombia.

### Resumen

**Objetivo:** El conocimiento de insectos asociados a agroecosistemas es importante para establecer grupos funcionales y así fomentar la autorregulación y sostenibilidad del sistema productivo. Alcance. Se identificó la diversidad funcional de insectos en fincas con diferentes tipos de manejo agrícola (orgánico, transición a orgánico y convencional) en la región de Sumapaz, Cundinamarca. **Metodología:** El muestreo se realizó en 11 fincas de los municipios de Arbeláez, Fusagasugá, Granada y Tibacuy. Las fincas fueron clasificadas en 3 grupos diferentes: grupo 1 (productores orgánicos), grupo 2 (productores en procesos de conversión a orgánicos), grupo 3 (productores convencionales). En cada finca se realizaron dos muestreos entre marzo y junio de 2017, se pusieron trampas de caída y se recolectaron insectos voladores utilizando una red entomológica. **Resultados principales:** Se encontraron 1651 individuos distribuidos en 11 órdenes, 60 familias y 179 morfo-especies; a partir de los cuales, 976 fueron insectos benéficos (depredadores, degradadores, parasitoides y polinizadores) y 675 insectos fueron considerados plaga (fitófagos defoliadores, fitófagos chupadores y fitófagos generalistas). El grupo 1 reportó el mayor número de insectos benéficos (425), mientras que el grupo 3 presentó el mayor número de insectos plaga (356). La familia más representativa en los tres grupos fue Formicidae, con 421 especímenes. Además, se registra por primera vez el hallazgo del género *Mordellistena* (Coleoptera: Mordellidae: Mordellistenini) para el departamento de Cundinamarca. **Conclusiones:** De acuerdo con la información obtenida, el establecimiento de grupos funcionales indica el estado de estos agroecosistemas, donde las fincas orgánicas garantizan una mejor polinización y control de plagas, a diferencia de las convencionales.

**Palabras clave:** Agroecología, diversidad, entomofauna.

### Introduction

Colombia has been characterized by its rich biodiversity as a result of its topography and ecological complexity (Hartshorn, 2002). However, the country's native ecosystems have been degrading due to agricultural expansion (Mizutani et al., 2011), causing their fragmentation, and consequently, forcing many organisms to form metapopulations (Perfecto and Vandermeer, 2015). Thus, insects have been able to colonize a large number of these habitats acquiring different eating habits. Besides, as agroecosystems are complex, they provide favorable conditions for the establishment of their communities (Lozano-Gutiérrez et al., 2015), where insects can keep developing different cycles in diverse fruits or vegetative structures where they can cause damage or, on the contrary, provide an ecosystem service such as pollination (Gullan and Cranston, 2010).

Agroecology seeks good agricultural practices that interact with a set of components (soil, plants, organic matter, microorganisms and insects) to generate stability with the

environment through the productive system (Adesope et al. 2012; Mora Delgado et al., 2019). However, conventional practices are frequently used (high dependence on synthetic chemical inputs, use of mechanical technologies of high consumption and negative impact in many agroecosystems in Colombia). This can have a negative impact on our planet (pollution, diversity loss, increased resistance to pests, among others); therefore, agroecological practices to promote the adoption of sustainable agricultural productions have been implemented by some producers (Alexopoulos et al., 2010; Escobar et al., 2019). This type of study allows us to assess the importance of insects in relation to the ecosystem services they generate provide when agroecological practices are adopted and sustainable farming systems are encouraged (Escobar et al., 2013).

A pilot test was designed to assess the presence of functional groups of insects associated to family farming and agroecological practices in the province of Sumapaz, Cundinamarca (Colombia).

## Materials and methods

### Study area.

This study was performed in the province of Sumapaz, Department of Cundinamarca, in the municipalities of Arbeláez, Fusagasugá, Granada and Tibacuy. The database registered by the research group 'Area Verde' of the University of Cundinamarca allowed to have information on agricultural production and to select 11 family farms. The farms were also classified into 3 different groups according to the results of a previous typology process, which mainly took into account the agricultural practices implemented. Group 1. Organic producers: not using chemical inputs, use compost and organic fertilizers, crop rotation, diversify crops between 8-10 productions. Group 2. Producers in organic conversion process: occasionally use chemical inputs and organic fertilizers and do crop rotation between 3-5 productions. Group 3. Conventional producers: use chemical inputs with dominance of monoculture (Escobar et al., 2019).

According to Escobar et al., (2019), small producer's farms are between 1500 -1900 m.a.s.l. The main crops are coffee (*Coffea arabica*), banana (*Musa × paradisiaca*) and peas (*Pisum sativum*), followed in lower production area by beans (*Phaseolus vulgaris*), corn (*Zea mays*), passion fruit (*Passiflora edulis*) and golden berry (*Physalis peruviana*

### Field stage.

Two sampling modules were performed between high and low rainfall, between March and June-2017. In each group of farms, two 100m line transects were established, and 10 sampling stations separated every 10m were formed; in each station a pitfall trap was set (disposable glasses buried at ground level, with 90% alcohol) and left there for 12 h.

A manual collection of flying insects was made with an entomological net 'jama' in the high, medium and low part of the plants for each station. (Mizutani et al., 2011).

### Taxonomic determination.

Specimens were determined to the lowest possible taxonomic level using keys (Fernandez, 2003; Villarreal et al., 2006; Park et al., 2016).

### Establishment of functional groups.

Functional groups were established according to their dietary habits, as proposed by (Fernandez, 2003; Villarreal et al., 2006; Gullan and Cranston, 2010; Aristizabal et al., 2013; Park et al., 2016), as follows: Beneficial insects (predators, decomposers, parasitoids and pollinators) and insects considered pests (defoliating phytophagous, sucking phytophagous and general phytophagous).

## Results

A total of 1651 specimens were collected. They were classified in 11 orders, 60 families and 179 morphospecies, 976 of those insects are considered beneficial and 675 pests. Organic productions (group 1) showed a higher number (425) of beneficial insects, especially predators (172), as well as decomposers (88), parasitoids (125) and pollinators (40) that may be involved in pest control (Table 1). Likewise, there were fewer pest insects (121) in relation to group 2 and 3.

**Table 1.** Functional families identified on group 1 with their number of specimens.

Beneficial insects	predators	Formicidae (101), Vespidae (8), Cantharidae (18), Carabidae (25), Coccinaelidae (3), Lycidae (2) & Staphylinidae (15)
	decomposers	Lauxaniidae (22), Phoridae (34), Sepsidae (28) & Isoptera (3) Mordellidae (1)
	parasitoids	Braconidae (22), Chalcididae (23), Chrysididae (14), Eulophidae (14), Ichneumonidae (33) & Pteromalidae (19)
	pollinators	Apidae (11), Formicidae (3), Vespidae (4), Mycetophilidae (3), Tipullidae (15) & Cucujidae (4)
Insects considered pests	defoliant phytophagous	Phasmatodea (10), Acrididae (11), Gryllidae (4), Chrysomelidae (4) & Scarabaeidae (12)
	sucking phytophagous	Alydidae (10), Aphididae (2), Cicadellidae (2), Cydnidae (8), Lygaeidae (1), Agromyzidae (17), Miridae (1), Nabidae (1) & Pyrrhocoridae (12)
	generalist phytophagous	Drosophilidae (4), Curculionidae (12) & Tephritidae (10)

Group 2, producers in conversion process, they have got a lower quantity of fewer beneficial insects (375) in relation to group 1, and fewer pest (198) families in relation to group 3 (Table 2). Otherwise, conventional producers (group 3) showed the highest number of pest insects (356), specially sucking phytophagous (219), as well as defoliant phytophagous (76) and generalist phytophagous (61), as well as fewer beneficial insects (176) in relation to groups 2 and 3 (Table 3).

**Table 2.** *Functional families identified on group 2 with their number of specimens.*

Beneficial insects	predators	Chrysopidae (2), Formicidae (161), Cantharidae (1), Carabidae (3), Coccinellidae (2) & Staphylinidae (1)
	decomposers	Heleomyzidae (22), Phoridae (8), Sepsidae (1), Staphylinidae (7) & Isoptera (2)
	parasitoids	Braconidae (11), Chalcididae (11), Eulophidae (31) & Ichneumonidae (2)
	pollinators	Apidae (6), Formicidae (102) & Nitidullidae (2)
Insects considered pests	defoliant phytophagous	Acrididae (22), Chrysomelidae (18) & Scarabaeidae (9)
	sucking phytophagous	Aleyrodidae (10), Aphididae (2), Cicadellidae (11), Coreidae (11), Lygaeidae (30), Miridae (2), Pentatomidae (8), Pyrrhocoridae (8) & Tingidae (18)
	generalist phytophagous	Drosophilidae (17) & Curculionidae (32)

**Table 3.** *Functional families identified on group 3 with their number of specimens.*

Beneficial insects	predators	Chrysopidae (2), Formicidae (54), Vespidae (7), Cantharidae (2), Carabidae (12), Coccinellidae (1) & Staphylinidae (11)
	decomposers	Heleomyzidae (11), Phoridae (6) & Blattellidae (13)
	parasitoids	Chalcididae (2), Eulophidae (13), Ichneumonidae (3) & Pteromalidae (10)
	pollinators	Vespidae (10), Mycetophilidae (12) & Nitidullidae (7)
Insects considered pests	defoliant phytophagous	Tettigonidae (25), Cerambicidae, (17) Chrysomelidae (21) & Scarabaeidae (13)
	sucking phytophagous	Alydidae (8), Aphididae (22), Cercopidae (12), Cicadellidae (17), Cydnidae (12), Larguidae (5), Lygaeidae (15), Nabidae (32), Pentatomidae (15), Pyrrhocoridae (35) & Tingidae (46)
	generalist phytophagous	Drosophilidae (16), Curculionidae (28) & Tenebrionidae (17)

The most representative family of beneficial insects for the three groups was Formicidae, with (104) specimens for group 1, (263) for group 2, and (54) for group 3. This information was useful to infer biological aspects to establish their role in the ecosystem, considering the following groups.

Genus *Mordellistena* sp. (Costa, 1854) (Coleoptera: Mordellidae) (Fig. 1) was registered for the first time for the department of Cundinamarca. They measure from 2 to 4 mm, at most they reach 5 mm. They feed on plants in the Asteraceae family, some trees, oaks; their host plants are not known in many cases.



**Figura 1.** View of the pleura of species (Mordellidae: Mordellistena) first recorded in Cundinamarca, Colombia. *Mordellistena* sp. 1 individual, ♂. Colombia. Cundinamarca. Fusagasuga. Sardinas province, Patio Bonito farm, Premontane rainforest. 4° 17' 44.52" N 74° 21' 51.012" W. 1949 m.a.s.l. Manual capture. Jun- 20 -2017 by Garzon, Y. Canon Camera.

## Discussion

Group 1, characterized by organic production, showed the highest number of beneficial insects, probable because in this production type, agroecological practices prevail (application of organic fertilizers, diversification and crop rotation, minimum tillage, biological control, among others), which encourage system self-regulation, nutrients cycling, increase in organic matter, microbiota and beneficial insects, among others (Escobar et al., 2013). Beneficial insects are an economically important group in farming systems as they provide different ecosystem services and act as natural enemies in different types of crops, in addition to being pollinators and, thus,

benefiting and increasing production (Cusser et al., 2016). In this regard, biological aspects that allow understanding the role of insects in the ecosystem can be inferred.

A key interaction for the farming systems of the Sumapaz province is shown by insect communities, leading us to infer that functional biodiversity responds to agroecological principles, since according to Altieri and Nicholls (2007), if a system is capable of subsidizing processes such as organic matter accumulation, soil fertility, pest regulation and good crop productivity, it responds to good farming practices. However, based on this principle and for this study, we seek to understand the interaction insect-plant, and beneficial insects-insects considered pests. According to Leeuwen et al. (2015), microarthropods are affected by agricultural practices, depending on whether the system to be evaluated is conventional or organic.

The predator group was made up of beneficial insects with the highest number of families in organic production as well as the Formicidae family. Predator insects like Cantharidae, Formicidae and Lycidae have toxic or repelling substances such as acetyl, licid, glyceride and alkaloid acids that dissolve with haemolymph and are released while attacking their prey. They are commonly active predators of small mollusks, annelids and larvae of other Coleoptera when they are in the larval stage. Carabids are generalists of arthropods, insect eggs or pupae, and in larval stage they are potential predators in their first three stages (Martinez, 2005). Likewise, coccinellids or ladybugs are known as excellent predators, widely used for biological control of larvae of chrysomelidae, aphids, coccids and other soft-bodied insects (Aristizabal et al., 2013). Chrysopidae is an insect family widely used as a control agent because as a generalist insect, its diet includes large numbers of soft-bodied arthropods such as aphids, whitefly, grasshoppers, thrips, psyllids, larvae of Lepidoptera and mites (Garzón et al., 2015). Finally, according to Vandermeer and Perfecto (1997), genus *Pachycondyla* sp. ants are aggressive and efficient controllers of Hemiptera of the Cercopidae family, and they have been registered as garden ants due to their relation to diverse plant families such as Araceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Gesneriaceae, Moraceae, Piperaceae, Orchidaceae and Solanaceae because they do not only help the plant to escape from phytophagy performed by different pest insects, but they also control the populations of leaf-cutting ants of *Atta* sp. and *Acromyrmex* sp. genera (Fernandez, 2003).

Pollinators and parasitoids were also representative insect groups of organic production. Pollination is an ecosystem service provided by different types of animals, mainly insects and especially bees (Frankie & Thorp, 2008). In this case, for the Sumapaz province, Coleoptera (Cucujidae and Nitidulidae), Diptera (Culicidae, Mycetophilidae and Tipullidae) and Hymenoptera (Apidae, Formicidae and Vespidae) are benefiting from improved crop production, contributing to crop yield and quality (Cusser et al., 2016).

Parasitoid insects, especially the Hymenoptera order, are in charge of the control because according to (Myartseva et al., 2013), Hymenoptera parasitoid have economic importance because they are natural enemies of insects that affect crops, which is key in biological control programs such as integrated pest management. For its part, Braconidae can act as ectoparasitoid, endoparasitoid or hyperparasitoid in insects because over the years, it has been documented as a host for the following individuals: Lepidoptera (Gelechiidae, Geometridae, Noctidae, Pyralidae, Tortricidae), Coleoptera (Carabidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Coccinellidae, Curculionidae, Scolytidae), Diptera (Agromyzidae, Anthomyiidae, Drosophilidae, Sepsidae, Phoridae, Tephritidae, Heleomycidae, Muscidae and Sarcophagidae), Hemiptera (Aphididae and Pentatomidae) (Park et al., 2016).

The organic production of group 1 and the transition from conventional to organic of group 2 favor the diversity of beneficial insects such as predators and parasitoids that are acting directly on pest insect populations existing in these groups. Therefore, the following biological control interactions can be found in both groups: in group 1, the most abundant pests are diptera (Tephritidae and Agromyzidae), coleoptera (Chrysomelidae and Scarabaeidae) and hemiptera (Aphididae, Alydidae and Cicadellidae); in contrast, in group 2 where the pests are coleoptera (Chrysomelidae and Scarabaeidae) and hemiptera (Aleyrodidae and Tingidae). Aphids are attacked by beetles of the Coccinellidae family (ladybugs) (Markovic & Glinwood, 2014), beetles (Scarabaeidae) are preyed on in their larval stage by carabids (Aristizabal et al., 2013), and the others are parasitized by hymenoptera of Braconidae, Chrysidae, Chalcididae, Eulophidae and Ichneumonidae families (Fernandez & Sharkey, 2006). Group 3 is more abundant in the following pests: diptera (Drosophilidae), coleoptera (Chrysomelidae and Scarabaeidae), and hemiptera (Aphididae, Cicadellidae, Cercopidae, Cydnidae, Nabidae, Pyrrhocoridae and Tingidae).

Group 2, producers in conversion process, showed fewer beneficial insects in relation to group 1, probably because occasionally they apply chemical synthesis inputs that can affect in part the microbiota, the system self-regulation and the presence of beneficial insects (Tittonell et al., 2015). This group had few parasitoids. According to Zaragoza-Caballero and Pérez-Hernández (2014), parasitoid populations are affected by pesticides or other chemicals used in conventional crops for pest control and management, which causes their displacement; moreover, they do not tolerate abrupt changes in the environment. Pests probably increase if they do not have established parasitoids, although there are predators such as carabids that, which, despite being generalists (Martinez, 2005), would be limited to soil pests. Concerning decomposer insects in this region, they are vital for the cycle of soil nutrients, thanks to their nutritional habits because their nutrition is based on the intake of a large volume of soil containing decomposed plant and animal matter, as

well as different microorganisms. Moreover, microarthropods and fungi interaction in the rhizosphere or elsewhere helps in nitrogen and phosphates mineralization in the soil, generating availability for plants (Gullan and Cranston, 2010).

Parasitoid like Ichneumonidae also present in this group 2, can acts as ectoparasitoid, endoparasitoid or hyperparasitoid in insects, and their hosts were the following: Lepidoptera (Pylalidae, Gelechiidae, Pylalidae), as well as coleopteran larvae, prepupae and pupae (Triplehorn and Johnson, 2005). The Chalcididae family is a parasitoid or primary hyperparasitoid of Lepidoptera (young pupae) and Diptera (mature larvae); Chrysididae is the main parasitoid of Phasmatodea eggs (Park et al., 2016), while Eulophidae has been considered host of spiders, insect eggs, nematodes, mites, thrips, or other hymenoptera; they commonly attack Lepidoptera, Diptera, Coleoptera and Hymenoptera larvae and have high economic importance as they are associated with pests such as whitefly and leaf miners. However, Pteromalidae is the ectoparasitoid of a large number of insects, in addition to being an important controller of the boll weevil and being related to the fruit fly (Diptera: Tephritidae) (Park et al., 2016).

Group 3, producers in conversion, showed the highest number of pest insects. This result may be related to conventional practices such as monocultures, intensive tillage, and excessive use of chemical inputs, among others. These practices can affect the presence of beneficial insects and encourage the appearance of pests and their resistance. The ecological consequences of insecticide use are deeply troubling, as they are among the agricultural tools most associated with environmental damage. Their specific objective is to kill insect pests and, consequently, to have a lethal or sublethal impact on non-target organisms (beneficial insects) and reduce or contaminate food products for higher trophic levels (Sutton et al., 2013).

Insects considered pests cause reduction or loss in crop production, as a result of herbivory and transmission of pathogens that directly affect the physiology of their host (plants), generating economic losses to the farmer (Gullan and Cranston, 2010). This is why defoliating phytophagous insects such as stick insects, crickets, grasshoppers and beetles (Cerambycidae, Chrysomelidae, Scarabaeidae) have caused high losses due to defoliation in different types of plants and crops (Gullan and Cranston, 2010). Chrysomelids are an abundant and diverse group (Villarreal et al., 2006), commonly known as leaf beetles since the act as specific defoliating herbivores, both in their larval and adult stages, in the following plant families: Asteraceae, Solanaceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Malvaceae, Salicaceae and Verbenaceae, among the most important (Burgos-Solorio and Anaya-Rosales, 2004; Kher et al., 2016). Additionally, according to Aristizabal et al. (2013) the Acrididae, Gryllidae and Tettigonidae families have been reported feeding on plants of the genera *Anthericum*, *Pandanus* and *Pittosporum*.

It is very common to find the order Hemiptera as sucking phytophagous insects that suck sap without removing the foliage to the point that they cause symptoms that may provoke huge economic losses in different crop types (Aristizabal et al., 2013). However, the Aleyrodidae family, where the white fly is found, is a very detrimental group of invasive pest insects (Nieves-Aldrey et al., 2006). According to Lorenzo et al. (2016), its economic importance lies in the direct damage when they feed on crops, and indirect damage when they produce waxy or cottony secretions that favor the establishment of fungi. They also transmit viruses to plants that cause diseases, mainly in tomato and paprika crops (Lorenzo et al., 2016). It has also been found associated with *Cocos nucifera*, *Persea americana*, *Psidium guajava* and other trees (Nieves et al., 2006). Besides, many of the species of the Alydidae family are detrimental in different types of crops such as rice (Dutta and Roy, 2016), soy (Perfecto et al., 2009), or other types of crops where they create serious damage that includes leaves, stems and pods consumption in the different insect stages (nymphs-adult) (Moreira et al., 2011), in the first stages of the plant growth (Dutta and Roy, 2016). The Aphidae family, according to Delfino et al. (2007), has been reported as one of the most important pests due to the direct result of its feeding, that stagnates the plant growth, it also causes premature dropping of leaves and discoloration, deformities and development of fungi (sooty molds). Furthermore, it transmits phytopathogenic viruses that lower the yield and seed quality, due to the narrow aphid-host relationship (Markovic and Glinwood, 2014). Besides, Cercopidae, Cicadellidae and Membracidae families, known as little cicadas are significant agricultural pests in Colombia (Aristizabal et al., 2013), as they affect the plant by infection of fungal pathogens, and damage vascular tissues and foliage, as well as fruits through the liquid they excrete (Aristizabal et al., 2013). Unlike these, Cercopide (*Cercopis vulnerata*) can cause malformations in fruits and brown marks in the visible leaves on both sides, due to fungi (Alford, 2014).

Finally, generalist phytophagous, mostly Coleoptera and Diptera have been affecting the regional crops. According to Cusser et al., (2016) both adult and larval tenebrionids have been reported as crop pests of the Cucurbitaceae family, where they cause damage by cutting and feeding on young leaves, in addition to perforating their fruits. The Curulionidae family is well known for causing major harm in different types of crops, where most of its species attack the plant completely, from the root to the fruits; larvae usually feed on plant tissues and adults, perforate fruits and other associated organs (Villarreal et al., 2006). In Diptera, Tephritidae is a pest capable of causing reduction in crop yields. After fruit infestation by larvae, fruits may fall prematurely and the pH may be altered, which affects fruit quality and increases its oxidation (Alford, 2014). The flies of the Drosophilidae family usually reproduce in decomposition or fermentation matter. Although they help with degradation, they usually propagate pathogenic fungi spores that affect crops; while in the Agromyzidae family, commonly known as leaf miner flies, females produce necrosis in plant tissues by perforating them

with their ovipositor for oviposition and feeding (Alford, 2014). Likewise, their larvae consume the hemophilic leaves or internal tissues of other plant organs by making mines inside them. The mines are perceived as white lines following an irregular path or as round spots (Gullan and Cranston, 2010). As a consequence, the plant reduces its photosynthesizing foliar area, therefore, there is premature leaf fall, decreased fruit production and premature death (Mazumdar and Bhuiya, 2014).

Group 1 is more stable than groups 2 and 3, and the difference lies in the ecosystem services offered, such as pollination and degradation. Pollination helps to increase crop production and quality, which is important for the agroecosystems (Gullan and Cranston, 2010). Thus, for group 3, the low presence of pollinators depends on the loss of biodiversity that limits this group, due to different changes in the landscape as a consequence of the implementation of monocultures and excessive use of chemicals that destroys the niches variety, diminishes resources and causes the loss of bees, flies, butterflies and other arthropods (Cusser et al., 2016).

Therefore, it can be inferred that the farming practices carried out in group 3 are affecting insects that are important for the economy, such as pollinators. However, the abundance of insects in this group is not only linked to pests, since there is high presence of degraders associated to nutrient cycling, providing fertile soil and improving the organic matter level (Leeuwen et al., 2015), as well as group 1 and 2. However, it does not guarantee its sustainability as a system that applies good management practices like group 1, which despite its high abundance of pests, guarantees a relevant biological control through its predators and parasitoids, in addition to having higher production, thanks to the services offered by pollinators and soil degraders. Therefore, sustainability is increased by group 1, according to their good management practices as organic farms (Kopali, 2013). Finally, as group 2 is in a transition state, it is committed to good farming practices, and gradually establishes insect communities that are not only regulating pests, but offering a service that in the future will guarantee higher and better crop production.

Genus *Mordellistena* sp. (Costa, 1854) (Coleoptera: Mordellidae) was registered for the first time in the Department of Cundinamarca. In Colombia, there is little information about the Mordellidae family. However, Martinez (2001) reported the subtribe Mordellini with *Glipodes* sp. and *Bioatia* sp., in addition to the species *Glipodes sericans*. Nevertheless *Mordellistena* sp., has been reported for the country by Hallan (2008) in his synopsis of world Coleoptera where the species *Mordellistena beyrodti* (Legerken, 1922) and *Mordellistena carinatipennis* (Rey, 1944) are registered, but without a specific location. Taxonomic and biological knowledge about this family is very scarce. This study confirms the distribution of this genus for the country.

## Conclusions

Knowing the entomofauna associated with Sumapaz province has led to the establishment of functional groups, which indicate the system status through the abundance of beneficial insects or considered pests; in this case, group 1 registers the highest functional diversity, as it ensures better pollination and higher pest regulation. Unlike group 3 where ecological processes may not be working properly, the use of agrochemicals could be generating an environmental impact, causing the loss of beneficial insects.

The establishment of the seven functional groups provides a preliminary diagnosis and knowledge of the insects associated to family farming and agroecological practices in the province of Sumapaz, which are possibly affecting and/or benefiting the agricultural family. The information provided by the research can contribute to the development of integrated pest management plans and the promotion of agroecological practices that allow the system to self-regulate.

## Acknowledgements

The authors would like to thank the research department of the University of Cundinamarca for the financial support to conduct this research and the ASOPROMES association for facilitating the sampling and visits to the small producers' farms.

## References

- Adesope, O. M., Matthews-Njoku, E. C., Oguzor, N. S., & Ugwuja, V. C. (2012). Effect of socio-economic characteristics of farmers on their adoption of organic farming practices. *Crop Production Technologies*, 210-220.
- Alexopoulos, G., Koutsouris, A., & Tzouramani, I. (2010). Should I stay or should I go? Factors affecting farmers' decision to convert to organic farming as well as to abandon it. In *9th European IFSA Symposium, Vienna (Austria)* (pp. 1083-1093).
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Revista Ecosistemas*, 16(1).
- Alford, D.V. (2014). *Pests of fruit crops: a colour handbook*. CRC Press, 462p.
- Aristizabal, L.F., Cardona, L.V., Henao, E.R., Salgado, M., & Arthurs, S.P. (2013). Insects associated with tropical foliage produced in the coffee growing region of Colombia. *Brazilian Journal of Entomology*, 57(3), 313-318. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262013005000021>
- Burgos-Solorio, A., & Anaya-Rosales, S. (2004). The chrysomelins (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae) of Morelos's state. *Mexican Zoological Act*, 20(3), 39-66.
- Cusser, S., Neff, J.L., & Jha, S. (2016). Natural land cover drives pollinator abundance and richness, leading to reductions in pollen limitation in cotton agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 226, 33-42. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.020>
- Delfino, M.A., Monelos, H.L., Peri, P.L., & Buffa, L.M. (2007). Aphids (Hemiptera, Aphididae) of economical interesting for Santa Cruz province. *Journal of Agricultural Research*, 36(1), 147-154.
- Dutta, S., & Roy, N. (2016). Life table and population dynamics of a major pest, *Leptocoris acuta* (Thunb.) (Hemiptera: Alydidae), on rice and non-rice system. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 4(1), 199-207. <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.2202>
- Erisman, J. W., Eekeren N.V., Wit, J. Koopmans, C., Cuijpers, W., Oerlemans, N & Koks, B. (2020). Agriculture and biodiversity: a better balance becomes both. *AIMS Agriculture and Food*, 1(2): 157-174. <http://www.aimspress.com/article/10.3934/agrfood.2016.2.157>
- Escobar Cazal, E. A., Velásquez Ardila, M. C., Gutiérrez Castaño, O. L., Gálvez Sabogal, J. F., Jiménez Rodríguez, N., Díaz Cárdenas, M. P., Rodríguez González, A. R., Manjarrés Zárate, B. A., Fajardo Vergara, R., Simbaqueba Morales, Á. V., Corchuelo Martínez, M. A., & Osorio Nemequén, Y. A. (2019). *El turismo en cundinamarca: Oferta – demanda. Provincias: sabana occidente, sabana centro, sumapaz, alto magdalena*. Tomo I [Repositoryo Dictum Universidad de Cundinamarca]. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2583>
- Escobar, N., Mora, J. M., & Romero, N.J. (2013). Microbiological dynamics in fertilizers derived from organic waste from coffee farms. *Revista de Agronomía*, 21(2), 29-39. [http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia21\(2\)\\_4.pdf](http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia21(2)_4.pdf)

- Escobar, N., Romero, N.J., & Jaramillo, C. (2019). Typology of small producers in transition to agroecological production. *Agronomy Research*, 17(2): 2242–2259. <https://doi.org/10.15159/AR.19.221>
- Fernández, F. (2003). *Introduction to ants of neotropical region*. Institute of biological resources research Alexander von Humboldt (Bogotá). 398 p.
- Fernández, F., & Sharkey, M.J. (2006). *Introduction to Hymenoptera of Neotropical region*. Colombian Society of Entomology & National University of Colombia (Bogotá). 851 p.
- Frankie, G.W., & Thorp, R.W. (2008). Pollination and Pollinators. In: Resh, V.H.; Cardé, R.T. (Eds.). *Encyclopedia of Insects* (Second edition) pp. 813-819, Elsevier.
- Garzón, A., Medina, P., Amor, F., Viñuela, E., & Budia, F. (2015). Toxicity and sublethal effects of six insecticides to last instar larvae and adults of the biocontrol agents *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemosphere*, 132, 87-93.
- Gullan, P.J., & Cranston, P.S. (2010). *The insects: an outline of entomology*. John Wiley & Sons. 584 p.
- Hallan, J. (2008). *Synopsis of the described Coleopterans of the World, Biology*. Catalogue of the Texas A&M University.
- Hartshorn, G. S. (2002). Biogeography of neotropical forests. *Ecology & conservation of neotropical forests*. Ed LUR. 692 p.
- Kher, S.V., Dossdall, L.M., & Ca. H.A. (2016). Biology, host preferences of *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae), a recent invasive pest in Western Canada. *Arthropod-Plant Interactions*, 10(5), 365-376. <https://doi.org/10.1007/s11829-016-9446-8>
- Kopali, A. (2013). Analysis of the sustainability of agricultural farms through agri- environmental indicators at the level of biodiversity and landscape, 12(4), 539-544. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/analysis-sustainability-agricultural-farms/docview/1491290944/se-2?accountid=201395>
- Leeuwen, J. P. Van, Lehtinen, T., Lair, G. J., Bloem, J., Hemerik, L., & Ragnarsdóttir, K. V. (2015). An ecosystem approach to assess soil quality in organically and conventionally managed farms in Iceland and Austria. *Soil*, 1(1), 83–101. <https://doi.org/10.5194/soil-1-83-2015>
- Lorenzo, M.E., Grille, G., Basso, C., Bonato, O. (2016). Host preferences and biotic potential of *Trialeurodes vaporariorum*. *Arthropod-Plant Interactions*. 10(4), 293-301. <https://doi.org/10.1007/s11829-016-9434-z>
- Lozano-Gutiérrez, J., España-Luna, M. P., Balleza-Cadengo, J. J., & Liñán-Quiroz, B. M. (2015). Biodiversidad de coleópteros en árboles de aguacate de Aramberri, Nuevo León, México. *Entomología Mexicana*, 2, 392-396.
- Markovic, D., & Glinwood, R. (2014). Plant response to touch affects the behaviour of aphids and ladybirds. *Arthropod-Plant Interactions*. 8(3), 171-181. <https://doi.org/10.1007/s11829-014-9303-6>
- Martínez, C. (2001). First registered of genera *Glipodes* & *Boatia* (Coleoptera: Mordellidae) to Colombia. *Entomotopica*, 16(3), 199-201.
- Martínez, C. (2005). Introduction to beetles (Coleoptera: Carabidae) of Colombia. *Institute of biological resources research Alexander von Humboldt* (Bogotá). 546 p.
- Mazumdar, S., & Bhuiya, B.A. (2014). Vegetable leafminers (Diptera: Agromyzidae) and their plant host in Bangladesh. *Journal of Threatened Taxa*. 6(6), 5894-5899. <https://doi.org/10.11609/JoTT.o3892.5894-9>
- Mizutani, N., Moriya, S., Yamaguchi, T., Ito, K., Tabuchi, K., Tsunoda, T., & Iwai, H. (2011). Seasonal abundance of the bean bug, *Riptortus pedestris* (Heteroptera: Alydidae) in some leguminous plants. *Journal of Applied Entomology and Zoology* (Japan), 55(3), 163-170. <https://doi.org/10.13033/jjaez.2011.163>
- Mora Delgado, J. R., Silva Parra, A. & Escobar Escobar, N. (2019). *Bioindicadores en suelos y abonos orgánicos*. Sello Editorial Universidad del Tolima. <http://repository.ut.edu.co/handle/001/3022>
- Moreira, M.A., Zarbin, P.H., Pentead-Dias, A.M., & Teodoro, A.V. (2011). Parasitizing behavior of *Cervellus piranga* Pentead-Dias (Hymenoptera, Braconidae, Braconinae) on papaya borer weevil *Pseudopiazurus obesus* Marshall (Coleoptera, Curculionidae). *Brazilian entomology journal*, 55(4), 612-614. <http://dx.doi.org/10.1590/S008556262011005000053>
- Myartseva, S.N., Ruiz-Cancino, E., Coronado-Blanco, J.M., & Cambero-Campos, J. (2013). Aleurodinus spp.: parasitoids (Hemiptera: Aleyrodidae) on Mexico, with a new *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae) description. *Mexican Zoological Act*, 29(3), 641-653. <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v29n3/v29n3a13.pdf>Nieves-Aldrey, J. L., Fontal-Cazalla, F., & Fernández, F. (2006). Introduction to Hymenoptera of the Neotropical region. *National University of Colombia (Bogotá)*. 851 p.
- Park, C.G., Baek, S., Lee, S.K., & Park, Y.L. (2016). Landscape-scale spatial dynamics of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae): Implications for areawide management. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 19(4), 969-975. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2016.08.013>
- Perfecto, I., Vandermeer, J.H., & Wright, A.L. (2009). *Nature's matrix: linking agriculture, conservation and food sovereignty*. Routledge. (London, UK). 235 p.
- Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2015). Coffee Agroecology: A new approach to understanding agricultural biodiversity, ecosystem services and sustainable development. *Routledge*. (New York). 315 p.
- Sutton, M.A.; Bleeker, A.; Howard, C.M.; Bekunda, M.; Grizzetti, B.; de Vries, W.; van Grinsven, H.J.M.; Abrol, Y.P.; Adhya, T.K.; Billen, G.; Davidson, E.A.; Datta, A.; Diaz, R.; Erisman, J.W.; Liu, X.J.; Oenema, O.; Palm, C.; Raghuram, N.; Reis, S.; Scholz, R.W.; Sims, T.; Westhoek, H.; Zhang, F.S.. (2013). Our nutrient world: the challenge to produce more food and energy with less pollution *NERC/Centre for Ecology & Hydrology*. 114 pp.
- Tittonell, P., E. Scopel, N. Andrieu, H. Posthumus, P. Mapfumo, M. Corbeels, GE. Van Halsema, R, & Y S Mkomwa. (2015). Agroecology-based aggradation-conservation agriculture (ABACO): Targeting innovations to combat soil degradation and food insecurity in semi-arid Africa. *Field Crops Research*, 47(2): 225-236. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.011>
- Triplehorn, A.C., & Johnson, F.N. (2005). Introduction to the Study of Insects. *Thomson Brooks/Cole*. (Australia). 864 p.
- Vandermeer, J., Perfecto, I. (1997). The agroecosystem: a need for the conservation biologist's lens. *Conservation Biology*, 11(3), 591-592.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., & Umaña, A.M. (2006). Manual of methods for the development of biodiversity inventories 2nd edition. Biodiversity Inventories Program. *Institute of biological resources research Alexander von Humboldt* (Bogotá). 236 p.
- Zaragoza-Caballero, S., & Pérez-Hernández, C.X. (2014). Cantaroids biodiversity (Coleoptera: Elateroidea [Cantharidae, Lampyridae, Lycidae, Phengodidae, Telegeusidae]) on Mexico. *Mexican biodiversity journal*, 85(1), 279-289. <https://doi.org/10.7550/rmb.31748>

## Supplementary materials

The three groups with their respective production area location

Group	Owner	Municipality	Province	Coordinates
1	Hugo Enrique Jiménez Castellanos	Granada	Sabaneta	N: 04° 32 m 573 s; O: 074° 18 m 217 s
	Floriberto Cubillos	Silvania	Noruega Baja	N: 04° 19 m 625 s; O: 074° 21 m 678 s
	Maria Leticia Bernal	Fusagasuga	Sardinas	N: 04° 17 m 777 s; O: 074° 21 m 917 s
	Sabarain Caldas	Fusagasuga	San Jose de Piamonte	N: 04° 22 m 301 s; O: 074° 22 m 521 s
2	Julio Alberto Cubillos Peñalosa	Arbelaez	El Vergel	N: 04° 15 m 010 s; O: 074° 27 m 609 s
	Elizabeth Alvarado	Fusagasuga	Cucharal	N: 04° 21 m 46.25 s; O: 074° 23 m 10.41 s
	Maria Yorleny Ortiz	Granada	Santa Fe	N: 04° 31 m 985 s; O: 074° 18 m 612 s
3	Luis Alberto Abril	Tibacuy	La Gloria	N: 04° 21 m 497 s; O: 074° 26 m 956 s
	Carlos Adelmo Baquero Diaz	Arbelaez	El Salitre	N: 04° 13 m 476 s; O: 074° 20 m 156 s
	Wiliam Oswaldo Gonzalez Cruz	Arbelaez	La Victoria	N: 04° 14 m 309 s; O: 074° 21 m 549 s
	Luz Nelly Osorio Bejarano	Pasca	San Pablo	N: 04° 17 m 22 s; O: 074° 20 m 46 s

## Analysis of Wildlife Roadkill in a Road Circuit. Case study of a Colombian road in the Department of Huila: Neiva - Rivera - Campoalegre

Juan Sebastián Arana Rivera<sup>1</sup>, Santiago Gutiérrez Quintero<sup>2</sup> and Natalia Álvarez L.<sup>3</sup>

### Abstract

This research contributes information related to records of wildlife roadkill in the different roads of the department of Huila. The results come from samplings carried out during the rainy season from October to December of 2017 on the Neiva - Rivera - Campoalegre road circuit. The highest roadkill rate was recorded in section 1, Neiva - Rivera (Los Cauchos tollbooth); which had high traffic flow during the day (5045 vehicles/month), high speed limit (90 km / h), and an arboreal coverage that forms a green tunnel due to the lack of lighting on this road.

A total of 102 dead specimens were registered in this case study; predominantly mammals (53 specimens, 51.96%) and the species *Didelphis marsupialis* (48, 47.06%), followed by reptiles (34, 33.33%) whose most affected species were the *Boa constrictor* (9, 8.82%) and the *Iguana iguana* (7, 6.86%). Additionally, birds were the third most affected group (12, 11.76%) classified in 8 species, such as the *Megascops choliba* which was the most affected (4, 3.92%). Amphibians were the least affected group (3, 2.94%), mainly the *Rhinella horribilis* species (2, 1.96%).

**Key words:** Wildlife, Roadkill, Vehicular traffic, Rainy season, Huila.

### Análisis de fauna atropellada en un circuito vial. Estudio de caso de una carretera colombiana en el Departamento del Huila: Neiva - Rivera - Campoalegre

### Resumen

Esta investigación aporta información relacionada con los registros de atropellos de fauna silvestre en las diferentes vías del Departamento del Huila. Los resultados provienen de muestreos realizados durante la temporada de lluvias de octubre a diciembre de 2017 en el circuito vial Neiva – Rivera – Campoalegre. La mayor tasa de atropellamiento se registró en el tramo 1, Neiva - Rivera (peaje Los Cauchos); el cual tuvo un alto flujo vehicular durante el día (5045 vehículos/mes), un alto límite de velocidad (90 km/h), y una cobertura arbórea que forma un túnel verde debido a la falta de iluminación en esta vía.

\*FR: 27-I-2020. FA: 12-VIII-2021.

<sup>1</sup> Master(c) Comprehensive Project Management – Univesidad Surcolombiana, Environmental Engineer from Corporación Universitaria del Huila, CORHUILA, Technologist in Ecological Agricultural Production from SENA. Email: jsarana1993@hotmail.com

 [orcid.org/0000-0002-4618-3012](https://orcid.org/0000-0002-4618-3012)

<sup>2</sup> Research Group Efecto Ambiental, Master in Ecology and Strategic Ecosystems Management - Universidad Surcolombiana, Biologist - Universidad de Caldas, Professor of the Environmental Engineering Program - Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA. Email: santiago.gutierrez@corhuila.edu.co

 [orcid.org/0000-0002-8769-1988](https://orcid.org/0000-0002-8769-1988) **Google scholar**

<sup>3</sup> BA in Modern Languages, MA in Translation. Department of Modern Languages. Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA, Neiva, Colombia. Email: natalia.alvarez@corhuila.edu.co

 [orcid.org/0000-0002-1130-6027](https://orcid.org/0000-0002-1130-6027) **Google scholar**



### CÓMO CITAR:

Arana-Rivera, J.S., Gutiérrez-Quintero, S. & Álvarez L., N. (2022). Analysis of Wildlife Roadkill in a Road Circuit. Case study of a Colombian road in the department of Huila: Neiva - Rivera - Campoalegre. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 55-71. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.4>



En este estudio se registraron un total de 102 ejemplares muertos, predominando los mamíferos (53 ejemplares, 51,96%) y la especie *Didelphis marsupialis* (48, 47,06%), seguida de los reptiles (34, 33,33%) cuyas especies más afectadas fueron la Boa constrictor (9, 8,82%) y la Iguana iguana (7, 6,86%). Además, las aves fueron el tercer grupo más afectado (12, 11,76%) clasificadas en 8 especies, como la *Megascops choliba* que fue la más afectada (4, 3,92%). Los anfibios fueron el grupo menos afectado (3, 2,94%), principalmente la especie *Rhinella horribilis* (2, 1,96%).

**Palabras Clave:** Fauna silvestre, atropellamiento, tráfico vehicular, temporada de lluvias, Huila.

## Introduction

Road expansion is necessary for the socio-economic development of any region because it enables human communities to have access to different remote areas and districts; thus, they stay connected and their transportation of products is facilitated” (Alves et al. 2009, p.1). This continuous growth exceeds 50 % of the Earth’s land surface (Hooke et al. 2012).

However, “the negative effects of a road are immediate” (Bagger and Alves, 2011, p.851): “ecosystems adjacent to a road suffer strong impacts when a road is built or expanded, which usually lacks environmental planning” (Brum et al. 2018, p.126); “the adjacent vegetation is eliminated; and the soils are compacted, which alters the thermal conditions and relative humidity” (Jochimsen, 2005, p.351). Therefore, the impact on biodiversity is very complex since roads are a global concern because it affects the conservation of wildlife, (Cáceres et al. 2010. Forman and Alexander, 1998).

The ecological effects of roads include the discharge of toxic gases, substances such as oils and residues, light and noise pollution that significantly affect the behavior and biology of several species (Tejera et al. 2018), hydrological changes (Jones et al. 2000), introduction of exotic species (Forman et al. 2003) and loss of habitat or habitat fragmentation adjacent to a road in small areas (Kuykendall and Keller, 2011). These dynamics alter the exchange of genes as mentioned by Smith-Patten and Patten, (2008) “since roads have become barriers for wildlife movement that prevent gene exchange” (p.844), Therefore, isolated communities are more susceptible to the decline of their population and become vulnerable to local extinction (González-Gallina et al. 2013) due to inbreeding processes caused by geographical and genetic isolation.

The large amounts of roadkills are the consequence of the direct impact of roads on biodiversity (Santos et al. 2013). All species, ages, and sizes of animals are affected by roads (Smith-Patten and Patten, 2008), especially young animals in reproductive stages. Although roadkills may not affect many populations, it can have a significant impact on endangered species populations (Glista and Devault, 2008). It is estimated that one million animals die every day in the different roads of the United States

(Litvaitis and Tash, 2008). In the last three decades, roadkill overtook hunting as the main cause of wildlife mortality (Forman and Alexander, 1998).

Other impacts of roads on biodiversity, such as fragmentation have promoted various studies (Trombulak and Frissell, 2000; Puig et al. 2012). The spatial distribution and information collected about wildlife roadkills will contribute to the identification of biodiversity corridors, along with the different routes (Beckers, 2008). Georeferencing of roadkill points is fundamental to design and develop solutions to this problem. Consequently, several studies related to this subject have been carried out around the world (Cserkés et al. 2013; Mizuta 2014).

In Latin America, research related to roads and biodiversity is still a novelty, therefore, related information is scarce (González-Gallina et al. 2013). In Colombia, the study of wildlife roadkill is incipient, although there is some research carried out in the Caribbean region (De la Ossa Nadjar and De la Ossa V, 2013; Monroy et al. 2015; De La Ossa-V and Galván-Guevara, 2015), in Popayán (Castillo-R et al. 2015) in the Magdalena Medio (Ramos Pallares and Mesa Joya, 2018) and in the Colombian Coffee Axis (López Herrera et al. 2016).

Consequently, this matter needs to be researched in the Department of Huila in order to identify the number of affected species by roadkills in a road circuit of the Department. Reliable information on the matter will allow to understand the root of problem and provide possible structural and non-structural alternatives to mitigate its impact.

## **Methods**

This research was developed over the course of three months, from October to December of 2017, which includes the second rainy season. The information was collected once a week on Wednesdays; a total of 13 samples were obtained by a motorcycle rider who made observations at a speed of  $\leq 30$  km/h by looking at both lanes in search of roadkills. In addition, a campaign was conducted in the community by means of informative brochures about the registration of wildlife roadkills. At the time and place of a roadkill, a spreadsheet was used to record on-site data such as body length (Cm) (estimated with a measuring tape), weight (Kg) (estimated with a digital scale), coordinates (determined with a GPS), sex, common name, state of the body and its environment; additionally, photographs of the specimen were taken with a digital camera.

### **Sampling Area:**

The sampling area is 54.22 km of the road that connects the municipalities of Neiva, Rivera and Campoalegre, a two-way roadway that turns into a dual carriageway. This route was divided into 4 tracks for better study and comparison as follows:

**Track 1.** Neiva ( $2^{\circ}53'55.06''\text{N}$   $075^{\circ}16'47.85''\text{W}$ ) Rivera (Los Cauchos Tollbooth) 45 05 reference point (PR) 98 + 500 ( $2^{\circ}45'22.70''\text{N}$   $075^{\circ}18'30.51''\text{W}$ ). It goes through the town center of Río Frío. This is a two-way first-order road (INVIAS, *personal communication*, January 29, 2018). This fully-paved section has a length of 16.4 km. The speed limit is 90 km/h in most sections; only a few sections have lighting.

**Track 2.** Campoalegre ( $2^{\circ}41'56.03''\text{N}$   $075^{\circ}19'11.96''\text{W}$ ) Rivera town center ( $2^{\circ}46'36.84''\text{N}$   $075^{\circ}15'42.76''\text{W}$ ). This two-way road goes through the town center of Riverita. The section comprises two roads that have been categorized as first and third-order roads (INVIAS, 2018). It is a fully-paved section that measures 14 km, the speed limit is 30 km/h all along, only a few sections have lighting.

**Track 3.** Rivera town center ( $2^{\circ}46'44.84''\text{N}$   $075^{\circ}15'38.26''\text{W}$ ) Rivera road intersection (National Road) ( $2^{\circ}47'40.26''\text{N}$   $075^{\circ}17'59.75''\text{W}$ ). This is a two-way second-order road (INVIAS, 2018); it is fully paved. This 4.72 km track does not have speed limit signs and only a few sections have lighting.

**Track 4.** Rivera town center ( $2^{\circ}46'55.14''\text{N}$   $075^{\circ}15'20.50''\text{W}$ ) Neiva ( $2^{\circ}54'33.25''\text{N}$   $075^{\circ}16'29.41''\text{W}$ ). It crosses the population centers known as El Guadual, La Ulloa and El Caguán. This is a two-way second-order road, (INVIAS, 2018). This 19.1 km route is fully paved and does not have speed limit signs and and only a few sections have lighting. It is noteworthy to mention that there were not wildlife crossing signs in any of the tracks studied. The tracks are differentiated by color (Fig. 1) and their characteristics in terms of track, length, and locations are shown in Table 1.



**Figura 1.** Map of the study area Jun- 20 -2017 by Garzon, Y. Canon Camera. Source: Edited by Google Earth Pro, 2018.

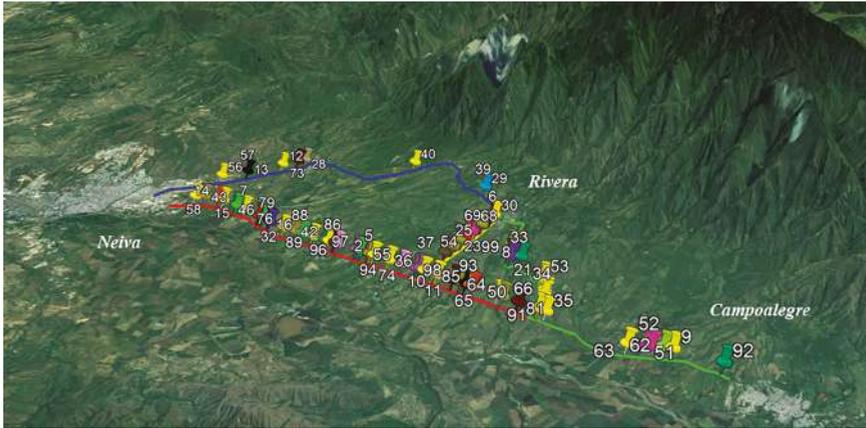
**Table 1.** Length and coordinates of sections investigated.

Stretch	Section	Length (Km)	Colour	Start	End
1	Neiva – Rivera (toll Los Cauchos)	16.4 km	Red	2°53'55.06"N 75°16'47.85" W	2°45'22.70"N 75°18'30.51" W
2	Campoalegre Urban center of Rivera	14 km	Green	2°41'56.03"N 75°19'11.96" W	2°46'36.84"N 75°15'42.76" W
3	Urban center of Rivera - Rivera intersection (National Road)	4.72 km	Yellow	2°46'44.84"N 75°15'38.26" W	2°47'40.26"N 75°17'59.75" W
4	Urban center of Rivera – Neiva	19.1 km	Blue	2°46'55.14"N 75°15'20.50" W	2°54'33.25"N 75°16'29.41" W

Source: Compiled by authors

## Analysis of the Information

For the analysis of the information collected, the books *Guía de las Aves de Colombia* (Hilty and Brown, 2001), *Guía de Identificación de la Fauna Silvestre Colombiana* (Min. Ambiente and CAM, 2009), and the reptile database (Lynch, Sierra and Gómez, 2014) were used. Also, *El Libro Rojo de Reptiles de Colombia* (Morales-Betancourt et al. 2015) as well as the Red List of Threatened Species website (UICN, 2019) were used for species identification. Additionally, as proposed by Clevenger et al. (2002), the roadkill spots were identified, and the link between habitat and geographic information system (GIS) was modelled to determine the location of the structures designed to mitigate the impact on wildlife. Google Earth Pro software was used to locate the number of dead specimens that were classified with different colors according to the species; a map of the spatial distribution of the wildlife-vehicle roadkills was drawn (Fig. 2).



**Figura 2.** Map of roadkill species registered in the Neiva - Rivera - Campoalegre road circuit  
Note: Edited by Google Earth Pro, 2018.

## Results

The analysis showed that there were 100 wildlife-vehicle roadkills from October to December; it was necessary to include two more animals in the database because they were big and important species, although they were found outside the designated timeframe. Therefore, the total number of roadkill animals by vehicle collision was 102.

Table 2 shows the classification of wildlife-vehicle roadkills records according to the threat category reported in the red books (which showcase threatened species), the number of roadkills per track, and the total amount. Likewise, Table 3 shows the roadkills by taxonomic group according to number and percentage in each track.

**Table 2.** Wildlife-vehicle roadkills in the road circuit Neiva - Rivera - Campoalegre.

TAXON	COMMON NAME	SPECIES	CATEG.	STRETCH				TOTAL
				1	2	3	4	
MAMMALS	Common opossum	<i>Didelphis marsupialis</i>	LC	27	9	9	3	48
	Crab-eating fox	<i>Cerdocyon thous</i>	LC	-	1	2	-	3
	Southern tamandua	<i>Tamandua tetradactyla</i>	LC	2	-	-	-	2
<b>TOTAL MAMALS</b>				<b>29</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>53</b>

<b>REPTILES</b>	Brown rainbow boa	<i>Epicrates maurus</i>	LC	1	1	-	-	2
	Green iguana	<i>Iguana Iguana</i>	LC	6	-	-	1	7
	Boa constrictor	<i>Boa constrictor</i>	LC	7	1	1	-	9
	Redtail coral snake	<i>Micrurus mipartitus</i>	LC	-	2	-	1	3
	Mimic false coral snake	<i>Erythrolamprus mimus</i>	LC	3	-	-	-	3
	Bodaerts Tropical racer	<i>Mastigodryas boddaerti</i>	LC	-	-	1	-	1
	Common caiman	<i>Caiman crocodilus</i>	LC	-	1	-	-	1
	Neuwied's false boa	<i>Pseudoboa newiedii</i>	LC	-	2	1	-	3
	Cloudy Snail-eating Snake	<i>Sibon nebulatus</i>	LC	-	-	-	2	2
	Banded Cat-eyed Snake	<i>Leptodeira annulata</i>	LC	1	-	-	-	1
	Mussurana	<i>Clelia clelia</i>	LC	1	-	-	-	1
	Forest flame snake	<i>Oxyrhopus petolarius</i>	LC	-	-	-	1	1
<b>TOTAL REPTILES</b>				<b>19</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>34</b>
<b>BIRDS</b>	Tropical Screech owl	<i>Megascops choliba</i>	LC	2	-	1	1	4
	Saffron finch	<i>Sicalis flaveola</i>	LC	-	-	1	-	1
	Smooth-billed Ani	<i>Crotophaga ani</i>	LC	1	-	-	1	2
	Grey-necked Wood Rail	<i>Aramides cajaneus</i>	LC	1	-	-	-	1
	Stripped owl	<i>Pseudoscops clamator</i>	LC	1	-	-	-	1
	Black-billed Thrush	<i>Turdus ignobilis</i>	LC	-	-	-	1	1
	Bar-crested Antshrike	<i>Thamnophilus multistriatus</i>	LC	-	-	1	-	1
	Roadside hawk	<i>Buteo magnirostris</i>	LC	-	-	1	-	1
<b>TOTAL BIRDS</b>				<b>5</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>12</b>
<b>AMPHIBIANS</b>	Cane toad	<i>Rhinella horribilis</i>	LC	-	1	-	1	2
	Rufous frog	<i>Leptodactylus fuscus</i>	LC	-	-	1	-	1
<b>TOTAL AMPHIBIANS</b>				<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

Source: Compiled by authors

**Tabla 3.** Records of roadkills per each taxonomic group in relation to 4 tracks.

Group	Tracks								Total	%
	1		2		3		4			
	N	%	N	%	N	%	N	%		
<b>Mammals</b>	29	54.71	10	55.55	11	57.89	3	25	53	51.96
<b>Reptiles</b>	19	35.84	7	38.88	3	15.78	5	41.66	34	33.33
<b>Birds</b>	5	9.43	0	0	4	21.05	3	25	12	11.76
<b>Amphibians</b>	0	0	1	5.55	1	5.26	1	8.33	3	2.94
<b>Total Specimens</b>	53		18		19		12		102	

Source: Compiled by authors

Regarding the records taken in all of the tracks, the following information was obtained: in track 1 there were 53 wildlife-vehicle roadkills in the group of mammals that have the highest mortality rate; the *D. marsupialis* species was the most affected with a record of 27 roadkills. The second most affected taxonomic group were reptiles with a total record of 19 roadkills, and the *Boa constrictor* had the highest number with a record of 7 dead specimens.

In track 2, there were 18 roadkills. Mammals were the most affected with 10 roadkills, and the *D. marsupialis* species had a total of 9 roadkills. Reptiles were the second most affected group in this section with a record of 7 roadkills; *M. mipartitus* and *P. newwiedii* had 2 roadkills each.

In track 3 there were 19 roadkills. Mammals were the most affected, the *D. marsupialis* species had 9 roadkills. Birds were the second most affected group with 4 roadkills. The species of birds affected in track 3 were *S. flaveola*, *B. magirostris*, *M.* and *T. choliba multistriatus* with one roadkill each.

In track 4 there were 12 roadkills. Reptiles were the most affected with 5 roadkills, and the species *S. nebulatus* were the most affected with 2 roadkills. Birds (*Turdus ignobilis*, *Megascops choliba* and *Crotophaga ani*) and mammals (*D. marsupialis*) had 3 roadkills each.

A roadkill rate (RR) of 0.145 individuals/km/day, and the detailed information per every taxonomic group were obtained with the data collected from roadkills in the different tracks, considering the length and frequency of 13 samplings (Table 4).

**Tabla 4.** *Estimation of Roadkill Rate (RR) by taxonomic group.*

Tracks											
Group	1 (16.4 km)		2 (14 km)		3 (4.72 km)		4 (19.1 km)		Total (N)	Total (ind/Km)	Roadkill Rate (RR) (ind/Day/Km)
	N	ind/Km	N	ind/Km	N	ind/Km	N	ind/Km			
<b>Mammals</b>	29	1.77	10	0.71	11	2.33	3	0.16	53	0.98	0.075
<b>Reptiles</b>	19	1.16	7	0.50	3	0.64	5	0.26	34	0.63	0.048
<b>Birds</b>	5	0.30	0	0.00	4	0.85	3	0.16	12	0.22	0.017
<b>Amphibians</b>	0	0.00	1	0.07	1	0.21	1	0.05	3	0.06	0.004
<b>Total</b>	53	3.23	18	1.29	19	4.03	12	0.63	102	1.88	<b>0.145</b>

Source: Compiled by authors.

One of the main evident causes of roadkills is high traffic flow (Ruiz-Capillas et al. 2015). This was corroborated with the information given by the administrator of ALIADAS in the Los Cauchos tollbooth (*personal communication*, January 29, 2018): average daily traffic (ADT) of 5,372 vehicles per month.

A statistical test of normality was administered to the data obtained from the different sections. However, the data were found to be non-parametric. As a consequence, an ANOVA test could not be carried out. A Kruskal-Wallis test was used instead and the results can be detailed in Table 5 and Table 6.

**Tabla 5.** *Kruskal-Wallis section results.*

Number of Animals	Track	N	Average Range
		1	13
	2	13	22.92
	3	13	25
	4	13	19.04
	<b>Total</b>	<b>52</b>	

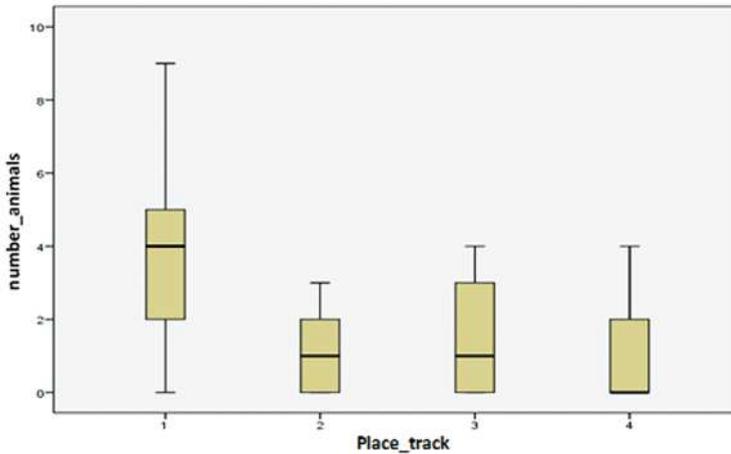
Source: Compiled by authors.

**Tabla 6.** The Kruskal-Wallis test results.

Number of Animals	
Chi square	13.651
GL	3
Asymptotic sig.	0.003

Source: Compiled by authors.

Since non-normal data were found, the Kruskal-Wallis test was used and the results are shown in Figure 2; they show that track 1, compared to other tracks, is the most prone to wildlife roadkills, since the average for track 1 was 4.08 and the maximum was nine animals, followed by track 3, with an average of 1.46 and a maximum of 4 roadkills.



**Figura 3.** Mortality comparison represented in a Box and Whisker plot.  
Note: Compiled by authors.

The information collected from the animals was uploaded to Google Earth Pro for a better visualization, then a number and a different color were assigned to each species. This classification facilitates the location of different species and areas prone to roadkills in the Neiva - Rivera - Campoalegre road circuit (Fig. 2).



**Figura 4.** Common opossum (*Didelphis marsupialis*).  
Note: Compiled by authors.



**Figura 5.** Boa (*Boa constrictor*).  
Note: Compiled by authors.



**Figura 6.** Tropical screech owl (*Megascops choliba*).  
Note: Compiled by authors.



**Figura 6.** Cane toad (*Rhinella horribilis*).  
Note: Compiled by authors.

Mammals had the highest number of roadkills with 51.96% (3 specimens), whose species *D. Marsupialis* was the most affected with a total of 48 killed specimens (Fig. 4). The sex of 31.25% of the individuals was identified, 14.58% were males, and 16.66% were females. Reptiles were the second most affected group with 33 killed specimens. The *B. constrictor* was the most affected by roadkills (Fig. 5), followed by *I. iguana*. Birds were the third most affected group with 11.76% and 8 species; *M. choliba* was the most affected group with 4 individuals (Fig. 6); amphibians were the least affected group with 2.94% with 2 individuals of *R. horribilis* (Fig. 7).

## Discussion

The studied roads are characterized by the fragmentation of land extensions for agricultural production activities that provides a favorable environment for different species. These roads also show lack of environmental management measures and poor lighting. Forman and Alexander (1998) and Gagné et al. (2015) claim “the average daily traffic (ADT) and speed are the main causes of high wildlife mortality” (p.214) (p.1012). These factors may have been the cause of the 53 roadkills in track 1, with respect to 19 in track 3, 18 in track 2 and 12 in track 4.

The most affected species was *D. marsupialis*, a result similar to the findings of the research by Castillo-R et al. (2015) on the Panamerican highway. These authors claim that high number of deaths of marsupials can be attributed to the great presence of this species in the region and to its ecological niche that includes the fruit coming from adjacent trees and dead animals on the roads; besides, nocturnal animals are blinded by car headlights (De la Ossa-V and Galván-Guevara 2015). Another cause of death of this animal is poor waste management (Arroyave et al. 2006), since waste is thrown and accumulated on the side of the road, which attracts several species and makes them vulnerable to roadkills.

The results of this study show that most wildlife roadkills belong to the group of mammals, affecting mainly the *D. marsupialis*, which coincides with results obtained in Argentina (Bauni et al. 2017), and Brazil (Reynie Omena et al. 2012), who also have similar results to those of Gumier Costa and Sperber (2009), Seijas et al. (2013), De La Ossa-Nadjar and De La Ossa-V (2013) and Delgado Vélez (2014). These results refer to animals that get blinded by car headlights and, therefore, they become more vulnerable to this problem (Delgado Vélez, 2007, Castillo-R et al. 2015).

Similarly, 12 species of reptiles were registered, representing 21.43% of the species registered in the department of Huila (Vera-Pérez et al. 2017). It is likely that roadkills are due to the rainy season. Since poikilotherms need to regulate their body temperature by absorbing heat from the environment, they rest on the pavement to benefit from the heat that has accumulated due to sunlight (Mendoza and Marcos, 2016). As Pragatheesh and Rajvanshi (2013) mentioned “the locomotion of snakes is very slow on the pavement” (p.20) and some of them stop moving when a vehicle approaches, which exposes them to roadkills (Castillo-R., 2015).

The number of roadkills recorded is greater in main roads between the municipalities of Neiva and Rivera because there is greater presence of riparian forests that offer a great variety of resources. According to Castillo-R (2015), wet forests hold more diversity of species than dry forests since they have the adequate environmental conditions for the development of species; therefore, many of the animals of the

tropical dry forest migrate to humid areas or even look for a riparian to get better environmental conditions.

The time that an animal's corpse remains on the road has to do with three main aspects: the presence of scavengers, the weather, and traffic flow (Santos et al. 2011, Ratton et al. 2014). The number of killed animals on the roads can vary because some of them crawl or reach for the adjacent vegetation where they die later (Brum et al. 2018). In the case of amphibians, the time their bodies remain on the road after a roadkill is very short (Antworth et al. 2005) and it may be due to any of the factors previously mentioned. This study may have some margin of error, for example, only three specimens were registered in the amphibian group.

The deaths of animals on the road are analogous to the catch per unit effort (CPUE) where "catch" is the number of animals run over and "effort" is a direct function of vehicular traffic. If the traffic increases, a decrease (or stagnation) in the RR is interpreted as a decrease in the population of the analyzed species (Seijas et al. 2013, Monroy et al. 2015).

The RR equals 0.145 ind/day/Km, a key figure very similar to 0.160 reported in the study conducted by Monroy et al. (2015) in the Caribbean region during the rainy season, which was developed under similar weather conditions to this study, but with different species recorded since the type of ecosystem is different. Mammals obtained a RR of 0.02, lower than this research (0.075). This could be attributed to the fact that the Andean region offers more resources to mammals in its ecosystems compared to the Caribbean region. However, the RR of amphibians was 0.096, which was higher than the one obtained in this research (0.004), contrasting values that reflect the problem of wildlife roadkills in different ecosystems.

## Recommendations

Habitat connectivity structures have been implemented by some projects that look for the construction of a new road or even the extension of it (Clevenger and Waltho, 2000), in fact, the Neiva - Rivera - Campoalegre road circuit is projected as a dual carriageway, which is why the collected information about roadkilled wildlife should be considered in order to determine the structural and non-structural strategies that contribute to the mitigation of this impact. Figure 3 shows several areas with high records of wildlife roadkills, where mammals and reptiles are the most affected groups, which calls for their preservation.

In this case, the species *Didelphis marsupialis*, which is the most affected by roadkills, requires projects or actions for its conservation, since according to Rueda et al. (2013)

“opossums play a very important role in the trophic chain as predators, scavengers and the prey of nocturnal birds” (p.150); they are also medium-sized mammals. Furthermore, Clevenger et al. (2001) claims that underpass tunnels could help mitigating the impact of roadkills in the pathway to small and medium mammals (p.1347) and the conservation of the species *Didelphis marsupialis*. These structures must not be installed in sharp bends or speed bumps since vehicles circulate at low speed and generate higher and more frequent noises, one of the factors that affect the behavior and reproductive cycle of wildlife (Warren et al. 2006). This is one of the main factors that causes greater ecological impacts to wildlife and produces several effects such as reduction of the activity area and low reproductive success, associated with hearing loss, displacement, and increase in stress hormones (De la Ossa-V and Galván-Guevara, 2015).

Taking into account the recommendation by Clevenger et al. (2001) to improve the permeability of roads for small and medium mammals, the first sewers should be located at more frequent intervals (150-300 m) to provide sufficient opportunities for animals of all sizes to avoid crossing heavy traffic roads. The diameter of the underpass tunnel will highly depend on the size of the fauna in that location (p.1347); in this case, for the species *D. marsupialis* it would be a diameter of 24”, but considering that other mammals such as *C. thous* and *T. Tetradactyla* also suffer the impact of roadkills, it would be good to extend the underpass tunnels to 36”, thus giving a benefit to the different species of mammals affected in the studied route.

Reptiles are very vulnerable to being collided in the rainy season because they are ectoderms (Vargas Salinas et al. 2011, Ramos Pallares and Mesa Joya 2018). “They also have many characteristics that increase their probability of being involved in vehicle roadkills, such as age, sex, body size, activity pattern, household size, food search strategy, defense mechanism, habitat requirements, among others” (p.123) (p.87); Therefore, another strategy to benefit reptiles in the rainy season would be to pave certain places next to the road or to create an area for wildlife to take the sun safely (Pragatheesh and Rajvanshi, 2013).

Finally, trees adjacent to the road meet and create green tunnels that allow wildlife to cross to other ecosystems that have been fragmented due to road construction (Cypher, 2017), therefore, cutting and removing them from roads can significantly reduce the species preservation. This phenomenon could potentially increase the risk of roadkills (Grilo et al. 2011).

## Acknowledgments

The authors want to thank Empresas Públicas de Rivera S.A. E.S.P. and its manager José Manuel Ortiz Cuellar for the transportation and the tools provided for this

research. In addition, special thanks to María Paula Palomá Herrera, Juan C. Vásquez for the support, reviews and advice in the research. Finally, thanks to several professors of the Corporación Universitaria del Huila “CORHUILA” who actively contributed to the research with their knowledge in different sciences.

## Author Contribution

Juan Sebastián Arana-Rivera: Conceptualization (lead); Data curation (lead); Formal analysis (equal); Funding acquisition (lead); Investigation (lead); Methodology (equal); Writing-original draft (equal); Writing-review and editing (equal). Santiago Gutiérrez-Quintero: Conceptualization (supporting); Data curation (supporting); Formal analysis (equal); Investigation (supporting); Methodology (equal); Writing-original draft (equal); Writing-review and editing (supporting). Natalia Álvarez: Methodology (supporting); Writing-review and editing (supporting).

## References

- Alves, C., Hobus, Q. & Bager, A. (2009). Uso e ocorrência de lontra longicaudis em ambientes influenciados pela rodovia BR-392, no extremo sul do Brasil. *Anais do LX Congresso de ecologia do Brasil*. São Lourenço: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- Antworth, R.L., Pike, D.A. & Stevens, E.E. (2005). Hit and run: effects of scavenging on estimates of roadkilled vertebrates. *Southeastern Naturalist*, 4(4), 647–656. [https://doi.org/10.1656/1528-7092\(2005\)004\[0647:HAREOS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1656/1528-7092(2005)004[0647:HAREOS]2.0.CO;2)
- Arroyave, M.D., Gómez, C., Gutiérrez, M. E., Múnera, D.P., Zapata, P.A., Vergara, I.C., Andrade, L.M., Ramos, K.C., (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista ELA* (5), 45-57.
- Baguer, A. & Alves, C. (2011). Influence of sampling effort on the estimated richness of road-killed vertebrate wildlife. *Environmental Management*, 47(5), 851-858. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372006000100004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372006000100004)
- Bauni, V., Anfunso, J. & Schivo, F. (2017). Mortalidad de fauna silvestre por atropellamientos en el bosque atlántico del Alto Paraná, Argentina. *Revista Ecosistemas*, 26(3), 54-66. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-3.08>
- Beckers, D. (2008). Good from bad: is there an upside to roadkills? In D. Lunney, A. Munn, & W. Meikle, *Too close for comfort: contentious issues in human-wildlife encounters*, (pp. 103-104). Mosman, Royal Zoological Society of New South Wales.
- Brum, T.R., Santos-Filho, M., Canale, G.R. & Ignácio, A.R. (2018). Effects of roads on the vertebrate's diversity of the indigenous Territory Paresi and its surrounding. *Brazilian Journal of Biology*, 78(1), 125-132. <https://www.scielo.br/j/bjb/afsvKglpBW7sKdrBq7t7LWfj/?lang=en>
- Cáceres, N.C., Hannibal, W., Freitas, D.R., Silva, E.L., Roman, C. & Casella, J., 2010. Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil. *Zoología*, 27(5), 709-717. <https://www.scielo.br/j/zoool/afjxqMkLzsjfSfCBGyshnRZtz/?lang=en>
- Castillo-R, J.C., Urmendez-M, D. & Zambrano-G, G. 2015. Mortalidad de fauna por atropello vehicular en un sector de la vía panamericana entre Popayán y Patía. *Boletín Científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 19(2), 207-219. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v19n2/v19n2a12.pdf>
- Clevenger, A.P. & Waltho, N., 2000. Factors Influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology*, 14(1), 47-56. <http://www.jstor.org/stable/2641903?origin=JSTOR-pdf>
- Clevenger, A.P., Chruszcz, B. & Gunson, K., 2001. Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology*, 38(6), 1340–1349. <https://doi.org/10.1046/j.0021-8901.2001.00678.x>
- Clevenger, A.P., Wierzchowski, J., Chruszcz, B. & Gunson, K. 2002. GIS-generated, expert-based models for identifying wildlife habitat linkages and planning mitigation passages. *Conservation biology*, 16(2), 503-514. <https://www.jstor.org/stable/3061376>
- Cserkés, T., Otlecz, B., Cserkés-Nagy, Á. & Farkas, J. (2013). Interchange as the main factor determining wildlife–vehicle collision hotspots on the fenced highways: spatial analysis and application. *European Journal of Wildlife Research*, 59(4), 587-597. <https://doi.org/10.1007%2Fs10344-013-0710-2>
- Cypher, B.L. (2017). Road effects on rodents in Saltbush scrub habitat. *Western Wildlife*, 4, 12-16. [https://wwjournal.org/wp-content/uploads/sites/9/2021/05/Cypher\\_WW\\_2017.pdf](https://wwjournal.org/wp-content/uploads/sites/9/2021/05/Cypher_WW_2017.pdf)
- De la Ossa Nadjar, O. & De la Ossa V, J. (2013). Fauna silvestre atropellada en dos vías principales que rodean los Montes de María, Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal RECLA*, 5(1), 158-164. <https://doi.org/10.24188/recla.v5.n1.2013.481>
- De la Ossa-V, J. & Galván-Guevara, S. (2015). Registro de mortalidad de fauna silvestre por colisión vehicular en la carretera Tolúviejo–Ciénaga la Caimanera, Sucre Colombia. *Biota Colombiana*, 16(1), 67-77. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/9428>
- Delgado-Vélez, C.A. (2007). Muerte de mamíferos por vehículos en la vía del Escobero, Envigado (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 29(87), 1-6. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/329342>

- Delgado-Vélez, C.A. (2014). Adiciones al atropellamiento vehicular de mamíferos en la vía del Escobero, Envigado (Antioquia), Colombia. *Revista ELA*, 11(22), 147-153. <https://revistas.eia.edu.co/index.php/revista/article/view/679>
- Forman, R.T. & Alexander, L.E., (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual review of ecology and systematics*, 29(1), 207-231. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>
- Forman, R.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D., Dale, C.D. & Jones, J., (2003). *Road ecology*. Island Press.
- Gagné, S.A., Bates, J.L. & Bierregaard, R. O. (2015). The effects of road and landscape characteristics on the likelihood of a barred Owl (*Strix varia*)-vehicle collision. *Urban Ecosystems*, 18(3), 1007-1020.
- Glista, D.J. & Devault, T.L., 2008. Vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians. *Herpetological Conservation and Biology*, 3(1), 77-87. [http://www.herpconbio.org/Volume\\_3/Issue\\_1/Glista\\_etal\\_2008.pdf](http://www.herpconbio.org/Volume_3/Issue_1/Glista_etal_2008.pdf)
- González-Gallina, A., Benítez-Badillo, G., Rojas-Soto, O.R. & Hildalgo-Mihart, M.G. (2013). The small, the forgotten and the dead: highway impact on vertebrates and its implications for mitigation strategies. *Biodiversity and Conservation*, 22(2), 325-342.
- Grilo, C., Ascensão, F., Santos-Reis, M. & Bissonette, J. A. (2011). Do well-connected landscapes promote road-related mortality? *European Journal of Wildlife Research*, 57(4), 707-716. <https://doi.org/10.1007/s10344-010-0478-6>
- Gumier-Costa, F. & Sperber, C. F. (2009). Atropelamientos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. *Acta Amazonica*, 39(2), 459-466. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000200027>
- Gunson, K.E. & Chruszcz, B. (2003). Large animal-vehicle collisions in the central canadian Rocky Mountains: patterns and characteristics. *UC Davis: Road Ecology Center*, 355-366. <https://escholarship.org/uc/item/3qm680qb>
- Hilty, S.L. & Brown, W.L. (2001). *Guía de las aves de Colombia*. American Bird Conservancy.
- Hokke, R.L. Martín-Duque, J.F. & Pedraza, J. (2012). Land transformation by humans: a review. *GSA Today*, 22(12), 4-10.
- INVIAS, 2018. Instituto Nacional de Vías. <https://hermes.invias.gov.co/carreteras/>
- Jochimsen, D.M., 2005. Factors influencing the road mortality of snakes on the Upper Snake River Plain, Idaho. *Wildlife Impacts and Conservation Solutions*, 351-365.
- Jones, J.A., Swanson, F.J., Wemple, B.C. & Snyder, K.U., 2000. Effects of roads on hydrology, geomorphology, and disturbance patches in stream networks. *Conservation Biology*, 14(1), 76-85. <https://www.jstor.org/stable/2641906>
- Kuykendall, M.T. & Keller, G. S., 2011. Impacts of roads and corridors on abundance and movement of small mammals on the llano Estacado of Texas. *The southwestern naturalist*, 15, 9-16. <https://www.jstor.org/stable/23028105>
- Litvaitis, J.A. & Tash, J.P. (2008). An approach toward understanding wildlife-vehicle collisions. *Environmental Management*, 42(4), 688-697. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9108-4>
- López-Herrera, D.F., León-Yusti, M., Guevara-Molina, S.C. & Vargas-Salinas, F., (2016). Reptiles en corredores biológicos y mortalidad por atropellamiento. *Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(156), 484-493. <http://www.scielo.org.co/pdf/racef/v40n156/v40n156a10.pdf>
- Lynch, J. D., Sierra, T. A., & Gómez, F. J. R. (2014). Programa nacional para la conservación de las serpientes presentes en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.ins.gov.co/Comunicaciones/Infografias/PROGRAMA%20NACIONAL%20SERPIENTES.pdf>
- Mendoza S., J.F. & Marcos P., O.A. (2016). *Observatorio de movilidad y mortalidad de fauna en carreteras en México*. Publicación Técnica. <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt454.pdf>
- Ministerio de Ambiente & CAM. (2009). *Guía de Identificación de fauna silvestre Colombiana*. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. [http://cam.gov.co/sitio/images/documents/phocadownload/guias\\_de\\_identificacion/guia%20identificacion%20fauna%20silvestre%20colombiana.pdf](http://cam.gov.co/sitio/images/documents/phocadownload/guias_de_identificacion/guia%20identificacion%20fauna%20silvestre%20colombiana.pdf)
- Mizuta, T. (2014). Moonlight-related mortality: lunar conditions and roadkill occurrence in the Amami Woodcock *Scolopax mira*. *The Wilson Journal of Ornithology*, 126(3), 544-552. <https://doi.org/10.1676/13-159.1>
- Monroy, M.C., De La Ossa-Lacayo, A. & De la Ossa V, J. (2015). Tasa de atropellamiento de fauna silvestre en la vía San Onofre – María La Baja, Caribe Colombiano. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(27), 88-95. <https://doi.org/10.47499/revistaaccc.v1i27.106>
- Morales-Betancourt, M.A., Lasso, C.A., Páez, V.P., & Bock, B.C. (Ed.). (2015). Libro Rojo de Reptiles de Colombia (2015). Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad de Antioquia. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/9303>
- Pragatheesh, A., & Rajvanshi, A. (2013). Spatial patterns and factors influencing the mortality of snakes on the national highway-7 along Pench Tiger reserve, Madhya Pradesh, India. *Oecologia Australis*, 17(1), 20-35. <https://revistas.ufjr.br/index.php/oa/article/view/8252>
- Puig, J., Sanz, L., Serrano, M., & Elosegui, J. (2012). Wildlife roadkills and underpass use in northern Spain. *Environmental Engineering and Management Journal*, 11(6), 1141-1147. <http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/issues/vol11/vol11no6.htm>
- Ramos Pallares, E. & Mesa Joya, F.L. (2018). Reptile road mortality in a fragmented landscape of the middle Magdalena Valle, Colombia. *Herpetology Notes*, 11, 81-91. <https://www.biotaxa.org/hn/article/view/29825>
- Ratton, P., Secco, H., & Da Rosa, C.A. (2014). Carcass permanency time and its implications to the roadkill data. *European Journal of Wildlife Research*, 60(3), 543-546. <https://doi.org/10.1007/s10344-014-0798-z>
- Reynic Omena, J., Pantoja Lima, J., Wendt Santos, A. L., Aguiar Ribeiro, G.A. & Rocha Aride, P.H. (2012). Characterization of the vertebrate fauna hit on roadway BR 174, Amazonas, Brazil. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(2), 291-307. <https://doi.org/10.24188/recia.v4.n2.2012.211>
- Rueda, M.C., Ramirez, G.F., & Osorio, J.H. (2013). Aproximación a la biología de la zarigüeya común (*Didelphis marsupialis*). *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 17, 141-153. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v17n2/v17n2a13.pdf>
- Ruiz-Capillas, P., Mata, C. & Malo, J.E. (2015). How many rodents die on the road? Biological and methodological implications from a small mammals' roadkill assessment on a Spanish motorway. *Ecological research*, 30(3), 417-427.
- Santos, S., Carvalho, F. & Mira, A. (2011). How long do the dead survive on the road? carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. *Plos One*, 6(9), 1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025383>
- Santos, S., Lourenc, O., Mira, A. & Beja, P. (2013). Relative effects of road risk, habitat suitability, and connectivity on wildlife roadkills: the case of tawny owls (*Strix aluco*). *Plos One*, 8(11), 1-11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079967>

- Seijas, A.E., Araujo Quintero, A. & Velásquez, N. (2013). Mortalidad de vertebrados en la carretera Guanare-Guanarito, estado Portuguesa, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 61(4), 1619-1636. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i4.12803>
- Smith-Patten, B.D. & Patten, M. A. (2008). Diversity, seasonality, and context of mammalian roadkills in the Southern Great Plains. *Environmental Management*, 41(6), 844-852. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9089-3>
- Tejera, G., Rodríguez, B., Armas, C., & Rodríguez, A. (2018). Wildlife-vehicle collisions in Lanzarote Biosphere Reserve, Canary Islands. *Plos One*, 13(3), 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192731>
- Trombulak, S.C., & Frissell, C.A. (2000). Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation biology*, 14(1), 18-30. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>
- UICN. (2019). *The IUCN Red List of threatened Species*. <http://www.iucnredlist.org>
- Vargas Salinas, F., Delgado Ospina, I. & López Aranda, F. (2011). Mortalidad por atropello vehicular y distribución de anfibios y reptiles en un bosque subandino en el occidente de Colombia. *Caldasia*, 33(1), 121-138. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/36380/37973>
- Vera-Pérez, L.E., Mendoza Roldán, J.S. & Díaz, G.P. (2017). *Fauna Herpetológica del bosque seco, Alto Magdalena*, Field Museum. [https://fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/753\\_colombia\\_fauna\\_herpetologica\\_alto\\_magdalena\\_v2\\_0.pdf](https://fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/753_colombia_fauna_herpetologica_alto_magdalena_v2_0.pdf)
- Warren, P.S., Katti, M., Ermann, M. & Brazel, A., 2006. Urban bioacoustics: it's not just noise. *Animal Behaviour*, 71(3), 491-502. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2005.07.014>



## Spatio-temporal variation of hydrobiological communities (Animalia: Invertebrata) downstream of the El Quimbo dam, Huila, Colombia\*

Rubén Darío Valbuena-Villareal<sup>1</sup>

### Abstract

**Objective:** To analyze preliminarily the hydrobiological communities of macroinvertebrates downstream of the El Quimbo dam, Huila, Colombia, to establish possible changes from the dam construction date to the second year of commissioning, in a period of seven years of samplings (2011-2017). **Scope:** To establish possible changes in space-time based on the analysis of diversity parameters and the BMWP and ASPT index. **Methodology:** Aquatic invertebrates were collected during seven years at six sampling stations using Surber traps in 10 sites along 100 m; the specimens were preserved in ethanol 70%. The diversity parameters (abundance, richness of species, density and Hill numbers) and the BMWP and ASTP indexes were analyzed throughout the sampling period to relate them to some environmental factors. **Main results:** 36,490 specimens that belong to 11 classes, 26 orders, 79 families and 168 taxa were analyzed. Decreases in the BMWP/Col and ASTP indices were observed in the MGE1, MGE2 and MGE3 sampling stations, during the first phases of the project. Abundance increased significantly in mid 2013, during the river diversion stage, as well as during the operation years, while richness of species and potential richness of species increased at the beginning of 2012, 2015 and 2017, possibly synchronizing with the start of the rainy season. **Conclusions:** Reductions in the biodiversity indices and parameters were observed in the MGE1, MGE2 and MGE3 stations, in the river diversion and filling phases, which normalized towards the second year of operation of the dam.

**Key words:** BMWP index, ASPT index, aquatic macroinvertebrates.

## Variación espacio-temporal de las comunidades hidrobiológicas (Animalia: Invertebrata) río abajo de la represa de El Quimbo, Huila, Colombia

### Resumen

**Objetivo:** Realizar análisis preliminares de las comunidades hidrobiológicas de macroinvertebrados río abajo de la represa El Quimbo, Huila, Colombia, para establecer posibles cambios desde la fecha de construcción de la presa hasta la puesta en funcionamiento, en un lapso que comprende siete años de muestreos. Alcances. Establecer posibles cambios espacio-temporales mediante el análisis de los parámetros diversidad y de los índices BMWP y ASPT. **Metodología:** Los invertebrados acuáticos fueron recolectados durante siete años (2011-2017) en seis estaciones de muestreo mediante el uso de trampas Surber en 10 sitios a lo largo

\*FR: 31-V-2021. FA: 30-X-2021.

<sup>1</sup> Docente Universidad Surcolombiana (Neiva/Colombia), Programa íctico y pesquero del alto Magdalena, Grupo de Investigación GINACUA. E-mail: rubendario@usco.edu.co

 [orcid.org/0000-0002-3244-7742](https://orcid.org/0000-0002-3244-7742)  [Google Scholar](#)



#### CÓMO CITAR:

Valbuena-Villareal. (2021). Spatio-temporal variation of hydrobiological communities (Animalia: Invertebrata) downstream of the El Quimbo dam, Huila, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 73-84. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.5>



de un transecto lineal de 100 m, el material biológico recolectado se conservó en etanol 70%. Se analizaron los parámetros de diversidad (abundancia, riqueza de especies, densidad y números de Hill) y los índices BMWP y ASTP a lo largo del periodo de muestreo para relacionarlos con algunos factores ambientales. **Principales resultados:** Se analizaron los datos de 36.490 especímenes pertenecientes a 11 clases, 26 órdenes, 79 familias y 168 taxones. Se observaron descensos de los índices BMWP/Col y ASTP en las estaciones de muestreo MGE1, MGE2 y MGE3, durante las primeras fases del proyecto. La abundancia aumentó significativamente a mediados del año 2013, durante la etapa de desviación del río, así como durante los años de operación, mientras que la riqueza de especies y la riqueza potencial de especies, aumentaron al inicio de los años 2012, 2015 y 2017, posiblemente sincronizándose con el inicio de la temporada de lluvias. **Conclusiones:** Se apreciaron reducciones de los índices y los parámetros de biodiversidad en las estaciones MGE1, MGE2 y MGE3, en las fases de desviación del río y llenado, que se normalizan hacia el segundo año de operación de la represa.

**Palabras clave.** Índice BMWP, índice ASPT, macroinvertebrados acuáticos.

## Introduction

The Quimbo hydroelectric station has a reservoir of 8, 250 hectares in the Magdalena river. It has an installed capacity of 400 MW, with an average generation of 2,216 GW-h/year, which corresponds to 4% of the national energy demand (ANLA, 2021). It is located in the south part of the department of Huila in the jurisdiction of the municipalities of Gigante, El Agrado, Garzón, Paicol, Tesalia and Altamira. Its construction began in 2010 and its operation in November 2015. Due to its proximity to the Betania hydroelectric plant, almost 30 km, The Quimbo optimizes the cost/benefit because the Betania-El Quimbo complex supplies 8% of the national demand (INGETEC, 2008).

According to the characteristics of different aquatic systems, it is possible to find a series of organisms grouped in communities, which play important roles into trophic nets like producers, consumers of first, second or third order, and in decomposition processes. Most macroinvertebrates are found in these last two groups (Hutchinson, 1957; Needham & Needham, 1978; Roldán & Ramírez, 2008). Macroinvertebrates are relatively big animals, between 0.5 mm or visible to the human eye, up to more than 3 mm (Alba-Tercedor, 1996). This community is represented by oligochaetes, hirudineans, mollusks, and particularly arthropods, like crustaceans, arachnids and, the most abundant, insects (Barajas *et al.*, 2004; Roldán & Ramírez, 2008; Valbuena-Villareal & Gualtero-Leal, 2021). In general, macroinvertebrates are associated with rocky or muddy bottoms of water sources, in aquatic plants, edge of water sources, near or on the surface of water (Merritt & Cummins, 1996; Pratt, 1992; Ramírez & Viña, 1998).

Environmental as well as flow and physicochemical variations can change the composition of the communities at a given moment of the sampling due to alterations

in the biological limits and modifications of the supply of resources, which allows them to be used as an indicator group of environmental quality (Madera *et al.*, 2016). Most macroinvertebrates meet the requirements of a bioindicator: abundant, easy to collect and handle, stable taxonomy and a relatively well-known biology, among others (Bonada *et al.*, 2006; Jacobsen, 2008a, 2008b; Prat *et al.*, 2008; Villalobos-Moreno, 2017; Villalobos-Moreno & Salazar, 2020).

This study aimed to analyze of the hydrobiological communities of the flows from the El Quimbo hydroelectric dam to the beginning of the Betania dam reservoir (Huila, Colombia) in order to establish possible changes in the macroinvertebrate communities. A sampling time method was adopted among the different monitoring stations, from April-2011 to December-2017, the date range between the construction and the second year of operation of the hydroelectric station. Table 1 shows that the project phases were limited.

**Table 1.** Project phases of El Quimbo hydroelectric dam.

Project phases	Start date	End date
Start of construction works	April 2011	February 2012
Deviation of the Magdalena river	March 2012	March 2015
Filling	July 2015	December 2015
Operation year 2016	January 2016	December 2016
Operation year 2017	January 2017	December 2017

Source: ANLA (2021)

## Materials and Methods

### Study area.

The Quimbo reservoir is located in the south part of the department of Huila, in the upper basin of the Magdalena river, between the Central and Eastern mountain ranges. This part of the river runs from the Colombian Massif to 1,300 m before the confluence of the Magdalena and the Paez rivers, between the geographical coordinates 1°30'N - 76°35'W and 2°30'N - 75°35'W, jurisdiction of the municipalities of Garzón, Gigante, El Agrado, Paicol, Tesalia and Altamira. The reservoir has an approximate longitude of 55 km, a maximum height of 720 masl, and an average width of 1.4 km, which corresponds to a flood area of 8,250 hectares and a total volume of 3.205 hm<sup>3</sup> (ANLA, 2021). For the sampling, six stations located from the dam of the Quimbo reservoir, to the beginning of the end of the Betania reservoir were established.

**Station I (RP):** Lotic system located on the Páez river near the point of confluence with the Magdalena river ( $2^{\circ}27'25.66''\text{N}$ ;  $75^{\circ}34'22.87''\text{W}$ ), area of jurisdiction of the Gigante municipality, Huila. It features a medium slope with some erosion, as well as arboreal and shrubby vegetation on both banks. The riverbed is rocky with sandy and rocky beaches nearby. The water appearance is cloudy, yellowish, without offensive smells, no iridescence or floating material. On average, at this site the river is 70 m wide and 2 m deep.

**Station II (MGE1):** Lotic system waters under the Quimbo reservoir, located in the Magdalena river waters underneath the reservoir discharge ( $2^{\circ}27'25.56''\text{N}$ ;  $75^{\circ}34'11.69''\text{W}$ ; 595 masl), area of jurisdiction of the Gigante municipality, Huila. It features a medium slope with some erosion, arboreal and herbaceous vegetation on both banks; rocky bed, sandy substrate with sandy and rocky beaches nearby. The appearance of the water is cloudy, brown, without offensive odors or iridescence, with a moderate presence of leaf litter and particulate matter. On average, in this place the river is 48 m wide and 1.7 m deep.

**Station III (MGE2):** Lotic system waters under the Quimbo reservoir, located on the Magdalena river near the point of confluence with the Paez river ( $2^{\circ}27'46.43''\text{N}$ ;  $75^{\circ}34'2.07''\text{W}$ ; 589 masl), area of jurisdiction of the Gigante municipality, Huila. It features a low slope, the right bank has little vegetation and the left bank has some arboreal and shrubby vegetation. Rocky bed, sandy substrate with sandy and rocky beaches nearby. The appearance of the water is semi-cloudy, brown, without offensive odors or iridescence, with a moderate presence of leaf litter and particulate matter. At this site the river is 150 m wide and 2.5 m deep.

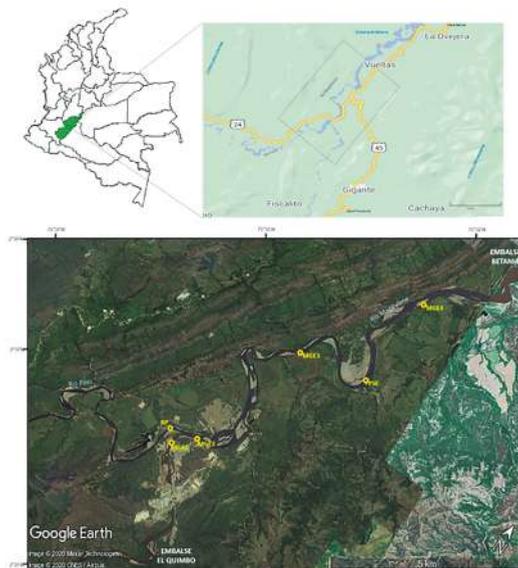
**Station IV (MGE3):** Lotic system waters at confluence of the Paez and Magdalena rivers ( $2^{\circ}29'40.54''\text{N}$ ;  $75^{\circ}33'29.84''\text{W}$ ; 576 masl), area of jurisdiction of the Gigante municipality, Huila. It features a low slope, the right bank has herbaceous, arboreal and shrubby vegetation, as well as rocky beaches, the road to the municipality of Gigante and some cattle farms, while on the left bank the area is mountainous with rocky slopes. The river bed is sandy and the substrate is rocky. The appearance of the water is semi-cloudy, brown, without offensive odors and with the moderate presence of surface white foam. On average, this point of the river is 88 m wide and 2.5 m.

**Station V (RM-PSE):** Lotic system located in the Magdalena river waters underneath the Quimbo reservoir, in the Puerto Seco farmhouse ( $2^{\circ}30'5.44''\text{N}$ ;  $75^{\circ}32'35.12''\text{W}$ ; 574 masl), area of the jurisdiction of the Gigante municipality, Huila. It features a low slope, on both banks arboreal and shrubby vegetation can be seen, rocky beach and livestock, agricultural and industrial activities. The river bed is rocky-sandy. The appearance of the water is semi-cloudy, brown, without offensive odors or floating matter. On average, at this point the river is 180 m wide and 2 m deep.

**Station VI (MGE4):** Lotic system waters underneath the Quimbo reservoir, relatively near to the Betania reservoir ( $2^{\circ}31'37.60''\text{N}$ ;  $75^{\circ}32'15.80''\text{W}$ ; 564 masl), area of the jurisdiction of the Gigante municipality, Huila. It features a low slope, on both banks there is arboreous and shrubby vegetation, rocky beach on the right and a mountainous area on the left, as well as certain agricultural and livestock activities. The riverbed is sandy and the substrate is rocky. The appearance of the water is semi-cloudy, brown, without offensive smells or iridescence, or floating matter. At this point, the river is 200 m wide and 2 m deep.

### Sampling methods.

In each of the stations, aquatic macroinvertebrates were sampled every week, between April 2011 (start of the construction) and December 2017 (second year of operation of the hydroelectric plant). The biological material was collected using a Surber net of 30 cm x 30 cm and 560 $\mu\text{m}$  mesh eye, located against the flow of water and considering the presence of different environments: torrent, basin and threshold. At each station, along a 100 m longitudinal transect, 10 sites were delimited, and the sampling was done with the Surber net for 5 minutes. The collected specimens were preserved in ethanol 70% (Barajas *et al.*, 2004; Pinheiro *et al.*, 2004; Roldán & Ramírez, 2008). The identification was done in the laboratory with keys and descriptions of Domínguez *et al.* (2006), Domínguez & Fernández (2009), Posada-García & Roldán-Pérez (2003), Roldán-Pérez (1988) and Springer (2006).



**Figura 1.** Localization of study zone and sampling stations.  
Source: Google Earth Pro

## Spatio-temporal chances of communities.

To establish possible changes in the aquatic macroinvertebrates communities, both in time and in each of the sampled stations, the BMWP and ASPT indices were calculated for each of the project phases. Further, these same analyses were performed with the biodiversity parameters: abundance, richness of species observed and numbers of Hill.

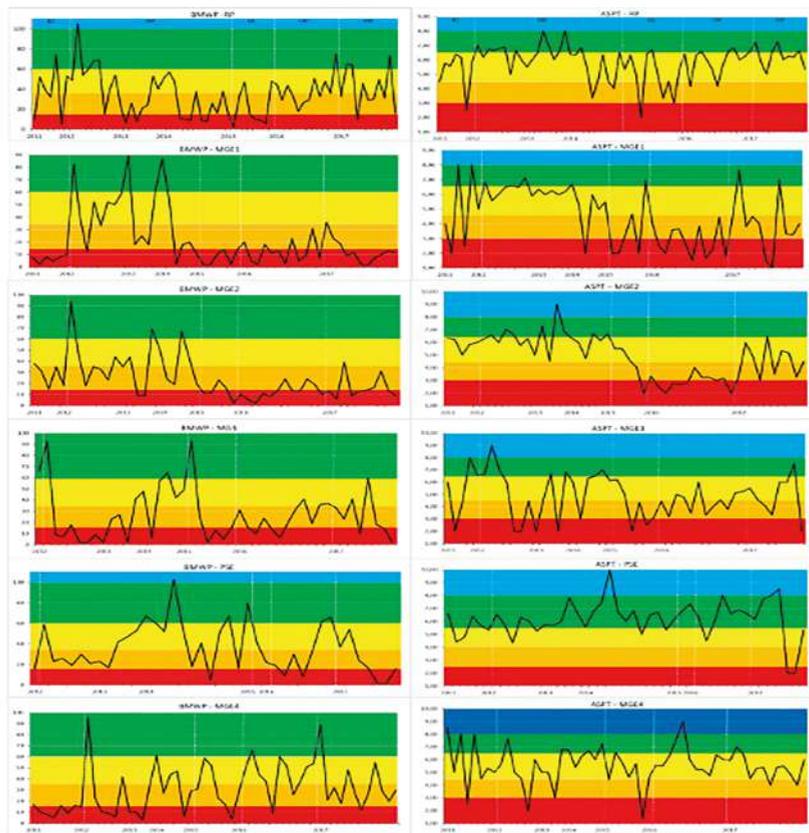
To calculate the BMWP index (Biological Monitoring Working Party) the method adapted by Roldán-Pérez (2003) for Colombia (BMWP/Col) was used. This method uses macroinvertebrates as bioindicators in terms of presence-absence and assigns them a score from 1 to 10; this score has been previously established according to ecological sensibility (Roldán-Pérez, 2003, 2016), and assigns a quality level and a color (Table 2). Since the BMWP index depends on the sampling effort, the ASPT index (Average Score per Taxon) was also calculated by dividing the BMWP by the number of collected taxa. In this way, the ASPT index translates the average of the lowest limit of sensibility to contamination by the taxa of a group, at a value of environmental contamination, which is not dependent on the sampling effort (Cammaerts *et al.*, 2008).

The Hill numbers were established using the values of abundance and richness of species observed for each sampling stations and each of the phases of the hydroelectric project:  $q_0$ = potential richness,  $q_1$ = diversity of order 1 (exponential of Shannon-Wiener:  $e^{H'}$ ) and  $q_2$ = diversity of order 2 (inverse of Simpson:  $1/D$ ) (Moreno *et al.*, 2011; Núñez & Barro, 2003; Villalobos-Moreno *et al.*, 2016). To calculate the series of numbers of Hill, the SpadeR program (Chao *et al.*, 2016), which shows these numbers and the standard deviation, was used. The unit of the numbers of Hill is the number of species. The numbers of Hill measure the effective number of species present and they are a measure of the degree of distribution of relative abundances among species in a sample; so,  $q_0$  correspond to total number of species,  $q_1$  is the number of abundant species, and  $q_2$  is the number of very abundant species ( $q_0 > q_1 > q_2$ ) (Jost, 2010). The diversity parameters were analyzed by performing a Bonferroni test in order to establish correlations among them. For this analysis, the means and standard deviations were previously calculated; in both cases, the Statistica 8.0 program was used (StatSoft, 2007).

**Tabla 2.** Classification of waters and ecological meaning, according BMWP and ASPT.

Class	Quality	BMWP Index	ASPT Index	Meaning	Color
I	Good	> 150 101 - 120	> 9 - 10 > 8 - 9	Very clean waters Unpolluted waters	Dark Blue
II	Acceptable	61 - 100	> 6.5 - 8	Evident effects of contamination	Light Blue
III	Questionable	36 - 60	> 4.5 - 6.5	Moderately polluted waters	Green
IV	Critical	16 - 35	> 3 - 4.5	Heavily polluted waters	Yellow
V	Very critical	<15	1 - 3	Severely polluted waters	Red

Source: *Cammaerts et al., 2008 & Roldán, 2003.*



**Figura 2.** Variations of BMWP/Col and ASPT indices to each sampling stations. IC: Construction; DR: Deviation of river; LL: Filling; OP: Operation (include two years). Source: Rubén Darío Valbuena-Villareal

## Results and discussion

A total of 36,490 individuals of the aquatic macroinvertebrate community were analyzed. They were organized into 11 classes, 26 orders, 79 families and 168 taxa (Fig. 3, Table 3). The class Insecta was the best represented in the samplings, in terms of abundance and taxonomic groups. This class presented nine orders (34.62%), 55 families (69.62%) and 137 taxa (81.55%). The best represented orders in the sampling area were Diptera with 21,172 specimens (33.35%), 13 families and 31 taxa, Ephemeroptera with 5,769 specimens (15.81%), 20 families and 20 taxa, Hemiptera with 4,196 specimens (11.5%), 9 families and 17 taxa, and Trichoptera with 2,267 specimens (6.21%), 7 families and 20 taxa. These four orders represent about 67% of all the biological material collected, 62.03% of the total families and 52.38% of the taxa recorded for the study area (Valbuena-Villareal & Gualtero-Leal, 2021).

### Spatio-temporal chances of communities.

About the calculated indexes: the BMWP/Col and the ASTP showed obvious fluctuations in each of the sampling stations and throughout the established years from the dam construction to the second year of operation of the hydroelectric project. An engineering work of this magnitude would be expected to affect the natural variations of macroinvertebrates due to droughts and floods, but the fluctuations are still observed throughout the year during all the phases sampled, possibly due to the contribution of the abundant flow of the Paez river. However, significant and constant decreases of BMWP/Col index were observed in the sampling stations MGE1, MGE2, MGE3 and PSE, from the end of the river deviation phase (DR) to end of second year of operation (OP). This same decrease, although not as constant, is observed for the ASPT index during the filling phase (LL) and the first year of operation (OP) in the sampling station MGE1, MGE2 and MGE3. Possibly, this behavior of the indexes is explained by the variation of the diversity of the macroinvertebrates in the stations closest to construction, and that these biological parameters remain relatively stable at the most distant sampling stations (PSE y MGE4), as well as in the RP station located at the confluence with the Paez river (RP). Likewise, the relatively high values of the indexes during the critical project stages, such as deviation of the river (DR) and reservoir filling (LL) can be explained by the large volume and good quality of the water provided by the Paez river.

About the diversity parameters established: the abundance, density, and richness of species and numbers of Hill showed fluctuations from the dam construction date to the second year of operation of the hydroelectric project. The increase in abundance was very evident, in mid 2013, throughout the river deviation and the years of operation sampled (Fig. 3). Regarding the richness of species, very evident increases in the number of species at the beginning of the years 2012, 2015 and

2017 were observed, possibly synchronized with the start of the rainy seasons. The highest values of calculated potential richness ( $q0$ ) were obtained at the beginning and the end of 2012, and mid 2015 and end of 2016, possibly related to the second rainy season. However, these analyses must be carried out in greater detail because the results may be different depending on the study locations; e.g. Ramírez *et al.* (2013) report an increase of abundance with increased rainfall, but Forero & Reinoso (2013) established the opposite, and they explained it by the greater drag of macroinvertebrates when water currents increase.

The analysis of correlation using a test of Bonferroni (Table 3), allows to observe that the abundance was only related with the richness of species observed ( $R= 0.646$ ;  $p<0.001$ ), while the richness of species observed was related with the potential richness of species ( $R= 0.848$ ;  $p<0.001$ ) and with the effective richness of species ( $R= 0.445$ ;  $p< 0.001$ ). Likewise, between the true diversity variables (Numbers of Hill) was only observed a correlation between the effective richness of species and the richness of dominant species ( $R= 0.947$ ;  $p< 0.001$ ); therefore, as effective richness increases, the number of dominant species increases as well. This greater or lesser correlation between the variables may be conditioned to various temporal changes throughout the year. For example, at the beginning of almost every year, the abundance and potential richness ( $q0$ ) increase considerably, although this increase is not clearly reflected on the other variables of true diversity ( $q1$  y  $q2$ ), possibly due the presence of some species with low number of specimens. It is important to expand these analyses with environmental factors that allow the fluctuations in the diversity parameters used to explain, in more detail, something that will be done in future manuscript.

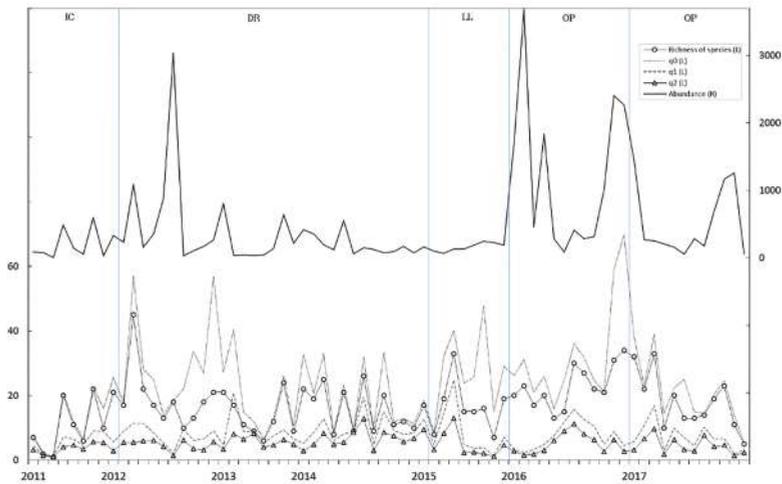
**Tabla 3.** Results of analysis of correlation between parameters of diversity. **Ab:** Abundance; **R.Ob:** Richness observed of species; **q0:** Diversity of order 0; **q1:** Diversity of order 1; **q2:** Diversity of order 2.

	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	S.Dev.
<b>Ab.</b>	72	481,194	4.0000	3690,000	711.606
<b>R.Ob</b>	72	17,111	1.0000	45,000	8.210
<b>q0</b>	72	24,081	1.0000	75,670	14.766
<b>q1</b>	72	7,900	1.0000	24,790	4.559
<b>q2</b>	72	5,110	1.0000	13,020	2.731

### Test of Bonferroni

	<b>Ab</b>	<b>R.Ob</b>	<b>q0</b>	<b>q1</b>	<b>q2</b>
<b>Ab</b>	1.0000	<b>0.6463</b>	0.4071	-0.1983	-0.2618
<b>R.Ob</b>	<b>0.6463</b>	1.0000	<b>0.8481</b>	<b>0.4452</b>	0.2978
<b>q0</b>	0.4071	<b>0.8481</b>	1.0000	0.4103	0.2519
<b>q1</b>	-0.1983	<b>0.4452</b>	0.4103	1.0000	<b>0.9468</b>
<b>q2</b>	-0.2618	0.2978	0.2519	<b>0.9468</b>	1.0000

Source: Rubén Darío Valbuena-Villareal.



**Figura 3.** Analysis of temporal diversity. Left axis (L) corresponds to density and richness; right axis (R) to abundance. IC: Construction; DR: Deviation of river; LL: Filling; OP: Operation (include two years).  
Source: Rubén Darío Valbuena-Villareal

## Conclusions

The indexes and the calculated biodiversity parameters throughout the sampling years show expected variations due to natural flow fluctuations, rainfalls and physiochemical factors. A reduction in the BMWP/Col and ASTP indexes were observed in some phases of this hydroelectric project, although only for the stations closest to the dam. In this way, and as expected, along the river route, communities are re-established in a

natural way. The evident increase in abundance and richness of species at the end of the filling phase (LL) and during the two years of operation (OP) is highlighted.

## Acknowledgments

This research was done within the Program for the management and protection of the fish and fishing resources of the upper Magdalena river basin, Phase II and IV: Ecological and Fishery Biology Studies - El Quimbo Hydroelectric Project. Contract entered into between EMGESA S.A E.S.P. and the Universidad Surcolombiana. Thanks to John Jairo Díaz, Alfonso Villalobos-Moreno and Alyson Hatfield for the valuable contributions to this manuscript.

## References

- Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. In G. Roldan & J. Ramírez. (Eds.). *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)*. Memories (pp. 203-213). Instituto Tecnológico Geominero de España. Almería, España.
- ANLA (2021). Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo. <https://www.anla.gov.co/proyectos-anla/300-proyectos-de-interes-en-seguimiento/proyecto-hidroelectrico-el-quimbo>
- Barajas F.I., Figueroa, J. & Villalobos-Moreno, A. (2004). Caracterización entomofauna acuática y relación con parámetros físicos y químicos como método de bioindicación de calidad de agua. In *VII Seminario internacional de medio ambiente y desarrollo sostenible*. Memories. (pp. 152-156.) Bucaramanga, Colombia.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V.H. & Statzner, B. (2006). Developments in aquatic insect biomonitoring: A Comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology*, 51(1), 495-523. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151124>
- Cammaerts, D., Cammaerts, R., Riboux, A., Vargas, M. & Laviolette, F. (2008). Bioindicación de la calidad de los cursos de agua del valle central de Tarija (Bolivia) mediante macroinvertebrados acuáticos. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 22, 19-40. <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/244689/1/cammaerts-et-al-2008.pdf>
- Chao, A., Ma, K.H., Hsieh, T.C. and Chiu, C.H. (2016). SpadeR. (2020, 15 October). <https://chao.shinyapps.io/SpadeR>
- Domínguez, E. & Fernández, H.R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo (Vol. 656).
- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M.L., Hubbard, M.D. & Nieto, C. (2006). *Ephemeroptera of South America*. Pensoft Publishers.
- Forero, A.M. & Reinoso, F.G. (2013). Estudio de la familia Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) en una cuenca con influencia de la urbanización y agricultura: río Alvarado- Tolima. *Rev. de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 25, 12-21. <https://www.revistaacsb.org/r/index.php/acsb/article/view/16>
- Hutchinson, G.E. (1957). *A treatise on Limnology. I. Geography, Physics and Chemistry*. John Wiley & Sons.
- INGETEC. (2008). *Estudio de impacto ambiental del proyecto hidroeléctrico El Quimbo*. Expediente Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible INGETEC.
- Jacobsen, D. (2008a). Low oxygen pressure as a driving factor for the altitudinal decline in taxon richness of stream macroinvertebrates. *Oecologia*, 154, 795-807. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-007-0877-x>
- Jacobsen, D. (2008b). Tropical high-altitude streams: in D. Dudgeon, D. (Ed.) *Tropical stream ecology*. (pp. 219-256). Elsevier.
- Jost, L. (2010). The relation between Evenness and Diversity. *Diversity*, 2, 207-232. <http://dx.doi.org/10.3390/d2020207>
- Madera, L.C., Angulo, L.C., Díaz, L.C. & Rojano, R. (2016). Evaluación de la calidad del agua en algunos puntos afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de contaminación. *Información tecnológica*, 27(4), 103-110. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000400011>
- Merritt, R.W. & Cummins, K.W. (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Moreno, C.E., Barragán, F., Pineda, E. y N. P. Pavón. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1249-1261. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42520885019>
- Needham, P.R. & Needham, J.G. (1978). *Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces*. Editorial Reverté.
- Núñez, R. & Barro, A. (2003). Composición y estructura de dos comunidades de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) en Boca de Canasi, La Habana, Cuba. *Revista Biología*, 17(1), 8-17.
- Pinheiro, S.M., Ferraz de Queiroz, J. & Boeira, R.C. (2004). *Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos*. Ministerio de Agricultura.
- Pratt, N. (1992). *Bioindicadores de la calidad de las aguas*. Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona.
- Prat, N., Ríos, B., Acosta, R. & Rieradevall, M. (2008). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. In E. Domínguez & H.R. Fernández (Eds.) *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos* (pp. 1-24) Publicaciones Especiales Fundación Miguel Lillo, San Miguel de Tucumán. Argentina.
- Posada-García, J.A & Roldan-Pérez, G. (2003). Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el noroccidente de Colombia. *Caldasia*, 25(1), 169-192. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39407/41298>

- Ramírez, D.F., Talero, G.M., López, R.H. (2013). Macroinvertebrados bentónicos y calidad del agua en un tramo del río Bogotá, Cajicá-Colombia. *Rev. U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 205-214. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/1726>
- Ramírez, G. & Viña, G. (1998). *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Editorial Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Roldán-Pérez, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Roldán-Pérez, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 40(155), 254-274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Roldán, G. & Ramírez, J.J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Springer, M. (2006). Clave taxonómica para larvas del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Rev. Biología Tropical*, 54, 273-286. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/26851/27026>
- StatSoft (2007). STATISTICA 8.0. (2020, 25 Nov.) [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)
- Valbuena-Villareal, R.D. & Gualtero-Leal, D.M. (2021). Aquatic macroinvertebrates (Animalia: Invertebrata) of the influence area at the Quimbo Hydroelectric Station, Huila, Colombia. *Boletín Científico de Museos Universidad de Caldas*, 25(1), 15-31. [http://boletincientifico.ucaldas.edu.co/downloads/Boletin25\(1\)\\_1.pdf](http://boletincientifico.ucaldas.edu.co/downloads/Boletin25(1)_1.pdf)
- Villalobos-Moreno, A. (2017). *Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) de un robleal asociado al Parque Natural Regional de Santurbán* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia] Repositorio institucional UN. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62403>
- Villalobos-Moreno, A. & Salazar-E., J.A. (2020). Contribución al conocimiento de los Lepidoptera de la cuenca de río Frío, Santander, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 48(189), 153-166. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45562768024>
- Villalobos-Moreno, A., Pardo-Locarno, L.C., Cabrero-Sañudo, F.J., Ospina-Torres, R. & Gómez, I.J. (2016). Inventario preliminar de los escarabajos de la familia Melolonthidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en un robleal del nororiente de los Andes colombianos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 58(1), 159-167. <http://www.sea-socios.com/Boletines/PDF/Boletin58/159-167BSEA58.pdf>

## Cambios en la comunidad de aves durante la sucesión natural, en áreas mineras auríferas abandonadas, municipio de Condoto (Chocó), Colombia\*

Ismael Palacios-Palacios<sup>1</sup>, Gloria Yaneth Flórez-Yepes<sup>2</sup>, Eric Yair Cuesta Ríos<sup>3</sup>

### Resumen

**Objetivo:** Determinar los cambios en la comunidad de aves, durante la sucesión natural, en áreas mineras auríferas abandonadas, Condoto (Chocó), Colombia, **Metodología:** Se escogieron tres escenarios con diferentes estados de sucesión secundaria en su etapa intermedia ecológica, donde se desarrollaron muestreos, utilizando censos desde puntos de radio fijo y a lo largo de transectos, para analizar los cambios en composición, estructura en el gradiente de la sucesión ecológica. **Resultados:** Se registraron 731 individuos, siendo la Zona 1, la de mayor riqueza ( $S=59$ ), abundancia ( $N=337$ ), equidad de Pielou ( $J'=0,90$ ) y diversidad ( $H'=3,4$ ). El porcentaje de similitud expresado por el índice Jaccard para la riqueza fue bajo entre las tres zonas (18%). Se encontraron entre otras algunas familias como la Ardeidae, Accipitridae, Jacanidae. **Conclusiones:** La diversidad de aves fue mayor en la Zona 1, mostrando que a medida que aumenta la sucesión, es mayor la diversidad, dejando en evidencia que los efectos de la degradación en el paisaje modifican la fisonomía vegetal del hábitat, influyendo en la dinámica y diversidad de las comunidades de aves.

**Palabras clave:** aves; bosques fragmentados; minería aurífera; sucesión ecológica; Región del San Juan-Chocó; Colombia.

## Changes in the bird community during the natural succession, in abandoned gold mining areas, municipality of Condoto (Choco), Colombia

### Abstract

**Objective:** To determine the changes in the bird community during natural succession in abandoned gold mining areas, Condoto (Choco), Colombia, **Methodology:** Three areas with different states of ecological succession were chosen where samplings were developed using censuses from points of fixed radius and along transects to analyze the changes in composition and structure in the gradient of the ecological succession. **Results:** A total of 731 individuals were registered, being Zone 1 the one with the highest richness ( $S = 59$ ), abundance ( $N = 337$ ),

\*FR: 4-VI-2021. FA: 2-VIII-2021.

<sup>1</sup> Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. E-mail: ismael3186@hotmail.com

 [orcid.org/0000-0002-3427-622X](https://orcid.org/0000-0002-3427-622X)

<sup>2</sup> Investigadora Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente Universidad de Manizales. E-mail: gflorez@umanizales.edu.co

 [orcid.org/0000-0003-4185-0178](https://orcid.org/0000-0003-4185-0178) [Google Scholar](#)

<sup>3</sup> Investigador asociado II, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), Grupo Investigación Conocimiento, Manejo y Conservación de los Ecosistemas del Chocó Biogeográfico. E-mail: ecuesta@iiap.org.co

 [orcid.org/0000-0002-1946-6762](https://orcid.org/0000-0002-1946-6762) [Google Scholar](#)

### CÓMO CITAR:

Palacios-Palacios, I.; Flórez-Yepes, G. Y. & Cuesta-Ríos, E. Y. (2022). Cambios en la comunidad de aves durante la sucesión natural, en áreas mineras auríferas abandonadas, municipio de Condoto (Chocó), Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 85-98. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.6>



Pielou equity index ( $J' = 0.90$ ) and diversity ( $H' = 3.4$ ). The percentage of similarity expressed by the Jaccard index for richness was low among the three zones (18%). Some other families such as Ardeidae, Accipitridae, and Jacanidae were found. Conclusions: The diversity of birds was greater in Zone 1 showing that, as the succession increases, diversity is greater, evidencing that the effects of degradation in the landscape modify the vegetal appearance of the habitat, influencing the dynamics and diversity of bird communities.

**Key words:** birds; fragmented forests; gold mining; ecological succession; San Juan Region; Choco-Colombia.

## Introducción

Las perturbaciones antrópicas han provocado una acelerada alteración, fragmentación y pérdida de hábitat en diferentes ecosistemas y por efecto-*causa* la disminución de la biodiversidad (Primack et al., 2001). La modificación del paisaje por estos procesos dinámicos (pérdida y fragmentación de hábitat) es reconocida como un problema clave que enfrenta la conservación de la diversidad biológica (Bennett, 2004), además ha aumentado considerablemente durante las últimas décadas.

A pesar de los muchos esfuerzos, la deforestación prosigue a una tasa alarmante, se prevé que podría registrarse una pérdida de hasta 170 millones de hectáreas de bosque entre 2010 y 2030 (Fondo Mundial para la Naturaleza – WWF, 2015). Millones de hectáreas de bosque tropical son convertidos en campos para la agricultura, pastizales y áreas infértiles, creando efectos ambientales nocivos para el conjunto de los seres de la naturaleza y amenazando a muchas especies a la extinción (Mora-Marín et al., 2017).

Entre las grandes amenazas a la biodiversidad está la minería a cielo abierto de oro y platino, la cual trae consigo total afectación de las dinámicas poblacionales de las comunidades animales propias de un lugar y sus zonas aledañas (IIAP-MADS, 2012). Las consecuencias de la deforestación y fragmentación del hábitat por minería son las transformaciones abruptas en los ambientes, donde se dan considerables cambios en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. Esta condición crea diversos paisajes de parches remanentes, rodeados por una matriz de paisajes perturbados, lo que afecta el componente ambiental, biológico (distribución y abundancia de organismo) y las interacciones entre las especies, como la depredación, el parasitismo y el mutualismo (Olson et al., 2002).

En esta última, como resultado de estas transformaciones, se afecta el papel de algunos grupos funcionales, como por ejemplo la dispersión de semillas por aves y mamíferos, por la ausencia de sitios de percha en estos hábitats, donde puedan defecar (Ingle, 2003).

En el caso particular de la minería a cielo abierto de oro y platino, Cuesta-Ríos (2017) señala que esta actividad causa numerosos impactos de largo alcance en espacio y tiempo para todos los componentes ambientales, dado que se contaminan las fuentes hídricas y fragmentan otros ecosistemas, además de generar cambios en la estructura y función de las comunidades bióticas; fenómeno que trae consigo total afectación de las dinámicas poblacionales de las comunidades animales propias de un lugar y sus zonas aledañas, dada la migración de ciertas especies que entran a competir por espacio y alimento con las que ya habitaban en dicho ecosistema.

Los impactos de la minería a cielo abierto de oro platino, se sienten fuertemente en los grupos faunísticos terrestres especialmente grupos de hábitos estrictamente arbóreos como ranas arborícolas y lagartos, mamíferos como los perezosos que son de poca movilidad y naturaleza "tímida", primates y aves, que a pesar de presentar alta movilidad, igualmente dependen exclusivamente del recurso vegetal, el cual les brinda disponibilidad de hábitat, que es vital en los procesos de alimentación y reproducción de estos grupos. Las aves son organismos de gran importancia en los bosques húmedos tropicales convirtiéndose en los grupos más importantes en la dinámica ecológica y supervivencia de estos, son considerados como los mejores dispersores de semillas en términos de cantidad, distancia, transporte y por ser dispersores legítimos de la mayoría de las especies de semillas que ellos ingieren, adquiriendo un rol fundamental en la regeneración de los bosques nativos (Ortiz-Pulido et al., 2000).

Las aves poseen un sinnúmero de ventajas sobre el aporte al proceso de regeneración de los bosques, especialmente los tropicales y en algunos subtropicales, debido a que su permanencia en estos ecosistemas es durante casi todo año, contribuyendo de manera constante al proceso de restauración, además permiten medir su aporte en el proceso, ya que además de ser diurnas y fáciles de observar, son capaces de responder rápidamente a las modificaciones ambientales debido a su movilidad, también son valiosas en el estudio del impacto de las alteraciones producidas por la acción del hombre, a corto y largo plazo (Fenton et al., 1992).

En lo relacionado con las aves, la información es poca y aislada, ya que la mayor parte de los trabajos se han orientado al estudio de la biodiversidad ornitológica y dejando de lado aspectos ecológicos y poblacionales de las especies, pero el propósito es seguir investigando para tener un conocimiento más amplio del que se tiene, por lo cual en la presente investigación se pretendió determinar cambios en la comunidad de aves durante la sucesión natural en zonas mineras auríferas abandonadas, municipio de Condoto (Chocó), Colombia. De manera específica, se pretendió el análisis de la composición y cambios de la abundancia y riqueza de la comunidad, esto a partir de la comparación de la composición y estructura de las comunidades. También, se pretendió determinar los cambios en la estructura de la comunidad de aves, mediante la determinación de su diversidad alfa y beta. La información obtenida pretende contribuir a generar información

importante para comprender la dinámica de este grupo taxonómico en áreas alteradas por diversos factores de origen antrópico, generar alternativas para la restauración de estos ambientes y procurar la garantía para la sostenibilidad ambiental del territorio.

## Metodología

### Área de estudio.

El trabajo se desarrolló en el corregimiento de Jigualito, que geográficamente se ubica en el municipio de Condoto, localizado a los  $5^{\circ}06'01''\text{N}$  y  $76^{\circ}32'44''\text{W}$ , a 70 msnm (Figura 1), dentro de la ecorregión del Chocó Biogeográfico, que geopolíticamente en Colombia se denomina Costa Pacífica. Perteneció a la zona de vida de bosque húmedo tropical “bh-T”. Presenta una temperatura megatermal ( $25$  y  $28^{\circ}\text{C}$ ), una humedad relativa que la ubica dentro de las zonas con balance hídrico perhúmedo a super húmedo (86%) y una precipitación zonas de pluviosidad moderadamente alta (8000 mm), Poveda et al. (2004). Los sitios de muestreo se seleccionaron de acuerdo con una investigación previa, realizada por el IIAP-MADS (2012), están ubicados en Condoto, en las coordenadas geográficas  $\text{N } 05^{\circ}02'45''\text{N}$  y  $76^{\circ}42'20.8''\text{O}$ . Se caracterizan por ser bosques que fueron fuertemente intervenidos por actividad minera a cielo abierto para la extracción de oro y platino. Las áreas escogidas cumplen con las siguientes características, según IIAP-MADS (2012).

### Escenario 1. o Bosque de referencia.

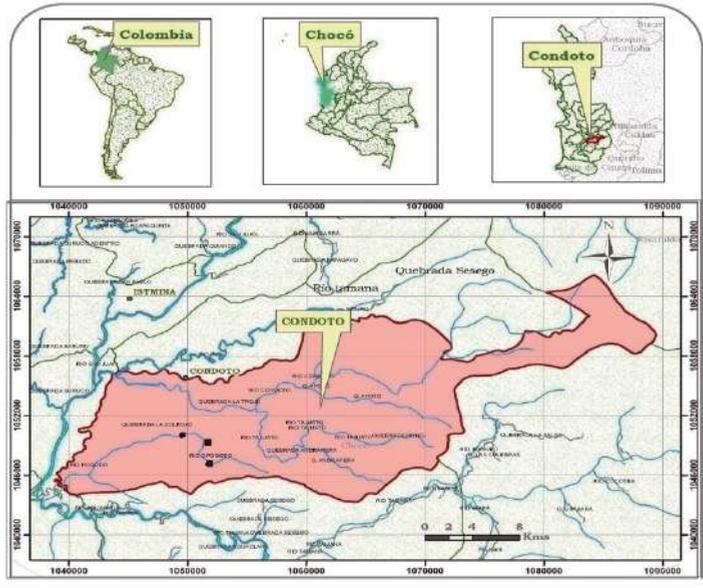
Correspondió a un bosque que no ha sido intervenido con actividad minera, el cual evidencia un importante estado de conservación. Igualmente se observó un gran potencial para la ocurrencia de especies faunísticas de comportamiento crítico, raras o asociadas a hábitats maduros.

### Escenario 2. Bosque con más de 30-50 años de cese de la actividad.

Existe un avanzado proceso de regeneración natural, exhibiendo un bosque donde se distinguen claramente tres estratos: herbáceo, arbustivo y arbóreo, dominados por Mimosáceas, Caesalpiniaceae, Melastomateaceae, entre otras.

### Escenario 3. Bosque entre 5-15 años de cese de la actividad.

Corresponde a un área intervenida, recientemente afectada por la actividad minera y ha tenido alrededor de 6 años para recuperarse, evidenciándose los primeros procesos de sucesión. En la cual se observó un importante número de plantas que fueron dispersadas por aves, donde se destacan *Vismia baccifera* y *Miconia* sp. El suelo aún desnudo, con poca hojarasca.



**Figura 1.** Mapa de localización geográfica del Municipio de Condoto, Chocó-Colombia.  
 Nota. La figura muestra el área de estudio.  
 Fuente: SIG-Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico

## Métodos.

El trabajo de campo tuvo una duración de seis meses, tiempo durante el cual se realizaron tres visitas por mes a las zonas objeto de estudio con una duración de cinco días, donde se realizaron muestreo de 12 horas diarias, entre 06:00-18:00.

## Determinación de la composición de la comunidad

Para la identificación de la comunidad que habita o visita los ecosistemas muestreados y zona de influencia, se emplearon dos métodos de muestreo a partir de censos de individuos, los cuales no necesitan permisos de colectas, ya que los individuos no fueron capturados, esto conforme al Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015.

### Censos desde puntos de radio fijo.

Se establecieron nueve puntos de radio fijo (tres por zona), donde el investigador se situó en el centro de un círculo imaginario de 5 m de radio y realizamos conteos de aves durante 10 minutos con la ayuda de binoculares (10 x 40), entre cada punto se tomó una distancia mínima 100 m.

## **Censos a lo largo de transectos.**

Se realizaron movimientos a velocidad constante a lo largo de una línea que cruzaba la zona de interés, observando y registrando las aves que se encuentren dentro del transecto con la ayuda de binoculares (10 x 40). La línea, a la cual llamamos transecto, fueron caminos que se encontraban en las zonas de estudio. La longitud de los transectos osciló entre 100 y 150 metros. El ancho de los transectos fue fijo en algunas ocasiones (5 m) y en otras varió (2-6 m), dependiendo de la orografía del terreno.

## **Identificación de especies.**

La determinación taxonómica se realizó mediante la revisión de la guía ilustrada de campo de Ayerbe (2018), y clasificadas siguiendo la propuesta de Remsen et al. (2019).

**Para el análisis de la composición y cambios de la abundancia y riqueza de la comunidad de aves:** se calculó la riqueza como el número de especies por sitio de muestreo. Los rangos de abundancia que se determinaron se obtuvieron según los criterios descritos en Villarreal et al. (2006). Adicionalmente, se elaboraron y graficaron curvas de diversidad-dominancia, que expresan la representatividad especies en las tres zonas evaluadas.

**Para determinar los cambios en la estructura del la comunidad de aves:** se determinó la diversidad alfa, donde se aplicaron índices de diversidad: equidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), y de Pielou ( $J'$ ), y el índice de dominancia ( $D$ ) en cada zona muestreada, según como se describe en Magurran (1998), Moreno (2001) Y Villareal et al. (2006), adicionalmente se realizó una Prueba Kruskal-Wallis para evaluar las diferencias de las abundancias, riquezas y diversidad en los zonas de muestreo, estos análisis se realizaron en el programa estadístico PAST 1.22 (Hammer et al., 2001).

Por otro lado se midió la diversidad beta, donde en cada zona, se construyó una matriz de especies versus unidades de muestreo, adicionalmente, se realizó un análisis de similaridad de Jaccard a nivel específico, como una medida de la diferencia entre las riquezas de especie presentes en el area de estudio.

## **Resultados**

### **Composición de la avifauna en áreas de sucesión natural producto de minería aurífera, Condoto (Chocó), Colombia**

Se registraron 731 individuos, distribuidos en 10 órdenes 21 familias y 75 especies (Tabla 1). El orden Passeriformes fue el de mejor representación, con un total de 11 familias y 51 especies.

**Tabla 1.** Composición taxonómica y abundancia de la avifauna presentes en áreas de sucesión natural degradadas por minería aurífera en Condoto-Chocó, Colombia.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIES	E1	E2	E3	N	%
<b>Pelecaniformes</b>	Ardeidae	<i>Butorides striata</i>	0	0	3	3	0,41
		<i>Egretta thula</i>	0	0	4	4	0,55
<b>Accipitriformes</b>	Accipitridae	<i>Accipiter superciliosus</i>	1	1	0	2	0,27
		<i>Accipiter striatus</i>	0	2	0	2	0,27
<b>Charadriiformes</b>	Jacaniidae	<i>Jacana jacana</i>	0	0	2	2	0,27
<b>Cuculiformes</b>	Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	8	8	14	30	4,10
		<i>Crotophaga major</i>	12	13	19	44	6,02
<b>Apodiformes</b>	Trochilidae	<i>Amazilia rosenbergi</i>	2	2	0	4	0,55
		<i>Amazilia tzacatl</i>	18	21	0	39	5,34
		<i>Androdon aequatorialis</i>	1	0	0	1	0,14
		<i>Florisuga mellivora</i>	2	0	0	2	0,27
		<i>Glaucis hirsutus</i>	4	5	0	9	1,23
		<i>Phaethornis longuemareus</i>	0	1	0	1	0,14
		<i>Phaethornis syrmatorphorus</i>	2	1	0	3	0,41
		<i>Threnetes ruckeri</i>	3	2	0	5	0,68
<b>Trogoniformes</b>	Trogonidae	<i>Trogon chionurus</i>	0	2	0	2	0,27
<b>Coraciiformes</b>	Alcedinidae	<i>Chloroceryle amazona</i>	0	0	6	6	0,82
<b>Piciformes</b>	Ramphastidae	<i>Ramphastos ambiguus</i>	8	2	0	10	1,37
		<i>Ramphastos brevis</i>	6	0	0	6	0,82
		<i>Pteroglossus torquatus</i>	4	0	0	4	0,55
	Picidae	<i>Melanerpes pucherani</i>	0	1	0	1	0,14
		<i>Colaptes punctigula</i>	1	0	0	1	0,14
<b>Psittaciformes</b>	Psittacidae	<i>Amazona farinosa</i>	12	12	0	24	3,28
		<i>Taraba major</i>	2	0	0	2	0,27
<b>Passeriformes</b>	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus atrinucha</i>	4	0	0	4	0,55
		<i>Myrmotherula pacifica</i>	1	2	0	3	0,41
		<i>Myrmotherula axillaris</i>	2	0	0	2	0,27
		<i>Poliocrania exsul</i>	6	6	0	12	1,64
		<i>Hylophylax naevioides</i>	5	5	0	10	1,37

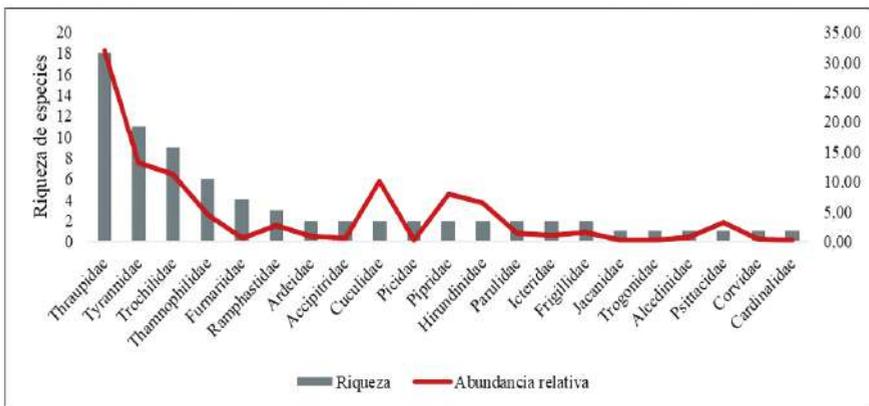
		<i>Dendrocincla fuliginosa</i>	1	0	0	1	0,14
		<i>Glyphorhynchus spirurus</i>	1	0	0	1	0,14
	Furnariidae	<i>Xiphorhynchus lachrymosus</i>	1	0	0	1	0,14
		<i>Xenops minutus</i>	1	0	0	1	0,14
		<i>Elaenia flavogaster</i>	16	11	0	27	3,69
		<i>Mionectes olivaceus</i>	0	1	0	1	0,14
		<i>Todirostrum cinereum</i>	1	0	0	1	0,14
		<i>Myiobius barbatus</i>	0	2	0	2	0,27
		<i>Contopus cinereus</i>	2	0	0	2	0,27
	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubianus</i>	3	0	0	3	0,41
		<i>Legatus leucophaeus</i>	2	2	0	4	0,55
		<i>Myiozetetes cayanensis</i>	0	8	12	20	2,74
		<i>Myiozetetes granadensis</i>	3	0	0	3	0,41
		<i>Tyrannus melancholicus</i>	12	12	6	30	4,10
		<i>Tyrannus tyrannus</i>	4	0	0	4	0,55
		<i>Lepidothrix coronata</i>	7	8	0	15	2,05
	Pipridae	<i>Manacus manacus</i>	27	16	0	43	5,88
		<i>Cyanocorax affinis</i>	0	3	0	3	0,41
		<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	12	10	0	22	3,01
	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	10	16	0	26	3,56
		<i>Islerothraupis luctuosa</i>	2	0	0	2	0,27
		<i>Tachyphonus delatrii</i>	16	31	0	47	6,43
		<i>Tachyphonus rufus</i>	2	0	0	2	0,27
	Thraupidae	<i>Ramphocelus dimidiatus</i>	16	3	3	22	3,01
		<i>Ramphocelus flammigerus</i>	7	5	0	12	1,64
		<i>Thraupis episcopus</i>	6	12	1	19	2,60
		<i>Thraupis palmarum</i>	5	3	3	11	1,50
		<i>Tangara larvata</i>	23	18	0	41	5,61
		<i>Dacnis venusta</i>	2	1	0	3	0,41
	Thraupidae	<i>Cyanerpes caeruleus</i>	2	1	0	3	0,41
		<i>Sporophila corvina</i>	0	0	17	17	2,33
		<i>Sporophila funérea</i>	6	6	6	18	2,46

		<i>Coereba flaveola</i>	1	0	1	0,14		
		<i>Saltator grossus</i>	2	0	2	0,27		
	Thraupidae	<i>Saltator maximus</i>	6	0	6	0,82		
		<i>Saltator striatipectus</i>	2	0	2	0,27		
		<i>Volatina jacarina</i>	0	0	23	3,15		
		<i>Mitrospingus casiinii</i>	2	0	2	0,27		
Passeriformes		Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>	0	2	2	0,27	
	<i>Parula pitiayumi</i>		6	0	6	0,82		
	Parulidae	<i>Parlesia noveboracensis</i>	2	0	4	0,55		
		<i>Psarocolius wagleri</i>	0	4	4	0,55		
	Icteridae	<i>Molothrus bonariensis</i>	1	3	4	0,55		
		<i>Sporagra xanthogastra</i>	10	0	10	1,37		
	Frigillidae	<i>Euphonia xanthogaster</i>	2	0	2	0,27		
		<b>TOTAL</b>	21	75	337	273	121	731

Nota: Datos tomados del trabajo de campo de la investigación.

Fuente: propia.

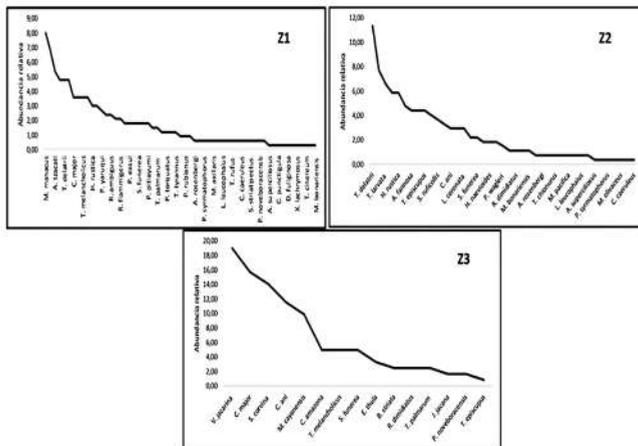
A nivel de familias, Thraupidae con 18 especies y 233 individuos (31,87%), fue la familia mejor representada, seguida por Tyrannidae, con 11 especies y 97 individuos (13,27%), además de Trochilidae con 9 especies y 82 individuos (11,22%). Las otras familias presentaron máximo seis especies y 82 individuos (Figura 2).



**Figura 2.** Distribución de la riqueza específica y abundancia relativa de las familias en la comunidad de aves asociadas a áreas de sucesión natural degradadas por minería aurífera en Condoto (Chocó), Colombia.  
 Nota. Los datos fueron tomados del proceso de investigación.  
 Fuente propia.

Las especies más abundantes fueron *T. delatarii* (6,43%), *C. major* (6,02%), *M. manacus* (5,88%), *T. larvata* (5,61%) y *A. tzacatl* (5,34%). La distribución de las abundancias de las especies fue marcada entre las tres áreas. Solo el 9,3% de las especies presentaron abundancias superiores o iguales a los 30 individuos. El 16% de las especies presentaron abundancias intermedias (15-27) y un poco más del 74,6% de las especies presentaron una abundancia inferior a 15 individuos, lo que refleja la gran cantidad de especies raras encontradas en esta investigación.

En la zona 1 se obtuvo la mayor representatividad de las especies; *M. manacus* (8,01%), *T. larvata* (6,82%), *A. tzacatl* (5,34%). En esta zona, se registraron 59 especies, de las cuales 26 fueron exclusivas. Para la zona 2, *T. delatarii* (11,36%), *A. tzacatl* (7,69%), *Tangara larvata* (8%) y *M. manacus* (5,86%) y *H. rustica* (5,86%), fueron las más abundantes, mientras que *A. striatus*, *P. longuemareus*, *T. chionurus*, *M. pucherani*, *M. olivaceus*, *M. barbatus*, *C. affinis*, *P. rubra*, *P. wagleri*, fueron exclusivas para esta zona. Para la zona 3; *V. jacarina* (19,01), *C. major* (15,70) y *S. corvina* (14,05). En esta zona se encontraron seis especies exclusivas entre las que hay cuatro acuáticas o dependientes por el medio acuático (*B. striata*, *Egretta thula*, *Jacana jacana*, *Chloroceryle amazona*), *Volatina jacarina* y *Sporophila corvina* (Figura 3).



**Figura 3.** Curva dominancia – diversidad de la avifauna asociada a áreas de sucesión natural degradadas por minería aurífera en Condoto (Chocó), Colombia.  
 Nota: Los datos son producto del trabajo de investigación.  
 Fuente: propia.

Por zona, numéricamente se evidencian diferencias ligeramente marcadas con relación a la riqueza específica y número de individuos (Tabla 2), donde el mayor valor se encontró en la zona 1 o zona de referencia con 59 especies y 337 individuos, superando a la zona 2, donde se registraron 41 especies y 273 individuos. En la zona E3, solo se registraron 15 especies y 121 individuos. A pesar de que existió cierta variación entre las abundancias y riquezas de las tres zonas, los análisis mostraron que las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Kruskal–Wallis,  $p = 0,40$ ) y (Kruskal–Wallis,  $p = 0,47$ ), respectivamente.

**Tabla 2.** Representatividad de los diferentes taxones de la avifauna asociada a áreas en sucesión natural degradadas por minería aurífera en Condoto-Chocó, Colombia.

<b>Taxon</b>	<b>Zona 1 (REFE)</b>	<b>Zona 2 (30-50)</b>	<b>Zona 3 (5-15)</b>
<b>Familias</b>	13	13	7
<b>Especies</b>	59	41	15
<b>Individuos</b>	337	273	121

Nota. Cambios en la estructura de la comunidad de aves.  
Fuente: propia.

## **Diversidad alfa.**

La diversidad medida con métodos directos exhibe una diversidad alta en términos generales, siendo mayor en la zona 1, ( $H= 3,4$ ), zona el cual mostró mayor equitabilidad ( $0,90$ ) y menor dominancia ( $D=0,04$ ), lo que señala que en esta zona los recursos están mucho mejor repartidos para soportar una avifauna con comportamiento tróficos y habitacionales heterogéneos. Al realizar un análisis de T-student para comparar estas zonas con base al valor de Shannon Wiener, nos indicó que existe diferencia significativa entre ellas ( $T-studen: 2,92$ ,  $P-valor: 0,04$ ).

Diversidad beta. El porcentaje de similitud expresado por el índice Jaccard para la riqueza (Figura 4), nos muestran que existe un bajo grado de semejanza entre las tres zonas evaluadas, el cual equivale al 18%, siendo mayor entre la zona 1 y zona 2 (45%) y menor entre la zona 3 con las zonas 2 y 1 (18%).

**Tabla 3.** Índices para conocer la diversidad de aves asociada a áreas de sucesión natural degradadas por minería aurífera en Condoto-Chocó, Colombia.

Índice	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	T-Suden
Riqueza (S)	45	35	15	
Abundancia (n)	296	250	116	
Shannon Wiener (H')	3,5	3,2	2,3	2,92
Dominancia (_D)	0,04	0,05	0,12	
Pielou (J')	0,91	0,90	0,86	

Nota. Datos tomados de la investigación.  
Fuente: propia.

## Discusión

Los resultados guardan relación de las características del ambiente con la ornitofauna presente, presenta a los Passeriformes como el orden mejor representado en cuanto a número de familias y especies, presentando un patrón similar con otros trabajos en los bosques húmedos del Chocó (Ríos et al., 2007; Mosquera et al., 2008), donde este orden fue el más diverso. La representatividad de los Passeriformes obedece quizás a la capacidad que presentan estas aves de adaptarse a una variada gama de ambientes, gracias a su alta radiación adaptativa, que les ha permitido ser el grupo más exitoso en los ecosistemas tropicales (Guallar et al., 2009), apreciación que es compartida por Tabilo-Valdivieso (2006), quien además aduce que los Passeriformes son el grupo más especializado dentro de las aves, además presenta una excelente radiación adaptativa en hábitats tropicales, lo cual les permite acoplarse fácilmente a ecosistemas, aun estén modificados o transformados.

Respecto a las familias Thraupidae y Tyrannidae, dicha representación se debe a que algunas especies de estas familias son más abundantes en bosques húmedos tropicales, donde se alimentan casi por completo de una fuente muy variada y fácil de encontrar como los insectos, frutas de los árboles y arbustos que crecen en la selva; además les ofrece una gran variedad de ecosistemas y hábitats que satisfacen a la comunidad de aves (Hilty & Brown, 2001).

Las diferencias marcadas entre las zonas están asociadas a las características que exhibe cada una de ellas, donde se enmarca una arquitectura vegetal diferenciada, que permite albergar una avifauna específica, según las características de cada una. Claro ejemplo es la zona 3, donde la vegetación predominante son las herbáceas, entre estas las poaceas, que en muchos casos se convierten en el hábitat y alimento,

de especies como *V. jacarina*, *C. major* y *S. corvina*, donde levantan altas densidades y son dominantes en estos ambientes (Cuesta-Ríos, 2017).

El hecho de que la zona de referencia haya sido la que presentó la mayor diversidad, obedece a las características exhibidas por la zona, dadas las particularidades de esta para albergar una avifauna especial, marcada por sus propios requerimientos de tróficos y de hábitat. En esta zona se evidenció un buen estado de conservación, el cual se ratifica por la presencia de grupos claves y en la estructura básica de las formaciones tipológicas vegetales o de paisaje que presenta, lo que permite albergar un sinnúmero de aves, que dependen de óptimas condiciones del ambiente, dado sus altos requerimientos ecológicos, tales como Psittacidos Ramphastidos, Thamnophilidos y Furnariidos, que según las apreciaciones de Rodríguez-Mahecha (2005), son indicadores biológicos de la salud del ambiente, calidad de hábitat y conectividad del paisaje, además cumplen con procesos ecológicos fundamentales en el mantenimiento de la buenas condiciones ambientales de los bosques como la dispersión de semillas.

## Conclusiones

La avifauna de la zona en estudio representa el 6% de la riqueza de aves para el Chocó y el 40% para Condoto, dominada por los Thraupidae, con 18 especies, Tyrannidae con 11 y Trochilidae con 9, que gracias a su alta radiación adaptativa se acoplan con facilidad a diversos ecosistemas.

La diferencia de los resultados en cada escenario, son los siguientes: a nivel de especies y número de individuos, siendo mayor en la zona 1 (S=59, N=337), zona 2 (S=41, N=273), zona 3 (S=15, N=121), lo que muestra que los efectos de la fragmentación en el paisaje menos recuperado por acción natural, dan como resultado una menor riqueza de especies, lo que deja claro que las perturbaciones modifican la fisonomía vegetal del hábitat promoviendo la presencia de zonas con vegetación secundaria, lo cual influye en la dinámica y diversidad de las comunidades de aves.

Los índices ecológicos confirmaron que la avifauna de cada zona es diferente, es decir, cada área presenta una composición típica o propia, pero que tienden a ser similares a medida que avanza la sucesión ecológica, siendo esta quien define la composición y distribución de la avifauna.

## Contribución de los autores

Ismael Palacios-Palacios: autor principal, desarrollo de trabajo de campo y análisis de datos. Gloria Yaneth Flórez-Yepes: asesoría y realización del proceso de análisis de datos. Eric Yair Cuesta Ríos: desarrollo metodológico de la investigación.

## Agradecimientos

El autor agradece primeramente a Dios, también a la directora PhD. Gloria Yaneth Flórez Yepes, a su asesor y amigo Msc. Eric Yair Cuesta Ríos, a sus familiares y amigos que contribuyeron a la construcción de este artículo.

## Referencias bibliográficas

- Ayerbe, F. (2018). *Guía ilustrada de avifauna colombiana*. Wildlife Conservations Society. Punteoparte book vertising. 225p.
- Bennett, A. (2004). Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. San José, Costa Rica, UICN-Unión Mundial para la Naturaleza. 278 p.
- Caicedo, M. & Serna, N. (2005). Aves Passeriformes en la cuenca hidrográfica del río Cabí. Universidad Tecnológica del Chocó<sup>o</sup> Diego Luis Córdoba<sup>a</sup>, Facultad de Ciencias Básicas.
- Cuesta-Ríos, E. Y., Valencia-Mazo, J. D. & Jiménez-Ortega, A. M. (2007). Aprovechamiento de los Vertebrados Terrestres por una Comunidad Humana en los Bosques Tropicales (Tutunendo, Chocó, Colombia). *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*, 26(2): 37-43.
- Cuesta-Ríos, E. Y. (2011). Evidencia de la conectividad ecológica del cerro Tacarcuna, expresada en la presencia y distribución de mamíferos terrestres neotropicales. *Bioetnia*, 8(2): 155-62.
- Cuesta-Ríos, E. Y. (2017). *Aves dispersoras de semillas y su contribución al proceso de regeneración natural de áreas degradadas por minería auríplatinífera en Condoto, Chocó-Colombia* (Proyecto de Magíster en Ciencias Ambientales). Universidad de Antioquia.
- Fenton, M., Acharya, L., Audet, D., Hickey, M., Merriam, C., Obrist, M., Syme, D. & Adkins, B. (1992). Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica* 24: 440-446.
- Fondo Mundial Para La Naturaleza – WWF. (2015). ¿Qué va a pasar con los bosques de Colombia durante el posconflicto? <http://www.wwwf.org.co/?251071/Que-va-a-pasar-con-los-bosques-de-Colombia-%20durante-el-posconflicto>
- Guallar, S., Santana, E., Contreras, S., Verdugo, H. & Gallés, A. (2009). Passeriformes del occidente de México: biometría, datación y sexado. *Museu de Ciències Naturals de Barcelona*. Barcelona, España. In: Omedes A & JM. Montserrat. *Monografies del Museu de Ciències Naturals*. Vol 5. 491 pp.
- Hammer, O., Harper, D. A. T. & Ryan, P. (2001). PAST - Paleontological Statistics, ver. 1.89. *Palaeontologia electronica*, 4(1): 1-9.
- Hilty, S. L. & Brown, W. L. (2001). *Guía de aves de Colombia*. Princeton University Press, New Jersey.
- Ingle, N. (2003). Seed dispersal by wind, birds, and bats between Philippine montane rainforest and successional vegetation. *Oecologia* 134: 251-261.
- Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (Iiap) & Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2012). Protocolo de restauración ecológica de áreas disturbadas por minería en el Chocó Biogeográfico. Informe final 82 pp.
- Magurran A. E. (1998). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 174 pp.
- Mora-Marín, M. A., Ríos-P, L., Ríos-R, L. & Almarío-Charry, J. L. (2017). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo colombiano. *Ing. y Región*, 17, 1. doi: 10.25054/22161325.1212.
- Moreno, C. E. (2001). Manual para medir la biodiversidad. Manuales & Tesis SEA, vol. 1. Sociedad entomológica Aragonesa, Zaragoza, España. Pp 83.
- Mosquera, L. A., Hurtado-Cuesta, Y. & Rengifo-Mosquera, J. (2008). Diversidad de aves en dos tipos de cobertura vegetal en pacurita, municipio de Quibdó, Chocó, Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó: Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, (2): 231-239.
- Olson, D., Dinerstein, E., Powell, G. & Wikramanayake E. D. (2002). Conservation biology for the Biodiversity Crisis. *Conservation Biology*, 1. February. pp 1-3.
- Ortiz-Pulido, R., Laborde, J. & Guevara, S. (2000). Frugivoría por Aves en un Paisaje Fragmentado: Consecuencias en la Dispersión de Semillas. *Biotropica*, 32(3): 473-488.
- Poveda, C., Rojas, C., Rudas, A. & Rangel-C. (2004). Climas del Chocó Biogeográfico de Colombia, 39-89 pp. En Rangel, J. (Ed). Colombia Diversidad Biótica IV. Chocó Biogeográfico/ Costa Pacifica. Universidad Nacional de Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. 997 pp.
- Primack, R., Rozzi, R. & Feinsinger, P. (2001). Diseño de áreas protegidas: 477-496 (In) *Fundamentos de conservación biológica Perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México D. F. 797p.
- Remsen, J. V., Cadena, C. D., Jaramillo, A., Nores, M., Pacheco, J., Robbins, M. B., Schulenberg, T. S., Stiles, F., Stotz, D. & Zimmer, K. J. (2018). A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>.
- Restall, R., Rodner, C. & Lentino, M. (2006). *Birds of northern South America*. Christopher Helm, London.
- Ríos, M. O., García, I. H. & Rengifo, J. (2007). Inventario de aves Paseriformes en áreas de expansión urbana en el municipio de Quibdó, Chocó, Colombia. Revista institucional universidad tecnológica del Chocó D.L.C. 26: 79-89.
- Rodríguez-Mahecha, J. V. & Hernández-Camacho J. I. (2002). Loros de Colombia (Conservation Internacional Tropical field guide Series). Desarrollo Nacional para la Conservación de las aves de Colombia. Bogotá – Colombia. 265 pp.
- Tabilo-Valdivieso, E., -2006. El Censo Neotropical de Aves 2004. Global Series N° 17. Wetlands Internacional. Buenos Aires, Argentina. pp. 83-86. Las aves de Chile. Nueva guía de campo. Ediciones del Naturalista. Santiago. Decreto Supremo N° 034-2004-AG. El Peruano. pp. 27/6853-27/6855.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. 19-28 pp. En: Manual de métodos para el desarrollo de inventarios. Segunda edición. Programa de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.

## Estructura poblacional y estado de conservación de *Rhinoclemmys melanosterna* Gray, J.E, 1861 (Orden: *Rhinoclemmys* Familia Geomydidae) en ecosistemas perturbados por minería en el Pacífico colombiano\*

Mayra Yulenis Rengifo-Palacios<sup>1</sup>, Zuleiny Cetré-Mosquera<sup>2</sup>, Jhon Tailor Rengifo-Mosquera<sup>3</sup>,  
Julio César Halaby-Guerrero<sup>4</sup>

### Resumen

**Objetivo:** El presente estudio tiene como objetivo determinar la estructura poblacional y el estado de conservación de la población de *Rhinoclemmys melanosterna* presentes en ecosistemas perturbados por minería en el cauce del río en la cabecera municipal de Managrú. **Metodología:** Se realizaron 20 muestreos en cuerpos de agua perturbados por minería aurífera, donde se utilizaron trampas para captura de tortugas y redes de arrastre. **Resultados:** La población de la especie en estudio tuvo representada por 44 individuos; 25 por medio de trampas y 19 por medio de barridos con redes de arrastre, se aplicó un esfuerzo de muestreo de 150 horas/hombre para obtener un éxito de captura de 0,02 individuos/horas.trampa. De igual manera por medio de arrastres fue de 80 horas/hombre, y un éxito de captura de 0.01 individuos/horas.hombre. La población de *R. melanosterna* se observó que los machos fueron dominantes, con un 70%, lo que permitió que existieran diferencias estadísticas significativas (P-valor =0,0405). En lo que se refiere al dimorfismo sexual, no se evidenció diferencia significativa ( $\alpha > 0,05$ ) en todas las medidas corporales entre machos y hembras. **Conclusión:** Las hembras fueron más grandes que los machos en todas las medidas corporales, tan sólo en la longitud de la cola los machos tuvieron una longitud significativamente mayor a las hembras.

**Palabras clave:** Conservación; tortugas continentales; población; Chocó.

\*FR: 13-II-2021. FA: 22-VIII-2021.

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Herpetología Facultad de Ciencias Naturales, Programa de Biología, Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó-Colombia. Curadora de la Colección Científica de Referencia Zoológica del Chocó- Herpetología. E-mail: xuxam2422@gmail.com

 orcid.org/0000-0003-0647-869X **Google Scholar**

<sup>2</sup> Grupo de Investigación en Herpetología Facultad de Ciencias Naturales, Programa de Biología, Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, Colombia. E-mail: Zugui25@hotmail.com

 orcid.org/0000-0002-3999-9531

<sup>3</sup> Grupo de Investigación en Herpetología, Decano de la Facultad de Ciencias Naturales, Programa de Biología, Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, Colombia. E-mail: jhontailorrenrigo@gmail.com

 orcid.org/0000-0003-4686-0252 **Google Scholar**

<sup>4</sup> Vicerector de investigaciones de la Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba. E: mail: a-julio.halaby@utch.edu.co

 orcid.org/0000-0002-1410-1297 **Google Scholar**



### CÓMO CITAR:

Rengifo-Palacios, M. Y.; Cetré-Mosquera, Z.; Rengifo-Mosquera, J. T. & Halaby-Guerrero, J. T. (2022). Estructura poblacional y estado de conservación de *Rhinoclemmys melanosterna* Gray, J.E, 1861 (Orden: *Rhinoclemmys* Familia Geomydidae) en ecosistemas perturbados por minería en el Pacífico colombiano. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 99-110. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.7>



## Population structure and conservation status of *Rhinoclemmys melanosterna* Gray, J.E, 1861 (Order: *Rhinoclemmys* Family *Geoemydidae*) in ecosystems disturbed by mining in the Colombian Pacific

### Abstract

**Objective:** This study aims to determine the population structure and the conservation status of the population of *Rhinoclemmys melanosterna* present in ecosystems disturbed by mining in the riverbed in the municipal head of Managrú. **Methodology:** Twenty samplings were carried out in bodies of water disturbed by gold mining, where traps were used to capture turtles and trawl nets. **Results:** The population of the species under study was represented by 44 individuals, 25 by means of traps and 19 by means of sweeping with trawl nets. A sampling effort of 150 hours/man was applied to obtain a capture success of 0.02 individuals/hour trap. Similarly, by means of trawling it was 80 hours/man, and a catch success was of 0.01 individuals/hour. man. In the of *R. melanosterna* population was observed that males were dominant, with a 70%, which allowed significant statistical differences to exist ( $P$ -value = 0.0405). Regarding sexual dimorphism, there was no significant difference ( $\alpha > 0.05$ ) in all body measurements between males and females. **Conclusion:** The females were larger than the males in all body measurements, only in the length of the tail did the males have a significantly greater length than the females.

**Key words:** Conservation; continental turtles; population; Choco.

### Introducción

De acuerdo con las listas oficiales de especies amenazadas publicadas por la UICN, más de la mitad de las especies registradas para Colombia (19) poseen algún riesgo de desaparecer en un futuro cercano, si no se adoptan medidas efectivas para su protección, manejo y conservación (Castaño-Mora, 2002). De allí que, según el libro rojo de reptiles de las 32 especies de tortugas que se registran, seis especies se encuentran catalogadas en peligro crítico, seis más en peligro, seis se consideran vulnerables, cinco casi amenazadas y otras cuatro poseen datos deficientes de su biología (Castaño, 2002).

Esta problemática también se registra en el departamento del Chocó, que a pesar de registrar una de las mayores riquezas de tortugas de Colombia con 15 especies, seis marinas y nueve continentales (Ceballos, 2000), presenta el 93% de sus especies amenazadas (mayor al porcentaje del país). Entre estas se encuentran *K. dunni* y *R. nasuta* (especies endémica y casi endémica respectivamente), y cuatro especies catalogadas en peligro crítico, tres más en peligro, tres consideradas vulnerables, una casi amenazada y tres con datos deficientes. Adicionalmente, el tráfico de tortugas como mascotas es tan alto en el departamento que, según datos de decomisos de las autoridades, las tortugas son tal vez la fauna silvestre más comercializada. A estas problemáticas se adiciona la pérdida y degradación de sus hábitats naturales por factores como la

minería, explotación maderera, la introducción de especies invasoras y la agricultura (Mittermier et al., 1992). La vulnerabilidad de los quelonios es incrementada por factores intrínsecos de su biología como la lenta recuperación de las poblaciones y su madurez sexual tardía (Corredor et al., 2007).

Una de las especies de tortugas continentales registradas en el Chocó es *Rhinoclemmys melanosterna* (Figura 1) una tortuga semiacuática, principalmente diurna, que habita en lagos, estanques, rebalses, lagunas, remansos y quebradas (Rueda-Almonacid et al., 2007), aunque según Ernst y Barbour (1989), se le puede encontrar en ríos grandes. En Colombia su distribución abarca toda la Costa Pacífica y la zona occidental y central de la Costa Atlántica. Siendo según Castaño (2002), muy común y de amplia distribución en la región chochoana y más escasa en las otras áreas.

Esta especie se encuentra reportada en el libro rojo de reptiles de Colombia en la categoría casi amenazado (NT). Sin embargo, no existe información sobre abundancia ni ocurrencia en muchas localidades del departamento. Sumado a esto existen vacíos de información sobre las amenazas a sus poblaciones. Lo que aportaría sustancialmente al Plan Estratégico de Conservación de las tortugas continentales de Colombia, ya que permitirá avanzar en el conocimiento las poblaciones de las tortugas existentes en Chocó, establecer la abundancia y estructura de estas poblaciones, y estudiar algunos parámetros ecológicos. De la misma forma, el estudio permitirá identificar las amenazas que enfrentan las especies en la región. Por las razones previamente expresas se pretende determinar la diversidad de la comunidad de tortugas continentales y la estructura poblacional de *R. melanosterna*, de la cabecera municipal de Managrú, municipio de Cantón de San Pablo, Chocó, Colombia, como una herramienta versátil y valiosa en la toma de decisiones, para la elaboración, ejecución y seguimiento de planes de manejo.

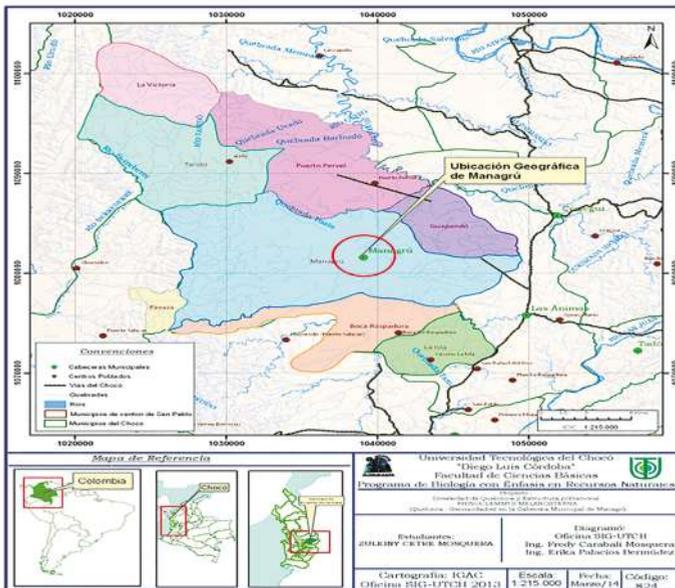


**Figura 1.** Ejemplar de *R. melanosterna* Gray, 1861. en la localidad de Managrú, municipio de Cantón de San Pablo.

## Materiales y métodos

**Área de estudio:** la presente investigación se desarrolló en el área de Managrú, que pertenece al municipio del Cantón de San Pablo en el departamento del Chocó en cual se encuentra situado a una altura de 57 msnm, a los 5° 20' 20" de latitud N, y 76° 43' 53" de longitud W (Figura 1). Según Poveda-M et al. (2004), su zona de vida corresponde a un bosque pluvial tropical (BP-T), ambientalmente corresponde a la zona de temperatura megatermal (25,7 a 27,9°C), de precipitación moderadamente alta (5909 a 8494 mm) y de balance hídrico húmedo a superhúmedo (248,9 a 385,8) (Figura 2).

**Trabajo de campo:** se seleccionaron tres ecosistemas acuáticos con perturbación por minería, el primer punto denominado río, el cual comprende al río San Pablo, caracterizado por presentar aguas turbias, producto de la actividad minera que se realiza en la parte alta del mismo y en algunos afluentes. Quebradas, se muestrearon dos quebradas, ambas afluentes del río San Pablo (quebrada la Negra y Chagarapá), caracterizadas por presentar aguas transparentes, lecho rocoso y corrientes rápidas, son poco profundas y asociadas con el aprovechamiento forestal y cultivos de pan coger (plátano, banano y primitivo), yuca filamentososa (Yuca) y el (Achín) entre otras. Charcas, comprenden pequeños posos, temporales o permanentes que se encuentran en zonas influenciadas por quebradas y que al aumentar estas subcaudales dejan pequeñas áreas inundables, que se convierten en el hábitat de diversos grupos biológicos.



**Figura 2.** Localización del área de estudio, corregimiento de Managrú, municipio del Cantón de San Pablo, Chocó-Colombia.

**Capturas, marcajes y determinación taxonómica:** para las capturas, se utilizaron tres métodos complementarios; la técnica de inspección por encuentro visual, la cual consistió en realizar recorridos por un área en busca de individuos, que se encuentren asociados a los cuerpos de agua, y bosques adyacentes. Otra técnica utilizada fue el arrastre con redes e igualmente se aplicó una metodología de trampas con cebo, este es un mecanismo donde se utilizaron atrayentes de tortugas como son: el atún enlatado y plano maduros IIAP (2012), y se ubican en lugares estratégicos como zonas inundables, charcas y ambientes lóticos como son los ríos y quebradas.

Los individuos colectados fueron marcados directamente en el sitio de captura y transportados al campamento en bolsas de tela, donde se procedió a tomar las medidas morfométricas y el registro de cada individuo, esto con base en lo propuesto por Clage (1939), con una variación en el sistema numérico de marcaje (Loaiza, 2005), en esta técnica se practican una serie de ranuras en las placas marginales implementando limas de hierro, generando un patrón único de marcas para cada tortuga. La determinación taxonómica se realizó *in situ*, con la ayuda de guías de campo y claves taxonómicas de Rueda-Almonacid et al. (2007). No se realizó sacrificio de ejemplares debido al estado de vulnerabilidad y al preocupante estatus de amenaza que registran las poblaciones de tortugas en el país y en la región. En efecto, luego de tomar los respectivos registros, las tortugas fueron liberadas en el sitio exacto de su captura.

**Estructura de la población de *R. melanosterna*:** a cada individuo se le registraron las medidas básicas propuestas por Medem (1976) para tortugas, adicionando las variables corporales propuestas por Merchán (2003) y Merchán et al. (2005). Los datos morfométricos fueron tomados utilizando un calibrador metálico con precisión 0,01 mm y un calibrador (precisión 1m). Las medidas tenidas en cuenta fueron: longitud del caparazón curvo (LCC), longitud recto del caparazón (LRC), ancho del caparazón (AC), longitud del puente (LP), longitud sutura gular (LSG), longitud sutura humeral (LSH), longitud sutura pectoral (LSP), longitud plastrón (LGP), alto caparazón (ACP), longitud sutura abdominal (LSA), longitud sutura femoral (LSF), longitud sutura anal (LSAN), largo del lóbulo anterior (LLA), largo del lóbulo posterior (LLP) y longitud de la cola (LC). Adicionalmente, se registró el peso del individuo utilizando pésolas de 500 o 2.500 gramos.

El sexo fue determinado a través del dimorfismo sexual presentado por la especie, basado en un patrón diferenciado como la cola, ya que en los machos es más larga y con la presencia de una uña córnea en su extremo posterior. También, tienen un parche de tubérculos y escamas espinosas bien desarrolladas en la parte interna del muslo y pantorrilla; plastrón levemente cóncavo y la mandíbula superior fuertemente arqueada (Berry, 1978; Berry & Iverson, 2001). Además, Medem (1962) menciona que en los machos la concha es más alargada y menos ancha que en las hembras.

Para evaluar la diferencia en talla corporal entre las localidades se realizaron pruebas no paramétricas de Mann-Whitney, comparando a machos y hembras entre las dos localidades, utilizando el largo medial recto del caparax (LRC). Para el análisis de dimorfismo sexual se realizó el sexado de los individuos mediante criterios visuales por medio de características sexuales secundarias (longitud pre anal, concavidad plastral, tamaño corporal) (Rowe, 1997; Merchán, 2003) y por características directas (palpación de huevos y eversión de pene) considerando únicamente individuos adultos de todas las poblaciones (hembras con longitud corporal mayor a 14 cm y machos mayores 13 cm). Para evaluar las diferencias morfométricas entre machos y hembras se realizaron pruebas no paramétricas de Mann-Whitney en las cuales se comparan las medianas entre los grupos establecidos para cada una de las variables anteriormente descritas. Para establecer la medidas morfométricas que permiten un sexado confiable y donde se concentra el dimorfismo sexual, se realizó un análisis discriminante paso a paso, según la metodología propuesta por Keller (1997), comprobándose consecutivamente los porcentajes de los individuos bien clasificados e iniciando con la variable con el mayor valor de F. Previamente se ejecutó un ajuste logarítmico para minimizar el efecto de la variabilidad de la talla y la relación alométrica entre medidas Rowe (1997). Para los análisis de dimorfismo sexual y variación morfométrica se valoraron las variables corporales establecidas en el registro de datos morfométricos. Todas las pruebas estadísticas se realizaron en el programa Statgraphics centurión XVI.

## Resultados

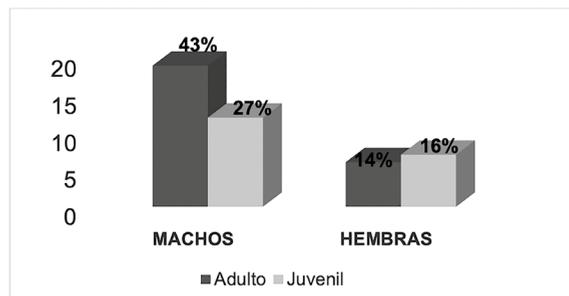
En los tres ecosistemas muestreados, se registraron 44 individuos, de los cuales 25 se capturaron por medio de trampas y 19 por medio de barridos con redes de arrastre; el esfuerzo de muestreo por medio de trampas que se empleó fue de 125 horas/trampa, para un éxito de captura de 0,02 individuos/horas.trampa, y por medio de arrastres fue de 80 horas/hombre, registrando un éxito de captura de 0,01 individuos/horas. hombre. Los individuos se agruparon en tres familias, tres géneros y cuatro especies.

Este importante registro puede estar propiciado por la estructura de la red hídrica, permite la conexión entre ríos, quebradas, pequeños caños y algunas lagunas, lo que permite el constante movimiento de las poblaciones de tortugas entre estos diversos cuerpos de agua. Igualmente, estos ecosistemas presentan, una variada y constante disponibilidad de recursos tróficos y de hábitat, que hacen que los integrantes de este grupo biológico coincidan en los ambientes de esta zona en búsqueda de hábitat y alimento. En relación con esta apreciación, Garden et al. (2007) manifiestan que, ante una compleja red hídrica, es mayor la oferta de recursos, donde se esperaría que confluya un número amplio de especies como las tortugas, ocupando escenarios óptimos para levantar altas densidades poblaciones.

*R. melanosterna* con 44 individuos registró una buena abundancia, lo que coincide con los estudios de Rentería (2007) y IIAP (2013), en diferentes cuerpos de aguas en la región; fenómeno que guarda relación con los hábitos generalistas de estas especies, además de su amplio rango de distribución, y su amplio espectro trófico, ya pueden alimentarse de una variada gama de recursos tróficos que les brindan estos ecosistemas.

**Estructura poblacional de *R. melanosterna*:** se capturó un total de 44 individuos, de los cuales el 70% correspondieron a machos (19 adultos y 12 juveniles), el 30% a hembras (6 adultas y 7 juveniles). Los juveniles ocuparon un porcentaje significativo dentro de la población con un 43% de los individuos (Figura 3), lo que nos está indicando que hay una población saludable, ya que las edades y los sexos están bien repartidos y que mientras existan las condiciones adecuadas la población tiene muchas posibilidades de crecer, propiciado por sus características ecológicas, ya que es una especie plástica, capaz de acoplarse con facilidad a ambientes fluctuantes y con alteraciones antrópicas.

En el transcurrir del estudio se pudieron evidenciar diferencias estadísticas significativas ya que ( $P$ -valor = 0,0405), no siendo diferentes a la proporción esperada 2:1. Fue predominante la proporción de los machos sobre las hembras. Esta diferencia tan marcada entre machos y hembras puede estar relacionada a diferencias en los muestreos, ya que no se realizaron bajo un diseño estadístico que redujera el sesgo en cuestiones de capturas o recapturas.



**Figura 3.** Distribución de individuos por edades y sexo de la población de *R. melanosterna* en la localidad de Managrú - Cantón de San Pablo.

Otro factor que quizás pudo influenciar las proporciones sexuales, fue la temperatura de incubación, asumiendo a que en la especie, la temperatura es la que determina el sexo en los neonatos (Young-Valencia et al., 2014); que se relaciona con las hembras con temperaturas de incubación bajas y altas, y machos asociados con temperaturas de incubación intermedias (Páez et al., 2012, Giraldo 2012), de esta manera es muy probable que la alta presencia de machos en la zona, esté asociada con que los

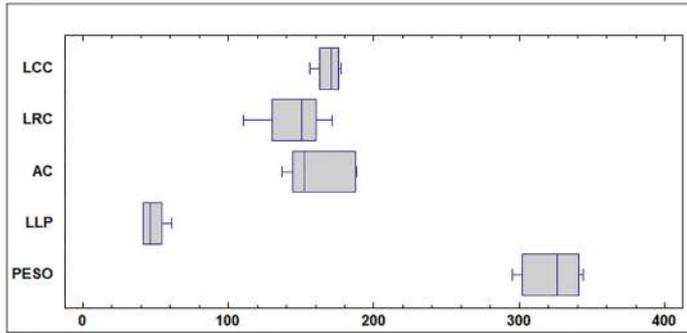
nidos hayan estado expuestos a condiciones intermedias de temperatura que para la zona oscilan entre los 26°C- 30°C, y quizás esto haya tenido efecto sobre el sexo de los neonatos y permitan obtener una proporción marcada entre machos y hembras.

**Dimorfismo sexual:** los datos morfométricos muestran que, el individuo de menor tamaño correspondió a un macho que midió 120,34 mm (LRC), y el mayor tamaño fue un macho que registró 160,36 mm (LRC). No se evidenció una diferencia significativa ( $\alpha > 0,05$ ) en todas las medidas corporales entre machos y hembras de *R. melanosterna*, a pesar de que las hembras fueron ligeramente más grandes que los machos en todas las medidas corporales, a excepción de la longitud de la cola, donde los machos tuvieron una longitud mayor a las hembras (Tabla 1, Figura 4 y 5).

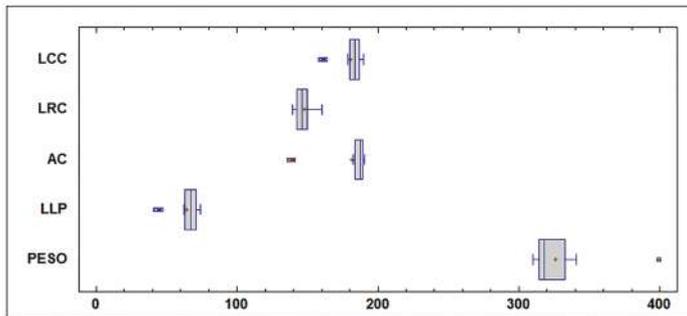
**Tabla 1.** Diferencias en la morfométricas de machos y hembras de *R. melanosterna* en la localidad de Managrú, municipio del Cantón de San Pablo.

MEDIDAS	PROMEDIO		CV- M		MEDIANA	
	M	H	M	H	M	H
LCC	169,091	184,233	4,17%	1,84%	170,78	175,715
LRC	144,547	145,806	11,05%	3,48%	150,16	151,01
AC	165,329	187,346	13,30%	1,36%	152,14	187,105
LGP	131,852	157,462	7,76%	8,68%	131,6	137,8
LP	117,387	137,867	6,83%	10,71%	118,1	123,225
ACP	69,7368	73,1308	0,22%	12,48%	69,75	69,785
LSAN	35,8113	36,6054	8,96%	9,42%	34,3	35,295
LSF	15,0865	17,2738	21,52%	27,41%	12,63	13,51
LSA	33,211	35,3577	11,89%	0,73%	34,26	34,4
LSP	60,3768	63,4	5,93%	2,27%	61,24	61,305
LSH	24,5939	24,6185	8,58%	7,18%	23,2	23,35
LSG	17,5965	19,3148	11,09%	11,87%	17,58	17,64
LLA	40,2255	41,3577	6,70%	0,63%	40,52	40,885
LLP	47,9726	68,19	14,46%	5,60%	46,19	52,69
LC	9,23645	9,10154	2,41%	0,56%	9,16	9,13
PESO	321,032	323,615	6,00%	7,07%	326	328,5

Fuente: autoría propia.



**Figura 4.** Medidas morfológicas de machos de *R. melanosterna* en la localidad de Managrú, municipio de Cantón de San Pablo.



**Figura 5.** Medidas morfológicas de hembras de *R. melanosterna* en la localidad de Managrú, municipio de Cantón de San Pablo.

## Discusión

El registro de cuatro especies para la localidad de Managrú es un registro importante, dado de que representa el 50% de las especies existentes para la cuenca del Atrato. Estos datos son coincidentes con los registros del (IIAP-INVIAS, 2012), para la cuenca del río Quito donde registran estas cuatro especies. Por otro lado, el registro de estas cuatro especies está por encima de lo encontrado por otros investigadores para la cuenca del Atrato, donde los registros específicos de tortugas fueron bajos, como ejemplo Rengifo et al. (2002), para el municipio de Lloró, logró el registro de una especie (*Kinosternon* sp.) y (Rentería, 2007), quien registró tres especies para el corregimiento de Tutunendo.

Es claro que los ríos por presentar mayor complejidad, tienden a presentar una diversidad mucho mayor con relación a otros cuerpos de agua como las charcas y quebradas. Algunas especies de tortugas se asocian casi de forma exclusiva a hábitats con

permanente presencia de agua o a la vegetación en el borde o flotante, como es el caso de las listadas en este estudio, que generalmente emergen a tierra firme en momentos de forrajeo y desarrollo de sus historias naturales, de acuerdo con el ciclo dinámico que liga a muchas especies a los cambios espaciales de los cuerpos de agua y sus ecosistemas asociados (Paton, 2005; Bour, 2008; Martin, 2008; Pauwells et al., 2008).

Hay factores que pudieron influir en las proporciones sexuales, fue la temperatura de incubación, asumiendo a que en la especie, la temperatura es la que determina el sexo en los neonatos (Young-Valencia et al., 2014); que se relaciona con las hembras con temperaturas de incubación bajas y altas, y machos asociados con temperaturas de incubación intermedias (Páez et al., 2012, Giraldo et al., 2012) de esta manera es muy probable que la alta presencia de machos en la zona, esté asociada con que los nidos hayan estado expuestos a condiciones intermedias de temperatura que para la zona oscilan entre los 26°C- 30°C, y quizás esto haya tenido efecto sobre el sexo de los neonatos y permitan obtener una proporción marcada entre machos y hembras.

Según las apreciaciones de Berry & Shine (1980), uno de los aspectos más influyentes en la variación del tamaño entre machos y hembras son las diferentes estrategias de vida que tienen los sexos, en los machos el tener un tamaño menor puede ser una ventaja debido a los mayores niveles de movimiento que presentan. Para las hembras el aumento en tamaño permitiría la contención de huevos más grandes aumentando el éxito reproductivo (Márquez, 1995).

Según lo expresado anteriormente, *R. melanosterna* presenta un patrón conforme a las tortugas acuáticas (Berry & Shine, 1980), donde las hembras generalmente son de mayor tamaño que los machos; este dimorfismo sexual parece estar determinado por la edad a la que adquieren la madurez sexual (Gibbons & Lovich, 1990; Aresco et al., 2000). Para los machos se favorece una maduración temprana para aumentar los eventos de cópula, luego hay una desaceleración del crecimiento, debido a que la energía se invierte en la reproducción, en las hembras se presenta un retraso en la maduración teniendo como consecuencia el alcance de mayores tamaños, después de la madurez la disminución en la tasa de crecimiento no debe ser tan acusada como en machos (Gibbons & Lovich, 1990).

## Conclusiones

La representatividad de *R. melanosterna* está influenciada por las características del ecosistema, donde estas especies de amplios espectros tróficos y de hábitat, tienen las condiciones necesarias para suplir sus demandas tróficas y exigencias de hábitat, que le permiten levantar grandes densidades poblaciones en diferentes épocas del año.

En la población de *R. melanosterna* estudiada, los sexos se encuentran proporcionalmente distribuidos en una proporción de 2:1, registrando diferencias significativas en la población, siendo los machos dominantes en la población con el 70% de los individuos colectados. El alto número de juveniles, sumado a la presencia de un número significativo de hembras adultas en estado reproductivo, permiten deducir que la población estudiada de *R. melanosterna* es saludable, pese a las presiones antrópicas existentes en el medio que habitan.

## Contribución del autor

**Mayra Yulenis Rengifo-Palacios**, levantamiento de información biológica en campo y escritura del documento; **Zuleiny Cetré Mosquera** levantamiento de información biológica y en la escritura de la metodología; **Jhon Tailor Rengifo-Mosquera**, en la revisión y apoyo en la realización de los análisis estadísticos; y **Julio César Halaby Guerrero** en la revisión y corrección del documento.

## Agradecimientos

Agradecemos al docente Luis Eladio Rentería por su dedicación y apoyo en la elaboración de esta investigación, de igual manera le agradecemos a los habitantes de la comunidad del municipio del Cantón del San Pablo, por permitir que se trabaje en su territorio y brindar apoyo de acompañamiento y conocimientos.

## Referencias bibliográficas

- Aresco, M. & Doble, J. (2000). Variation in Shell Arching and Sexual Size Dimorphism of River Cooters, *Pseudemys concinna* from River Systems in Alabama. *Journal of Herpetology*, 34(2), 313-317.
- Bour, R. (2008). Global diversity of turtles (Chelonii; Reptilia) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 593-598.
- Berry, J. F. & Shine, R. (1980). Sexual Size Dimorphism and Sexual Selection in Turtles (Order Testudines). *Oecologia*, 44, 185-191.
- Berry, J. F. (1978). Variation and systematics in the Kinosternon scorioides and K. leucostomum complexes (Reptilia: Testudines: Kinosternidae) of Mexico and Central America (tesis de doctorado). University of Utah, Salt Lake City, USA. 326 pp.
- Berry, J. F. & Iverson, J. B. (2001). Kinosternon leucostomum. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 724: 1-8.
- Castaño, O. V. & Medem, F. (2002). "Kinosternon dunni". Pp. 105-106 En: Castaño-Mora, O. V. (Ed.). 2002. Libro rojo de reptiles de Colombia. Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Conservación Internacional-Colombia.
- Castaño-Mora, O. V. (2002). Libro rojo de reptiles de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Conservación Internacional-Colombia. Bogotá, Colombia. p. 92-94.
- Ceballos-Fonseca, M. P. (2000). Tortugas (Testudinata) Marinas y Continentales de Colombia. *Biota Colombiana*, 1: 187-194.
- Clage, F. R. (1939). A system for marking turtles for future identification. *Copeia*, 1939: 155-162.
- Corredor-Londoño, G., Kattan, G., Galvis-Rizo, C. A. & Amoroch, D. (2007). Tortugas del Valle del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), Santiago de Cali, Colombia. 74 pp.
- Garden, J.G., McAllpine, C.A., Possingham, H.P. & Jones, D.N. (2007). Habitat structure is more important than vegetation composition for local-level management of native terrestrial reptiles and small mammal species living in urban remnants: A case study from Brisbane, Australia. *Austral Ecol.* 32: 669-685.
- Gibbons, J. W. & Lovich, J. E. (1990). Sexual dimorphism in turtles with emphasis on the slider turtle (*Trachemys scripta*). *Herpetol. Monogr* 4:1-29.
- Giraldo, A., Garcés-Restrepo, M. E., Carr J. L. & Loaiza, J. (2012). Tamaño y estructura poblacional de la tortuga sabaletera (*Rhinoclemmys nasuta*, testudines: Geoemydidae) en un ambiente insular del Pacífico colombiano. *Caldasia*. 34 Rev. Biodivers. Neotrop. 2014; 4 (2): 149-61 161 (1): 116-21.

- Gray, J. E. (1861). On a new species of water-toroise (*Geoclemmys melanosterna*) from Darien. Proceedings of the Zoological Society of London, 1861: 204-205.
- Gutiérrez, D., Serrano, V. & Ramírez, M. (2004). Composición y Abundancia de Anuros en dos Tipos de Bosques (Naturales y Cultivado) en la Cordillera Oriental Colombiana. *Caldasia*, 26(1): 245-264.
- Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico "IIAP". (2013). Caracterización ecológica del complejo cenagoso La Honda, Tanguí, Municipio de Medio Atrato-Chocó. Quibdó. Informe final. 124 pp.
- Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico & Instituto Nacional De Vías., (2013). Investigación para la complementación de los estudios de factibilidad (fase II) para la navegabilidad del río Atrato. Volumen IX: Análisis preliminar para el estudio de impacto ambiental. Capítulo 3, Parte 1. Informe Final. Quibdó, Chocó. 665 pp.
- Keller, C. (1997). Ecología de poblaciones de *Mauremys leprosa* y *Emys orbicularis* en el Parque Nacional de Doñana (tesis doctoral). Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Loaiza, J. (2005). Aspectos ecológicos de la tortuga blanca (*Rhynoclemmys nasuta* Boulenger, 1902) en Isla palma, Bahía Málaga-Pacífico colombiano (tesis de pregrado). Cali Colombia, Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. 57p.
- Márquez, C. (1995). Historia Natural y Dimorfismo Sexual de la Tortuga *kinosternon scorpioides* en Palo Verde Costa Rica. *Revista Ecología Latino Americana*, 2 (1-3), 3-44.
- Martin, S. (2008). Global diversity of crocodiles (Crocodylia, Reptilia) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 587-591.
- Medem, F. (1962). La distribución geográfica y ecológica de los Crocodylia y Testudinata en el departamento del Chocó *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 11(44), 279-342.
- Medem, F. (1976). Recomendaciones respecto a contar el escamado y tomar las dimensiones de nidos, huevos y ejemplares de los Crocodylia y Testudines. *Revista. Lozania. Acta Zoológica Colombiana*, 20: 1-16.
- Merchán, M. (2003). Contribución al conocimiento de la biología de la tortuga negra (*Rhinoclemmys funerea*) y la tortuga roja (*R. pulcherrima manni*) en Costa Rica (tesis de doctorado). Madrid España, Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Biológicas. 306 p.
- Merchán, M., Coll, M. & Fournier, R. (2005). Macromorfometría de juveniles de *Geochelone sulcata* (Testudines: Testudinidae) en Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 53 (1-2).
- Mittermeier, R. A., Carr, J. L., Swingland, I. R., Werner, T. B. & Mast, R. B. (1992). Conservation of Amphibians and Reptiles; In: *Herpetology; Current Research on The Biology of Amphibians and Reptiles*. Society for the Study and Reptiles. 59-60.
- Páez V. P., Morales, M. A., Lasso, C. A., Castaño, O. & Bock, B. C. (2012). Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia. Serie recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). p. 275-80.
- Paton, P.W.C. (2005). A review of vertebrate community composition in seasonal forest pools of the northeastern United States. *Wetl. Ecol. Manag.*, 13: 235-246.
- Pauwells, O. S. G., Van, W. & David, P. (2008). Global diversity of snakes (Serpentes; Reptilia) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 599-605.
- Poveda, I.C., Rojas, C.A., Rudas, A & Rangel-Ch, J.O. (2004). Climas del Chocó Biogeográfico de Colombia. pp 39-89. En Rangel, J. (Ed). *Colombia Diversidad Biótica IV. Chocó Biogeográfico / Costa Pacífica*. Universidad Nacional de Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogota D.C. 997 pp.
- Rengifo, F. J., Asprilla, A., Jiménez, J. & Castro, A. (2002). Ecología y Estructura de la Comunidad de Reptiles Presentes en el Corregimiento de Pacurita Municipio Quibdó – Colombia. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal.
- Rentería, E. (2007). Caracterización taxonómica de la comunidad de reptiles presentes en la estación ambiental (EAT) Quibdó-Chocó (trabajo de grado). Universidad Tecnológica del Chocó, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Biología con Énfasis en Recursos Naturales.
- Rowe, J. (1997). Growth Rate, Body Size, Sexual Dimorphism and Morphometric Variation in Four Populations of Painted Turtles (*Chrysemys picta bellii*) from Nebraska. *American Midland Naturalist*, 138(1), 174-188.
- Rueda-Almonacid, J.V., Carr, J. L., Mittermeier, R. A., Rodríguez-Mahecha, J. V., Mast, R. B., Vogt, R.C., Rhodin, A.J.G., Velásquez D.O.J., Rueda, N.J & Mittermeier, C.G (2007). Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico.
- Young-Valencia, K., Ortega, A. F. & Botero-Botero, Á. (2014). Densidad y estructura de las poblaciones de tortuga pímpano (*Chelydra acutirostris* Peters 1862) (Chelydridae) en las quebradas Cajones y Los Coelí, departamento del Quindío, Colombia. *Rev. Biodivers. Neotrop.*, 4(2): 149-61.

ZOOLOGÍA VERTEBRADOIS  
Vertebrate Zoology





## First record of anomalous coloration for *Eptesicus taddeii* (Vespertilionidae) in the Atlantic Forest, South Brazil\*

Luana de Almeida Pereira<sup>1</sup>, Sabrina Marchioro<sup>2</sup>, Gabriel Cezar Silveira Rocha<sup>3</sup>, João Marcelo Deliberador Miranda<sup>4</sup>

### Abstract

Piebaldism is characterized by the absence of melanin in certain areas of the body due the lack of melanocytes as a result of genetic mutations, and which occurs only locally. This study reports the first record of piebaldism for *Eptesicus taddeii*, a species of bat, endemic to the Atlantic Forest in the South Region of Brazil.

**Key words:** Aberrant coloration, Atlantic Forest, Chiroptera, Piebaldism, Vespertilionidae.

## Primer registro de coloración anómala de *Eptesicus taddeii* (Vespertilionidae) en Mata Atlántica, Sur de Brasil

### Resumen

El piebaldismo se caracteriza por la ausencia de melanina en regiones del cuerpo, debido a la falta de melanocitos como resultado de mutaciones genéticas, y que ocurre sólo localmente. El presente trabajo reporta el primer registro de piebaldismo para *Eptesicus taddeii*, una especie de murciélago endémica de la Mata Atlántica en la Región Sur de Brasil.

**Palabras clave:** Chiroptera, Coloración aberrante, Mata atlántica.

\*FR: 22-V-2021. FA: 18-VI-2021.

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Zoologia. Universidade Federal do Paraná. Campus Centro Politécnico. Setor de Ciências Biológicas. E-mail: luanabio2014@gmail.com

 [orcid.org/0000-0002-0091-4721](https://orcid.org/0000-0002-0091-4721) **Google Scholar**

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Zoologia. Universidade Federal do Paraná. Campus Centro Politécnico. Setor de Ciências Biológicas. E-mail: sahmarchioro@gmail.com

 [orcid.org/0000-0002-4456-2756](https://orcid.org/0000-0002-4456-2756) **Google Scholar**

<sup>3</sup> Programa de Pós-graduação em Zoologia. Universidade Federal do Paraná. Campus Centro Politécnico. Setor de Ciências Biológicas. E-mail: gabrielcezarsrocha@gmail.com

 [orcid.org/0000-0001-9892-2959](https://orcid.org/0000-0001-9892-2959) **Google Scholar**

<sup>4</sup> Programa de Pós-graduação em Zoologia. Universidade Federal do Paraná. Campus Centro Politécnico. Setor de Ciências Biológicas. Departamento de Biologia. Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná. Campus CEDETEG. Rua: Simeão Camargo Varela de Sá, 03. Vila Carli. Guarapuava, Paraná, Brasil. E-mail: guaribajoao@yahoo.com.br

 [orcid.org/0000-0002-7199-2452](https://orcid.org/0000-0002-7199-2452) **Google Scholar**



### CÓMO CITAR:

Pereira, L.A., Marchioro, S., Rocha, G.C.S., Miranda, J.M.D. (2022). First record of anomalous coloration for *Eptesicus taddeii* (Vespertilionidae) in the Atlantic Forest, South Brazil. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 113-118. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.8>



Anomalous coloration in mammals can occur due to an excess or deficit in melanin production in certain areas or throughout the entire body (Acevedo and Aguayo, 2008; Caro, 2005; Ortolani, 1999; Zortéa & Silva, 2018).

There are still disagreements regarding the correct terminology to describe these disorders, especially for those related to hypopigmentation (Zalapa et al., 2016), which has generated incompatibility among published data.

Piebaldism has recently been classified as the absence of melanin in certain areas of the body caused by the lack of melanocytes as a result of genetic mutations affecting the follicles of the skin and hair (Abreu et al., 2013; Lucati & López-Baucells, 2016). Individuals with this anomaly have a variable distribution of white spots on the body, however, the eyes are not affected. Piebaldism is similar to leucism but differs in that the development of melanocytes is interrupted only locally (Lucati & López-Baucells, 2016).

Cases of chromatic disorders have been reported in different groups of mammals in different regions of the world (Abreu et al., 2013; Lucati & López-Baucells, 2016; Mahabal et al., 2019; Velandia-Perilla et al., 2013). In bats, most cases of pigmentation disorders have been documented mainly in the families Vespertilionidae and Phyllostomidae (Lucati & López-Baucells, 2016; Velandia-Perilla et al., 2013; Zortéa & Silva, 2018), probably because they are the largest and best studied families (Hernández-Aguilar & Santos-Moreno, 2018). In Brazil there are cases of anomalous coloring for the families of Molossidae, Vespertilionidae and Phyllostomidae (Uieda, 2000; Geiger and Pacheco, 2006; Lucati and López-Baucells, 2016; Miranda et al., 2010; Rocha et al., 2013; Souza et al., 2013; Treitler et al., 2013) and these data are growing (Borloti et al., 2019).

Anomalous coloration has been previously reported for the genus *Eptesicus* Rafinesque. Trapido and Crowe (1942) reported the case of three individuals of *Eptesicus fuscus* (Palisot de Beauvois, 1796) with white spots on the body, gray-colored fur and irregular spots of three different shades.

Here we report the first record of piebaldism in the species *Eptesicus taddeii* Miranda, Bernardi & Passos 2006, observed in an bat captured in the Atlantic Forest in the South Region of Brazil.

The bat was captured during sampling for an inventory at Estação Ecológica Municipal Capivara I, in the municipality of Campina do Simão, state of Paraná, Brazil (-25°04'30.3"S; -51°49'37.9"W), in February 2020 (Figure 1).



**Figura 1.** Map showing the location of the collection site for the specimen in Estação Ecológica Municipal Capivara I, municipality of Campina do Simão, state of Paraná, Brazil.

The climate of the region is of the Cfb type - temperate climate, according to the Köppen classification, with an average temperature in the coldest month below 18°C (mesothermal) with cool summers, and an average temperature in the hottest month below 22°C and without a defined dry season (Wrege et al., 2012).

The vegetation is characterized as Araucaria Pine Forest, a phytophysiology of the Atlantic Forest found in the Southern Brazilian Plateau (states of Rio Grande do Sul, Santa Catarina and Paraná) at altitudes above 500–600 meters (MMA, 2010).

Mist nets were placed in the understory, in the canopy and in clearings and edges of the forest and were kept open for six hours after sunset during three consecutive nights of sampling.

An adult male *E. taddeii* was captured on a canopy net. The forearm of the specimen measured 45.4mm for and its body mass weighted 14g. It had a patch of white hair above the right eye (Figure 2), while the rest of the body was normally colored. The specimen was captured and collected in accordance with license number 44193-2 obtained from SISBIO, and the ethical standards provided in the license and by the American Society of Mammalogists (Sikes et al., 2019) were met. The specimen was deposited in the Mastozoology Archive at Universidade Federal do Paraná (DZUP - UFPR) and registered with number 2251.



**Figura 2.** Individual of *E. taddeii* showing anomalous color, captured in Estação Ecológica Municipal Capivara I, municipality of Campina do Simão, state of Paraná, Brazil. Photo: Mariane de Araujo.

The fact that an adult individual of *E. taddeii* has piebaldism shows that the anomaly does not interfere with survival, which is also true for other bat species (Hernández-Aguilar & Santos-Moreno, 2018; Velandia-Perilla et al., 2013). Furthermore, it demonstrates that there is no excessive increase in predation risk, to the point that the species never reaches adulthood, for young individuals (Brack and Johnson, 1990; Bartonička & Burič, 2007; Sánchez-Hernández et al., 2010; Souza et al., 2013). Bats survive with such anomalies thanks to their use of echolocation and nocturnal habits (Buys et al., 2002). Additionally, abnormal pigmentation in pregnant females, which have been reported, (García-Morales et al., 2012; Sánchez-Hernández et al., 2010; Treitler et al., 2013), apparently do not interfere with bat reproduction.

We suggest further research in the studied region to check if other new records of color anomalies can be found and if there are possible negative consequences for the population of *E. taddeii*.

### Author contribution

Luana de Almeida Pereira: Methodology; Writing the original draft; Comments, review and editing. Sabrina Marchioro: Methodology; Comments, review and editing. Gabriel Cezar Silveira Rocha: Methodology; Comments, review and editing; Producer of the

location study site's map. João Marcelo Deliberador Miranda: Obtaining the SISBIO license; Confirmation of specimen identification; Final text review.

## Acknowledgements

We thank the CNPq for the doctoral scholarship granted to Sabrina Marchioro, and the CAPES for the doctoral scholarship granted to Luana de Almeida Pereira and the master scholarship granted to Gabriel Cezar Silveira Rocha. We are also grateful for the valuable field assistance from colleagues Andrielli Leticia Valentim, Mariane de Araujo and Neida Rodrigues.

## References

- Abreu, M., Machado, R., Barbieri, F., Freitas, N., & Oliveira, L. (2013). Anomalous colour in Neotropical mammals: a review with new records for Didelphis sp. (Didelphidae, Didelphimorphia) and Arctocephalus australis (Otariidae, Carnivora). *Brazilian Journal of Biology*, 73(1), 185–194. <https://doi.org/10.1590/s1519-69842013000100020>
- Acevedo, J., & Aguayo, M. (2008). Leucistic South American sea lion in Chile, with a review of anomalously color in otariids. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(2), 413–417. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572008000200017>
- Bartonička, T., & Burič, Z. (2007). Records of the albino lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*) in the Jeseníky Mts (Czech Republic). *Vespertilio*, 11, 167–169.
- Bernard, E., Nascimento, J. L. do, & Aguiar, L. M. de S. (2013). Flagging a species as threatened: the case of *Eptesicus taddeii*, an endemic bat from the Brazilian Atlantic Forest. *Biota Neotropica*, 13(2), 314–318. <https://doi.org/10.1590/s1676-06032013000200032>
- Borloti, I. S., Pimenta, V. T., & Ditchfield, A. D. (2019). First record of pigmentation disorder in the Fringelipped Bat *Trachops cirrhosus* (Spix, 1823) (Chiroptera: Phyllostomidae) from southeast Brazil. *Biodiversity Data Journal*, 7. <https://doi.org/10.3897/BDJ.7.e38304>
- Brack, V., & Johnson, S. A. (1990). Albino Indiana bat (*Myotis sodalis*). *Bat Research News*, 31(8):1–2.
- Buys, J., Heijligers, H., & Dorenbosch, M. (2002). First record of an albino long-eared bat *Plecotus auritus* in The Netherlands. *Lutra*, 45(1), 49–52.
- Caro, T. (2005). The adaptive significance of coloration in mammals. *BioScience*, 55(2), 125–136. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0125:TASOCI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0125:TASOCI]2.0.CO;2)
- García-Morales, R., Duran, D. T., Gómez, E. S. Á., Moreno, C. E., & Akmentis, M. S. (2012). Registro de leucismo en *Sturnira ludovici* y *Artibeus jamaicensis* (Phyllostomidae) en México. *Chiroptera Neotropica*, 18(1), 1101–1105.
- Geiger, D., & Pacheco, S. M. (2006). Registro de albinismo parcial em *Nyctinomops laticaudatus* (E. Geoffroy, 1805) (Chiroptera: Molossidae) no sul do Brasil. *Chiroptera Neotropica*, 12(1): 250–254.
- Hernández-Aguilar, I., & Santos-Moreno, A. (2018). First records of hypopigmentation disorders in the Peters' ghost-faced bat *Mormoops megalophylla* (Chiroptera, Mormoopidae). *Mammalia*, 82(6), 618–621. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2017-0075>
- ICMBio. (2018). *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*.
- Lucati, F., & López-Baucells, A. (2016). Chromatic disorders in bats: a review of pigmentation anomalies and the misuse of terms to describe them. *Mammal Review*, 47(2), 112–123. <https://doi.org/10.1111/mam.12083>
- Mahabal, A., Sharma, R. M., Patil, R. N., & Jadhav, S. (2019). Colour aberration in Indian mammals: A review from 1886 to 2017. *Journal of Threatened Taxa*, 11(6), 13690–13719. <https://doi.org/10.11609/jott.3843.11.6.13690-13719>
- Ministério do Meio Ambiente, MMA. (2010). *Mata Atlântica: Manual de adequação ambiental*. Brasília.
- Miranda, J. M. D., Kaku-Oliveira, N. Y., Munster, L. C., Bernardi, I. P., Moro-Rios, R. F., & Passos, F. de C. (2010). Primeiros dados de uma colônia reprodutiva de *Myotis levis* (I. Geoffroy, 1824) nos campos de Palmas, Paraná, Brasil (Vespertilionidae). *Chiroptera Neotropica*, 16(2), 762–768.
- Ortolani, A. (1999). Spots, stripes, tail tips and dark eyes: Predicting the function of carnivore colour patterns using the comparative method. *Biological Journal of the Linnean Society*, 67(4), 433–476. <https://doi.org/10.1006/bijl.1998.0299>
- Rocha, P., Feijó, J., Donato, C., & Ferrari, S. (2013). Leucism in Seba's short-tailed bat, *Carollia perspicillata* from a rock shelter in northeastern Brazil. *Chiroptera Neotropica*, 19(July), 1151–1153.
- Sánchez-Hernández, C., Romero-Almaraz, M., Taboada-Salgado, A., Almazán-Catalán, J., Schnell, G., & Sánchez-Vázquez, L. (2010). Five albino bats from Guerrero and Colima, Mexico. *Chiroptera Neotropica*, 16(1), 541–545.
- Sikes, R. S., Thompson, T. A., & Bryan, J. A. (2019). American Society of Mammalogists: Raising the standards for ethical and appropriate oversight of wildlife research. *Journal of Mammalogy*, 100(3), 763–773. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz019>
- Souza, R. F. Novaes, R. L. M., Felix, S., Sauwen, C., Jacob, G., Santori, R. T., & Avilla, L. (2013). First record of leucism in *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (Phyllostomidae) in Brazil. *Chiroptera Neotropica*, 19(2), 1216–1219.
- The IUCN Red List of Threatened Species. *Eptesicus taddeii*. 2017 (2017).
- Trapido, H., & Crowe, P. E. (1942). Color Abnormalities in Three Genera of Northeastern Cave Bats. *Journal of Mammalogy*, 23(3), 303. <https://doi.org/10.2307/1374999>
- Treidler, J. T., Baucells, A. L., Farias, S. G., Tenaçol Jr., J. F., & Rocha, R. (2013). First record of a leucistic piebald *Phyllostomus discolor* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Chiroptera Neotropica*, 19(1), 1179 - 1181.

- Uieda, W. (2000). A review of complete albinism in the bats with five new cases from Brazil. *Acta Chiropterologica*, 2(1), 97-105.
- Velandia-Perilla, J. H., Yusti-Muñoz, A. P., Sánchez-Martínez, M. A., & Giraldo, A. (2013). Leucismo En Murciélagos De Hoja Nasal (Chiroptera, Phyllostomidae) De Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 17(2), 87–94.
- Wrege, M. S., Steinmetz, S., Júnior, C. R., & Almeida, I. R. de. (2012). Atlas climático da região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. In *Embrapa*. Brasília.
- Zalapa, S. S., Guerrero, S., Romero-Almaraz, M. D. L., & Sánchez-Hernández, C. (2016). Coloración atípica en murciélagos: frecuencia y fenotipos en Norte y Centroamérica e islas del Caribe y nuevos casos para México y Costa Rica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(2), 474–482. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.04.007>
- Zortéa, M., & Silva, M. C. (2018). Albinism in the striped spear-nosed bat *Gardnerycteris crenulatum* (Chiroptera: Phyllostomidae) with an updated list of albino bats in the World. *Mammalia*, 82(1), 78–84. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2016-0080>

ZOOLOGÍA INVERTEBRADOS  
invertebrate Zoology

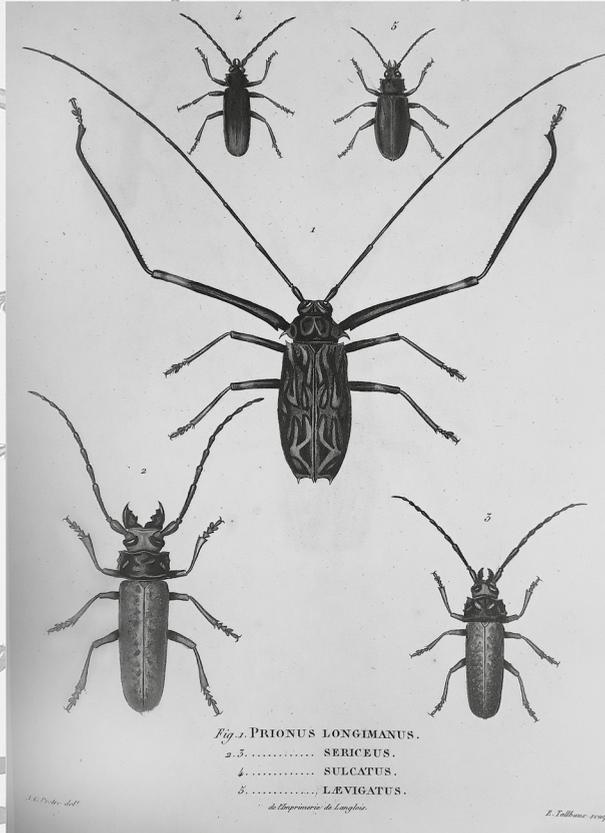


Fig. 1. PRIONUS LONGIMANUS.  
2, 3. .... SERICEUS.  
4. .... SULCATUS.  
5. .... LEVIGATUS.  
de l'Imprimerie de Langlois.

Fig. 1. PRIONUS LONGIMANUS.  
2, 3. .... SERICEUS.  
4. .... SULCATUS.  
5. .... LEVIGATUS.  
de l'Imprimerie de Langlois.



## Especies de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso (Santander, Colombia)\*

Wilber Gómez-Vargas<sup>1</sup>, Giovani Zapata-Úsuga<sup>2</sup>

### Resumen

**Objetivo:** Presentar inventario de las especies del género *Lutzomyia* en 33 veredas, de seis municipios ubicados en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso en el departamento de Santander durante 2016-2017. **Metodología:** Se realizó monitoreo entomológico no sistemático en área rural de los municipios de Betulia, Girón, Lebrija, Los Santos, San Vicente de Chucurí y Zapatoca. Para este se utilizaron (a) trampas de luz tipo CDC miniatura, entre las 18:00 a 6:00 horas; (b) trampa Shannon de 18:00 a 20:00 horas; (c) trampa BG-Sentinel por 24 horas (10 am a 10 am); (d) capturas con cebo humano protegido utilizando aspiradores manuales de 18:00 a 20:00 horas; (e) búsqueda activa en troncos de árboles, cuevas y paredes de viviendas entre las 8:00 a 11:00 horas. Las especies recolectadas se identificaron con la clave de Young y Duncan. **Alcance:** Se aporta una lista general de las especies para el departamento de Santander, además de dos registros nuevos para la zona de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso. **Resultados:** Se recolectaron 705 *Lutzomyia*, distribuidas en 21 especies, se destacaron por su abundancia e importancia algunas especies que son vectores de leishmaniasis cutánea, como: *Lutzomyia gomezi*, *L. panamensis* y *L. ovallesi*, y en leishmaniasis visceral predominó *L. longipalpis*. Se presentan dos nuevos reportes para Santander: *L. sanguinaria* y *L. strictivilla*. **Conclusión:** La presencia significativa de vectores implicados en la transmisión de leishmaniasis representa un riesgo para que se presente esta enfermedad en las poblaciones en el área de estudio.

**Palabras clave:** Hidroeléctrica Sogamoso; Leishmaniasis; *Lutzomyia* spp.; vectores de *Leishmania* spp.; Santander; Colombia.

## Species of *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) in the area of influence of the Sogamoso Hydroelectric Power Plant (Santander, Colombia)

### Abstract

**Objective:** To present an inventory of the species of the genus *Lutzomyia* in 33 rural districts of six municipalities located in the area of influence of the Sogamoso Hydroelectric Power Plant located in Santander during 2016-2017. **Methodology:** Non-systematic entomological monitoring was carried out in rural areas of the municipalities of Betulia, Giron, Lebrija, Los Santos, San Vicente de Chucurí, and Zapatoca. The following techniques were used for data collection: (a) miniature CDC-type light traps from 6:00 p.m. to 6:00 a.m.; (b) Shannon

\*FR: 21-V-2021. FA: 14-X-2021.

<sup>1</sup> Instituto Colombiano de Medicina Tropical-Universidad CES, Sabaneta, Colombia. E-mail: wgomez@ces.edu.co

 orcid.org/0000-0001-9790-7415 **Google Scholar**

<sup>2</sup> Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. E-mail: giovani.zapata@udea.edu.co

 orcid.org/0000-0002-9056-6213 **Google Scholar**

### CÓMO CITAR:

Gómez-Vargas, W. y Zapata-Úsuga, G (2022). Especies de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso (Santander, Colombia). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 121-133. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.9>



trap from 6:00 p.m. to 8:00 p.m.; (c) BG-Sentinel trap for 24 hours (10 a.m. to 10 a.m.); (d) captures with protected human bait using manual vacuum cleaners between 6:00 p.m. and 8:00 p.m.; (e) active search in tree trunks, caves and walls of houses between 8:00 a.m. and 11:00 a.m. The collected species were identified with the keys of Young and Duncan.

**Scope:** A general list of species is provided for the department of Santander, as well as two new records for the area of influence of the Sogamoso Hydroelectric Power Plant. **Results:** A total of 705 *Lutzomyia* were collected, distributed in 21 species, and some that are vectors of cutaneous leishmaniasis stood out for their abundance and importance including: *Lutzomyia gomezi*, *L. panamensis*, and *L. ovallesi*, and *L. longipalpis* prevailed in visceral leishmaniasis. Two new reports are presented for Santander: *L. sanguinaria* and *L. strictivilla*. **Conclusion:** The significant presence of vectors involved in the transmission of leishmaniasis represents a risk for this disease to occur in the populations in the study area.

**Key words:** Sogamoso Hydroelectric Plant; Leishmaniasis; *Lutzomyia* spp.; *Leishmania* spp. vectors; Santander; Colombia.

## Introducción

Los psicóidos son insectos del orden Diptera (Nematótero), familia Psychodidae, subfamilia Phlebotominae (Young & Duncan, 1994). La palabra flebótomo proviene del griego φλεβός (phlebos = vena) y τομή (tomos = cortar) (flebotomos: corta-venas) (Cazorla-Perfetti, 2015). En el nuevo mundo, especies del género *Lutzomyia* (Lu.) França 1924, (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae), son transmisores de protozoos del género *Leishmania* Ross, 1903 (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) que producen leishmaniasis (Vivero *et al.*, 2015). Las leishmaniasis son un grupo de enfermedades zoonóticas manifestadas clínicamente como leishmaniasis cutánea, mucocutánea y visceral, presentando transmisión en áreas tropicales, subtropicales y templadas en 98 países en el mundo (Alvar *et al.*, 2012; Ferro *et al.*, 2015). En riesgo existen 350 millones de personas y se estiman alrededor de 1,3 millones de casos nuevos de leishmaniasis cada año (Organización Mundial de la Salud - Organización Panamericana de la Salud, 2017). Algunas especies de *Lutzomyia* transmiten otros patógenos como la bacteria *Bartonella bacilliformis* que produce bartonelosis y algunos arbovirus de los géneros *Flebovirus* y *Vesiculovirus*, que producen enfermedad febril y estomatitis vesicular, respectivamente (Acevedo & Arrivillaga, 2015; Vivero *et al.*, 2015).

En las Américas se han descrito 535 especies de flebotomos (Galati, 2015), y de estas aproximadamente 45 son vectores de leishmaniasis (WHO, 2010). En Colombia se han descrito 163 especies (Ferro *et al.*, 2015), de las cuales 153 hacen parte del género *Lutzomyia* (Bejarano & Estrada, 2016), donde han sido incriminadas como vectores confirmados y potenciales 13 y 9 especies, respectivamente. Dentro de los registros de especies confirmadas tenemos: *Lu. columbiana* (Bejarano *et al.*, 2003; Grimaldi *et al.*, 1989; Montoya-Lerma *et al.*, 1999), *Lu. evansi* (Bejarano *et al.*, 2003; Bejarano *et al.*, 2002; Travi *et al.*, 2001) *Lu. gomezi* (Alexander *et al.*, 2001; Bejarano *et al.*,

2002; Montoya-Lerma et al., 1999), *Lu. hartmanni* (Alexander et al., 2001; Grimaldi et al., 1989) *Lu. lichyi* (Alexander et al., 1995; Warburg, et al., 1991), *Lu. longiflocosa* (Bejarano et al., 2003; Cárdenas et al., 1999; Pardo et al., 1999), *Lu. longipalpis* (Corredor et al., 1989; Corredor et al., 1990), *Lu. ovallesi* (Alexander et al., 2001; Bejarano et al., 2003), *Lu. panamensis* (Alexander et al., 1995; Bejarano et al., 2003) *Lu. scorzai* (Alexander et al., 1995), *Lu. spinicrassa*, *Lu. trapidoi* (Alexander et al., 2001; Corredor et al., 1990; Travi et al., 1988), *Lu. umbratilis* (Grimaldi et al., 1989) y *Lu. yuilli* (Santamaría et al., 2006; Martínez et al., 2018). Como especies potenciales están las siguientes especies: *Lu. antunesi* (Minsalud et al., 2010), *Lu. davisii* (Minsalud et al., 2010), *Lu. flaviscutellata* (p) (Minsalud et al., 2013), *Lu. hirsuta* (p) (Minsalud et al., 2010), *Lu. quasitownsendi* (Bejarano et al., 2003), *Lu. torvida* (Santamaría et al., 1999), *Lu. townsendi* (Bejarano et al., 2003) y *Lu. trinidadensis* (Vivero et al., 2017).

En Colombia, la leishmaniasis se manifiesta como leishmaniasis cutánea, mucocutánea y visceral. En el 2017 se reportaron 9,439 casos distribuidos ampliamente en todo el territorio nacional; las zonas de mayor endemicidad fueron Antioquia con 1,272, Santander con 774 y de Norte de Santander con 483 (Instituto Nacional de Salud de Colombia (INS), 2017). En el 2018 se reportaron 5,708 casos; las zonas de mayor endemicidad fueron Antioquia con 945, Nariño con 925 y Santander con 499 (INS, 2018), el cual ubica al departamento de Santander, como la región nororiental considerada como la zona de mayor transmisión de leishmaniasis en el país.

Santander es atravesado por las Cordilleras Central y Oriental, lo que genera una variedad de ecotonos, en los ecosistemas presentes en el departamento como selvas húmedas de tierras bajas, bosques premontanos y bosques ribereños a lo largo de los ríos y ciénagas (Etter, 1997), que debido a la presión antrópica dan origen a nichos ecológicos que albergan una gran diversidad de animales silvestres y domésticos que pueden servir como fuente de alimento para *Lutzomyia* y de reservorios para las especies de parásitos de *Leishmania* cutánea y visceral. En el contexto nacional, Santander registra 46 especies, 11 de las cuales están incriminadas como vectores (Bejarano & Estrada, 2016).

Santander es conocido como una de las áreas endémicas más antiguas de Colombia de transmisión de leishmaniasis cutánea; cuenta con reportes de casos desde 1893 en el municipio de Vélez, conocida bajo el nombre de “bubón de Vélez” (Werner & Barreto, 1981) y en el municipio de Lebrija en 1944 se registró el primer caso de leishmaniasis visceral (Gast Galvis & Rengifo, 1944; Morales & Rodríguez, 1996), al consultar la literatura encontramos que en estudios realizados han identificado las especies *Leishmania (Viannia) braziliensis*, *Leishmania (V.) panamensis* para leishmaniasis cutánea y en los casos de leishmaniasis visceral a *Leishmania (Leishmania) infantum* (Corredor et al., 1990). en este trabajo no se realizó diagnóstico molecular ni a los insectos colectados, ni a las muestras de sangre o directos que se tomaron en personas

que tenían heridas compatibles con *leishmaniasis*, para la identificación de la especie parásitos de *Leishmania* en la zona de muestreo.

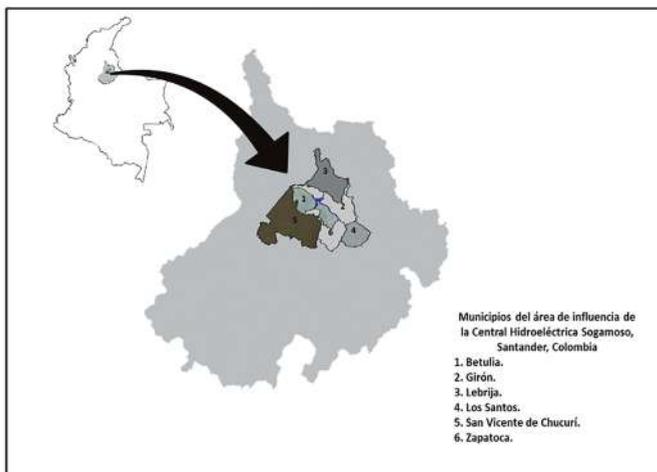
En este estudio se presenta el inventario de las especies del género *Lutzomyia* en seis municipios (Betulia, Girón, Lebrija, Los Santos, San Vicente de Chucurí y Zapatoca), del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso ubicada en Santander, Colombia, detallando su distribución y zonas endémicas.

## Metodología

### Área de estudio

Santander está ubicado en la región nororiental de Colombia, entre los 5° 42' y 8° 08' Norte y los 72° 26' y 74° 32' Oeste. Posee una superficie de 30,537 km<sup>2</sup> y una población de 2,090,854 habitantes (DANE, 2009; Sociedad Geográfica de Colombia, 2019). Santander presenta dos grandes regiones fisiográficas, la del valle del Magdalena con una topografía plana, suavemente ondulada y la Cordillera Oriental con una topografía quebrada y abrupta que puede presentar alturas superiores a los 3000 msnm. Su economía está basada en la agricultura con los cultivos de cacao, piña, café, tabaco y caña de azúcar; la explotación minera del petróleo y el comercio (Sandoval et al., 2006).

El estudio se llevó a cabo en 33 veredas de los municipios de Betulia, Girón, Lebrija, Los Santos, San Vicente de Chucurí y Zapatoca ubicados en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso (Figura 1).



**Figura 1.** Sitios de estudio, municipios ubicados en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso, Santander, Colombia.  
Fuente: ICMT- ISAGEN. 2018.

El área de estudio está ubicada entre las coordenadas geográficas 6°48' 59,67" - 7°11'14,37"Norte y 73°33'18,05" - 73°7'13,68" Oeste, el punto de presa está en las coordenadas 7° 6'1,89"N - 73°24'22,24"O, presenta una precipitación anual de 3,432 mm con una temperatura promedio anual entre 27°C y 30°C y una humedad relativa promedio anual de 80% (ISAGEN, 2018). Las coordenadas de las localidades de muestreo, las alturas y el número de localidades visitadas se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Municipios y número de veredas estudiadas en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso. 2016-2017.

Municipio	Altitud	Latitud	Longitud	Veredas visitadas
Betulia	2200	6°54'00" N	73°17'01" O	7
Girón	777	7°04'23" N	73°10'05" O	10
Lebrija	1055	7°06'47" N	73°13'08" O	1
Los Santos	1310	6°45'22" N	73°06'08" O	5
San Vicente de Chucurí	693	6°52'55" N	73°24'43" O	5
Zapatoca	1219	6°48'54" N	73°16'06" O	5

Los ejemplares se recolectaron entre diciembre de 2016 y octubre de 2017 y se encuentran depositados en la Colección de Entomología del Instituto Colombiano de Medicina Tropical (Registro Nacional de Colecciones (RNC): 177). Recolectores Giovanni Zapata-Úsuga y Wilber Gómez-Vargas.

### Recolecta de *Lutzomyia* spp.

Se realizaron muestreos no sistemáticos de *Lutzomyia* spp. En los seis municipios mencionados, Girón y Lebrija tradicionalmente registran la transmisión de leishmaniasis tanto cutánea como visceral (Sandoval et al., 2006).

Se utilizaron trampas de luz tipo CDC miniatura (Sudia & Chamberlain, 1962) a alturas de 1,5 - 3 m, entre las 18:00 y las 06:00 horas ubicadas en el intra, peri y extradomicilio de las viviendas; trampa Shannon de 18:00 a las 20 horas, cebo humano protegido con aspirador manual de las 18:00 a las 20:00 horas en el intra y extradomicilio y trampa BG-Sentinel<sup>3</sup> de las 10 horas hasta las 10 horas del otro día. Todas las *Lutzomyia* se rotularon y almacenaron en alcohol al 70%. Posteriormente, se aclararon con KOH 10% y para los montajes semipermanentes se usó líquido de Hoyer. Finalmente, para la identificación taxonómica se siguió la clave de Young & Duncan (1994).

<sup>3</sup> La trampa BG Sentinel fue diseñada para las colectas de *Aedes* spp. Sin embargo, fueron registradas colectas de especies de *Lutzomyia* spp.

## Aspectos éticos

Para los muestreos al interior de las viviendas y en el peridomicilio, se obtuvo consentimiento informado de los jefes de los hogares, el cual fue aprobado por el comité de bioética del ICMT-CES en el Acta N° 57 de la sesión del 21 de noviembre de 2016. Las recolectas se hicieron en el marco del proyecto: “Estudio epidemiológico y de vectores, asociados a enfermedades tropicales en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso” financiado por la empresa ISAGEN S.A.E.S.P.

## Resultados

En el estudio realizado en los municipios del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso se registraron 21 especies. La composición específica del género *Lutzomyia* y el número total de especímenes capturados (hembras y machos) por municipio se presenta en la tabla 2.

En el peridomicilio se registró el 48,4% de las capturas, siendo el ambiente en donde se registró la mayor diversidad y número de flebotomos; esto debido quizás a la corta distancia que existe entre los corrales de los animales y las viviendas. Además, en el extradomicilio se registraron capturas del 39,9%, mientras el intradomicilio registró el 11,8%.

**Tabla 2.** Abundancia de especies de *Lutzomyia* colectadas en los seis municipios ubicados en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso. 2016 - 2017.

Especie	Municipio						N	%
	Betulia	Girón	Lebrija	Los Santos	San VCh.	Zapatoca		
<i>Lu. longipalpis</i> (Lutz & Neiva, 1912)	18	59	1	136	1	95	310	44
<i>Lu. panamensis</i> (Shannon, 1926)	25	30	12		32	79	178	25,2
<i>Lu. spp.*</i>	27	9	1		15	30	82	11,6
<i>Lu. gomezi</i> (Nitzulescu, 1931)	23	9	4		3	10	49	7
<i>Lu. ovallesi</i> (Ortiz, 1952)	3				14	2	19	2,7
<i>Lu. dubitans</i> (Sherlock, 1962)	8	1			1		10	1,4
<i>Lu. serrana</i> (Damasceno & Arouck, 1949)						5	10	1,4

<i>Lu. triramula</i> (Fairchild & Hertig, 1952)	2	4		2	1	9	1,3	
<i>Lu. walkeri</i> (Newstead, 1914)		1		1	6	8	1,1	
<i>Lu. shannoni</i> (Dyar, 1929)		6				6	0,9	
<i>Lu. trinidadensis</i> (Newstead, 1922):			4	1		5	0,7	
<i>Lu. cayennensis</i> <i>cayennensis</i> (Floch & Abonnenc, 1941)		4				4	0,6	
<i>Lu. bifoliata</i> (Osorno, Morales, Osorno & Hoyos, 1970)	2				1	3	0,4	
<i>Lu. saulensis</i> (Floch & Abonnenc, 1944)	1				2	3	0,4	
<i>Lu. camposi</i> (Rodríguez, 1952)					2	2	0,3	
<i>Lu. hartmanni</i> (Fairchild & Hertig, 1957)					1	1	0,1	
<i>Lu. pilosa</i> (Damasceno & Causey, 1944)		1				1	0,1	
<i>Lu. sanguinaria</i> (Fairchild & Hertig, 1957)**		1				1	0,1	
<i>Lu. strictivilla</i> (Young, 1979) **		1				1	0,1	
<i>Lu. undulata</i> (Fairchild & Hertig, 1950)		1				1	0,1	
<i>Lu. venezuelensis</i> (Floch & Abonnenc 1948)				1		1	0,1	
<i>Lu. yuilli</i> (Young & Porter, 1972)	1					1	0,1	
<b>Total</b>	<b>110</b>	<b>127</b>	<b>18</b>	<b>140</b>	<b>71</b>	<b>234</b>	<b>705</b>	<b>100</b>

Fuente: ICMT – ISAGEN 2018.

\**Lutzomyia* spp.: Material grávido, o especímenes con falta o daño en caracteres morfológicos de importancia en la identificación.

\*\*Nuevos registros para el departamento de Santander.

Las especies subrayadas son vectores en Colombia.

Las especies recolectadas con mayor abundancia fueron: *Lu. longipalpis* (44%), seguida de *Lu. panamensis* (25,2%) (Figura 2), otras spp. (11,6%) y *Lu. gomezi* (6,95%) (Figura 3).



**Figura 2.** *Lutzomyia panamensis*, genitalia de macho registrado en el municipio de Girón. Foto: ICMT, 2017. Giovani Zapata.



**Figura 3.** *Lutzomyia gomezi*, espermateca de hembra registrada en el municipio de Lebrija. Foto ICMT, 2017. Giovani Zapata.

## Discusión

El presente estudio permitió identificar la diversidad y abundancia de especies de *Lutzomyia* presentes en las áreas rurales de seis municipios de Santander. Igualmente, es un aporte que permite actualizar el inventario de especies potenciales vectores de la leishmaniasis en estos municipios. Se pudo comprobar la presencia y amplia dispersión de especies reportadas en la literatura como vectores de leishmaniasis cutánea: *Lu. panamensis*, *Lu. gomezi*, *Lu. ovallesi*, *Lu. hartmanni* y *Lu. yuilli*, como vector potencial a *Lu. trinidadensis*, y de leishmaniasis visceral: *Lu. longipalpis*. Estas especies concuerdan con las reportadas en los estudios por otros autores (Sandoval et al., 2006; Parra-Henao et al., 2011). En este trabajo se presentan dos nuevos registros para el departamento *Lu. sanguinaria* y *Lu. strictivilla*, las cuales a la fecha no han sido incriminadas como de importancia epidemiológica.

Todas las capturas de las *Lutzomyia* en mayor proporción (75%) se realizaron en trampa tipo CDC ubicadas en el peridomicilio, donde se encuentran los galpones de gallinas, corrales de chivos y cabras, actuando como una zoolibarrera al reducir el comportamiento antropofílico y su presencia en el intradomicilio (3% trampa tipo CDC y BG-Sentinel). En el extradomicilio no se registraron capturas en cebo humano protegido y en trampa tipo Shannon, debido a factores ambientales como los fuertes vientos de la zona, lluvia o por las zoolibarreras existentes y solo se registró capturas con CDC (22%)

La mayor diversidad de especies de *Lutzomyia* se registró en los municipios de Girón y Zapatoca (11 especies) y Betulia y San Vicente de Chucurí (10 especies). En todas las zonas de monitoreo se hallaron *Lutzomyia* que han sido implicadas como vectores de leishmaniasis cutánea o visceral.

En Santander, la leishmaniasis visceral ocurre en las zonas de bosque seco tropical de Girón y Lebrija, donde la especie predominante fue *Lu. longipalpis* con un 44%, la cual ha sido implicada en su transmisión (Corredor et al., 1989). Se destaca que la alta presencia de la especie *Lu. longipalpis* siendo de las pocas especies que se encontró dentro de las viviendas y en áreas de poca actividad antrópica, situación que tiene un gran significado epidemiológico por la importancia de este vector como transmisor de leishmaniasis visceral (Flórez et al., 2006).

Las especies más importantes por sus antecedentes vectoriales en la transmisión de leishmaniasis cutánea fueron *Lu. panamensis* con un 25,25%, *Lu. gomezi* con un 6,95%, *Lu. ovallesi* con 2,7% y *Lu. hartmanni*, *Lu. trinidadensis* y *Lu. yuilli* pero en muy baja densidad.

*Lutzomyia panamensis*, implicada en la transmisión de leishmaniasis cutánea, está también se encontró en los tres ambientes (intra, peri y extradomicilio) siendo

predominante en el extradomicilio. En Santander este flebótomo fue capturado tanto en áreas de bosque seco tropical (Girón) como en bosque húmedo tropical (Betulia y San Vicente de Chucurí), como ha sido reportado previamente en diversas regiones del país (Barreto et al., 2000). Cabe resaltar que, además, es un flebótomo altamente antropofílico y se encuentra naturalmente infectado con parásitos de *Le. braziliensis* y *Le. panamensis* en Colombia (Bejarano et al., 2002; Young et al., 1987).

*Lutzomyia gomezi* fue colectada en zonas boscosas de relativa intervención antrópica y con un comportamiento antropofílico, pues prácticamente se registran capturas en el intra y peridomicilio, esta especie está implicada por ser portadora de los parásitos *Le. panamensis* (Corredor et al., 1990) y *Le. braziliensis* en Colombia (Bejarano et al., 2002).

*Lutzomyia ovallesi* fue hallada en el extra y peridomicilio cumpliendo con lo descrito en la literatura que la define como una especie bien definida de bosque secundario en buen estado de conservación, sin aproximarse a las viviendas (Pardo et al., 1996). Es un flebótomo, incriminado en la transmisión de *Le. braziliensis* en Guatemala y en Colombia (Grimaldi & Tesh, 1993; Pecet, 2015), *Le. braziliensis* y *Le. mexicana* en Venezuela (Feliciangeli et al., 1994). En Colombia es considerado uno de los principales vectores de leishmaniasis cutánea y ha sido reportado en ocho departamentos del país (Montoya-Lerma, 1999). En Bucaramanga, capital de Santander, *Lu. ovallesi* junto con *Lu. gomezi* fueron las especies predominantes en las áreas de mayor deforestación de la ciudad asociadas probablemente con la presencia de casos urbanos (Cárdenas et al., 2000; Sandoval et al., 1998).

## Conclusiones

De manera general, podemos concluir que Santander se mantiene como un área de gran importancia epidemiológica para la transmisión de leishmaniasis tanto cutánea como visceral en Colombia.

De las 46 especies reportadas para este departamento (Bejarano & Estrada, 2016) en la zona de estudio registramos 21 especies, por lo menos, siete especies de *Lutzomyia* son vectores confirmados o potenciales transmisores de la enfermedad, lo cual permite suponer que en algunas áreas de Santander, estas especies pueden estar implicadas en la transmisión: *Lu. gomezi*, *Lu. hartmani*, *Lu. longipalpis*, *Lu. ovallesi*, *Lu. panamensis*, *Lu. trinidadensis* y *Lu. yuilli*.

Aunque existen barreras biológicas que sirven como fuentes zoofágicas, las *Lutzomyias* presentan fototropismo positivo, lo que implica que las luces de las viviendas las pueden atraer dentro de estas; sin embargo, se pudo observar que en la zona existe una gran cantidad de galpones de pollos que en la noche permanecen con las luces encendidas lo que permite reforzar la hipótesis que estos actúan como una barrera, atrayente o cebo.

Las veredas visitadas constituyen un área de gran importancia epidemiológica para la transmisión de leishmaniasis tanto cutánea como visceral. Sin embargo, no es claro el papel vectorial ni la dinámica de transmisión de cada una de las especies en los diversos ambientes estudiados, ni tampoco los reservorios; siendo necesarios futuros estudios sistemáticos que permitan resolver estas inquietudes y diseñar estrategias de control ajustadas a cada foco.

## Contribución de los autores

Los dos autores participaron en el diseño de la metodología de muestreo, recolección, procesamiento e identificación de los especímenes colectados, análisis de la información y la escritura del manuscrito. Los autores declaramos que no existe conflicto de interés.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus sinceros agradecimientos a ISAGEN S.A E.S.P por la financiación del estudio. Al Instituto Colombiano de Medicina Tropical y a la Universidad CES por el apoyo logístico y administrativo. Agradecimiento especial a las personas que permitieron el ingreso a sus viviendas para los muestreos entomológicos; así como a la Secretaría de Salud de Santander y a las Secretarías de Salud de Girón, Lebrija, Los Santos, San Vicente de Chucurí, Betulia y Zapatoca por el apoyo recibido. Este estudio se realizó gracias al contrato N°41/918 establecido entre el Instituto Colombiano de Medicina Tropical- Universidad CES con ISAGEN S.A. E.S.P.

## Referencias

- Acevedo, M. & Arrivillaga, J. (2015). Eco-Epidemiología de flebovirus (Bunyaviridae, Phlebovirus) transmitidos por flebótomos (Psychodidae, Phlebotominae). *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48(1), 3-16. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-46482008000100001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000100001)
- Alexander, B., Agudelo, L., Navarro, F., Ruiz, F., Molina, J., Aguilera, G., & Quinónez, M. (2001). Phlebotomine sandflies and leishmaniasis risks in Colombian coffee plantations under two systems of cultivation. *Medical and Veterinary Entomology*, 15, 364-373. <https://doi.org/10.1046/j.0269-283x.2001.00322.x>
- Alexander, B., Usma, M. C., Cadena, H., Quesada, B. L., Solarte, Y., Roa, W., Montoya, J., Jaramillo, C., & Travi, B. L. (1995). Phlebotomine sandflies associated with a focus of cutaneous leishmaniasis in Valle del Cauca, Colombia. *Medical and Veterinary Entomology*, 9(3), 273-278. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.1995.tb00133.x>
- Alvar, J., Vélez, I. D., Bern, C., Herrero, M., Desjeux, P., Cano, J., Jannin, J., & De Boer, M. (2012). Leishmaniasis worldwide and global estimates of its incidence. *PLoS ONE*, 7(5), e35671. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035671>
- Barreto, M., Burbano, M. E., & Barreto, P. (2000). *Lutzomyia* Sand Flies (Diptera: Psychodidae) from Middle and Lower Putumayo Department, Colombia, with New Records to the Country. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 95(5), 633-639. <https://doi.org/10.1590/S0074-0276200000500009>
- Bejarano, E. E., & Estrada, L. G. (2016). Family Psychodidae. *Zootaxa*, 4122(1), 187-238. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4122.1.20>
- Bejarano, E. E., Sierra, D. & Vélez, I. D. (2003). Novedades en la distribución geográfica del grupo verrucarum (Diptera: Psychodidae) en Colombia. *Biomedica*, 23(3), 341. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v23i3.1228>
- Bejarano, E. E., Uribe, S., Rojas, W., & Vélez, I. D. (2002). Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) associated with the appearance of urban leishmaniasis in the City of Sincelajo, Colombia. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 97(5), 645-647. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762002000500010>
- Cárdenas, R., Gutiérrez, M., Angulo V.M., Munsterman, L., Sandoval, M., & Ferro, C. (2000). Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) habitat associations to urban cutaneous leishmaniasis in the city of Bucaramanga, northwestern Colombia. *XVth International Congress for Tropical Medicine and Malaria*, 3. Cartagena de Indias, Colombia.
- Cárdenas, R., Romoz, G. M., Santamaría, E., Bello, F., & Ferro, C. (1999). *Lutzomyia longiflora* (Diptera: Psychodidae) posible

- vector en el foco de leishmaniasis cutánea del municipio de Planadas, zona cafetera del Tolima. *Biomédica*, 19(3), 233-244. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v19i3.1028>
- Cazorla-Perfetti, D. (2015). Lista comentada de los Flebotominos (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) citados para Venezuela. *Saber*, 27(2), 178-231. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-01622015000200003&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622015000200003&lng=es&tlng=es)
- Corredor, A., Gallego, J. F., Tesh, R. B., Morales, A., De Carrasquilla, C. F., Young, D. G., Kreutzer, R. D., Boshell, J., Palau, M. T., Cáceres, E., & Peláez, D. (1989). Epidemiology of visceral leishmaniasis in Colombia. *American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 40(5), 480-486. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002725>
- Corredor, A., Kreutzer, R., Tesh, R., Boshell, J., Palau, M., Cáceres, E., Duque, S., Peláez, D., Rodríguez, G., Nichols, S., Hernández, C., Morales, A., Young, D., & Ferro, C. (1990). Distribution and etiology of leishmaniasis in Colombia. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 42(3), 89-130.
- DANE. (2009). Proyecciones nacionales y departamentales de población 2005-2020. *Estudios postcensales No. 7*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Etter, A. (1997). Ecosistemas de bosque húmedo tropical. En *Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad en Colombia*. Instituto Alexander Von Humboldt. [https://www.researchgate.net/profile/Andres-Etter/publication/266385454\\_Ecosistemas\\_de\\_Bosque\\_Humedo\\_Tropical/links/542ecf27e39fa965548/Ecosistemas-de-Bosque-Humedo-Tropical.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Andres-Etter/publication/266385454_Ecosistemas_de_Bosque_Humedo_Tropical/links/542ecf27e39fa965548/Ecosistemas-de-Bosque-Humedo-Tropical.pdf)
- Feliciangeli, M. D., Rodríguez, N., Bravo, A., Arias, F., & Guzmán, B. (1994). Vectors of cutaneous leishmaniasis in north-central Venezuela. *Medical and Veterinary Entomology*, 8(4), 317-324. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.1994.tb00095.x>
- Ferro, C., López, M., Fuya, P., Lugo, L., Cordovez, J. M., & González, C. (2015). Spatial distribution of sand fly vectors and eco-epidemiology of cutaneous leishmaniasis transmission in Colombia. *PLoS ONE*, 10(10), e0139391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139391>
- Flórez, M., Martínez, J. P., Gutiérrez, R., Luna, K. P., Serrano, V. H., Ferro, C., Angulo, V. M. & Sandoval, C. M. (2006). *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) en un foco suburbano de leishmaniosis visceral en el Cañón del Chicamocha en Santander, Colombia. *Biomédica*, 26(supl.1), 109-120. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v26i1.1505>
- Galati, E. A. B. (2015). *Phlebotominae (Diptera, Psychodidae) Classificação, Morfologia, Terminologia e Identificação De Adultos, Vol. 1*. <http://www.fsp.usp.br/~egalati/>
- Gast Galvis, A., & Rengifo, S. (1944). Leishmaniosis visceral, estudio epidemiológico del primer caso diagnosticado en Colombia. *Anales Sociedad de Biología*, 1, 161-168.
- Grimaldi, G., & Tesh, R. B. (1993). Leishmaniasis of the New World: current concepts and implications for future research. *Clinical Microbiology Reviews*, 6(3), 230-250. <https://doi.org/10.1128/CMR.6.3.230>
- Grimaldi, G., Tesh, R. B., & McMahon-Pratt, D. (1989). A review of the geographic distribution and epidemiology of leishmaniasis in the New World. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 41(6), 687-725.
- INS. (2018). *Informe del evento leishmaniasis, hasta el periodo epidemiológico XIII, Colombia*. <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/LEISHMANIASIS PE XIII 2018.pdf>
- INS. (2017). *Informe del evento de leishmaniasis*. <http://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/LEISHMANIASIS PE XIII 2017.pdf>
- ISAGEN. (2018). *Área de influencia Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso*. p. 170. Medellín, Colombia.
- MINSALUD, INS & OPS (2013). *Guía protocolo para la vigilancia en salud pública de leishmaniasis*. <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Protocolos%5CnSIVIGILA/PRO%5CnLeishmaniasis.pdf>
- MINSALUD, INS, & OPS. (2010). *Guía de Vigilancia Entomológica y control de Leishmaniasis en Colombia*. Bogotá D.C.: MSPS. <http://www.ins.gov.co/temas-de-interes/Leishmaniasis visceral/03 Vigilancia Entomo Leishmaniasis.pdf>
- Martínez, D.C.; Ávila, J.L.; & Molano, F. (2018). Actividad nocturna de *Nyssomyia yuilly* (Young & Porter, 1972) y *Nyssomyia rapidoi* (Farchild & Hertig, 1952) (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) en el municipio de Otanche (Boyacá, Colombia), zona endémica de leishmaniasis cutánea. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 50 (2), 106-114. <https://doi.org/10.18273/revsal.v50n2-2018002>
- Montoya-Lerma, J., Cadena, H., Segura, I., & Travi, B. L. (1999). Association of *Lutzomyia columbiana* (Diptera: Psychodidae) with a Leishmaniasis Focus in Colombia Due to Species of the Leishmania mexicana Complex. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 94(3), 277-283. <https://doi.org/10.1590/S0074-02761999000300001>
- Montoya-Lerma, J. & Ferro, C. (1999). Flebotomos (Diptera: Psychodidae) de Colombia. En Amat G, Andrade MG (Ed.), *Insectos de Colombia. Volumen II* (pp. 211-245). Bogotá D.C.: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Centro Editorial Javeriano.
- Morales, A. & Rodríguez, G. (1996). Comentario epidemiológico sobre el primer caso colombiano de Leishmaniasis Visceral. *Biomédica*, 16, 21-24.
- Organización Mundial de la Salud - Organización Panamericana de la Salud. (2017). *¿Qué es la leishmaniasis?* Washington D.C. [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_topics&view=article&tid=29&Itemid=40754](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_topics&view=article&tid=29&Itemid=40754)
- Pardo, R., Ferro, C., Lozano, G., Lozano, C., Cabrera, A. & Davies, C. (1999). Flebotomos vectores de leishmaniasis cutánea y sus determinantes ecológicos en la zona cafetera del Departamento del Huila. *Memorias XXVI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología*, 147-163. Bogotá D.C. Colombia: Socolen.
- Pardo, R. H., Farieta, S., Munstermann, L. E. & Ferro, C. (1996). Estudio preliminar de los flebotomos de Villeta y Quebradanegra, Cundinamarca: sus implicaciones en salud pública. *Biomédica*, 16(4), 293. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v16i4.919>
- Parra-Henao, G. J., Alarcón, E. P., Delgado, D. & Bastidas, L. (2011). Diversidad de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en el área de influencia de la Hidroeléctrica Sogamoso, Santander. *Biomédica*, 31, 209-421. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v31i0.497>
- PECET. (2015). *Manual para el estudio e identificación de vectores de leishmaniosis*. Medellín: OMS. [https://issuu.com/comunicaciones\\_pecet/docs/manual\\_para\\_estudio\\_e\\_identificaci\\_n\\_de\\_vectores\\_d](https://issuu.com/comunicaciones_pecet/docs/manual_para_estudio_e_identificaci_n_de_vectores_d)
- Sandoval, C. M., Angulo, V. M., Gutiérrez, R., Muñoz, G. & Ferro, C. (1998). Especies de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) posibles vectores de leishmaniasis en la ciudad de Bucaramanga, Santander, Colombia. *Biomédica*, 18(2), 161-168. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v18i2.985>

- Sandoval, C. M., Gutiérrez, R., Cárdenas, R. & Ferro, C. (2006). Especies de género *Lutzomyia* (Psychodidae, Phlebotominae) en áreas de transmisión de leishmaniasis tegumentaria y visceral en el departamento de Santander, en la cordillera oriental de los Andes colombianos. *Biomédica*, 26(1), 218-227. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v26i1.1515>
- Santamaría, E., Castillo, M., Cárdenas, R., Bello, F., Ayala, M., & Ferro, C. (1999). Competencia vectorial de las especies de *Lutzomyia* del grupo verrucarum (Diptera, Psychodidae) en un foco endémico de *Leishmania braziliensis* en Reventones, Cundinamarca. *Biomédica*, 19(2), 115-126. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v19i2.1014>
- Santamaría, E., Ponce, N., Zipa, Y. & Ferro, C. (2006). Presencia en el peridomicilio de vectores infectados con *Leishmania (Viannia) panamensis* en dos focos endémicos en el occidente de Boyacá, piedemonte del valle del Magdalena medio, Colombia. *Biomédica*, 26(1), 82-94. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v26i1.1503>
- Sociedad Geográfica de Colombia. (2019). *Departamento de Santander*. <https://www.sogeocol.edu.co/santander.htm>
- Sudia, W., & Chamberlain, R. (1962). Battery-operated light trap, an improved model. *Mosquito News*, 22(2), 126/129.
- Travi, B. L., Tabares, C. J., Cadena, H., Ferro, C., & Osorio, Y. (2001). Canine visceral leishmaniasis in Colombia: Relationship between clinical and parasitologic status and infectivity for sand flies. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 64(3-4), 119-124. <https://doi.org/10.1016/j.ajtmh.2010.08.015>
- Travi, B. L., Montoya, J., Solarte, Y., Lozano, L., & Jaramillo, C. (1988). Leishmaniasis in Colombia. I. Studies on the phlebotomine fauna associated with endemic foci in the Pacific Coast region. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 39(3), 261-266. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1988.39.261>
- Vivero, R. J., Contreras, M. A. & Suaza, J. D. (2017). Especies de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) recolectados en reservas naturales de las regiones del Darién y del Pacífico en Colombia. *Biomédica*, 37(Supl.2), 215-223. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.3382>
- Vivero, R., Torres-Gutiérrez, C., Bejarano, E. E., Peña, H. C., Estrada, L. G., Florez, F., Ortega, E., Aparicio, Y., & Muskus, C. E. (2015). Study on natural breeding sites of sand flies (Diptera: Phlebotominae) in areas of *Leishmania* transmission in Colombia. *Parasites and Vectors*, 8(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0711-y>
- Warburg, A., Montoya-Lerma, J., Jaramillo, C., Cruz-Ruiz, A., & Ostrovska, K. (1991). Leishmaniasis vector potential of *Lutzomyia* spp. in Colombian coffee plantations. *Medical and Veterinary Entomology*, 5, 9-16.
- Werner, J. K., & Barreto, P. (1981). Leishmaniasis in Colombia, a review. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 30(4), 751-761. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1981.30.751>
- WHO. (2010). *Control of the leishmaniasis*. World Health Org Tech Rep Ser. 949. (p. 186).
- Young, D. G., & Duncan, M. A. (1994). Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sand flies in Mexico, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). In *Memories of the American Entomological Institute* (Issue 54). Associated Publishers Associated Publishers American Entomological Institute. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>
- Young, D., Morales, A., Kreutzer, R. D., Alexander, J. B., Corredor, A., & Tesh, R. B. (1987). Isolations of *Leishmania braziliensis* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) from cryopreserved Colombian sand flies (Diptera: Psychodidae). *Journal of Medical Entomology*, 24(5), 587-589. <https://doi.org/10.1093/jmedent/24.5.587>



## Descripción morfológica del imago y los estados inmaduros de *Heilipus elegans* (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae), especie plaga de plantaciones de aguacate en Colombia\*

Yesica Yulieth Gómez-L<sup>1</sup>, José David Rubio-G<sup>2</sup>, Luis Fernando Vallejo-E<sup>3</sup>

### Resumen

*Heilipus elegans* es una especie plaga asociada a plantaciones de aguacate en distintas zonas agrícolas de Colombia. A diferencia de otras especies del género, conocidas por sus hábitos espermatófagos, su importancia radica en el daño que realiza en las ramas y en el tallo. A la fecha no se ha resuelto la diagnosis precisa de los diferentes estados de desarrollo, por tal razón, en este documento se describen e ilustran por primera vez los caracteres diagnósticos de las estructuras clave del adulto, la larva madura y la pupa a partir de muestras obtenidas de árboles de aguacate establecidos en la zona cafetera central de Colombia.

**Palabras clave:** Barrenador del aguacate; zona cafetera central de Colombia; estados de desarrollo.

### Morphological description of the imago and the immature stages of *Heilipus elegans* (Coleoptera: Curculionidae, Molytinae) a pest species of avocado plantations in Colombia

### Abstract

*Heilipus elegans* is a pest species associated with avocado plantations in different agricultural areas of Colombia. Unlike other species of the genus, known for their spermatophagous habits, its importance is manifested by the damage it does to the branches and the stem. To date, the precise diagnosis of the different development stages has not been resolved reason why this document describes and illustrates, for the first time, the diagnostic characters of the key structures of the adult, the mature larva and the pupa from samples obtained from avocado trees established in the Central Coffee Triangle of Colombia.

**Key words:** Avocado borer; Colombian Coffee Triangle, development stages.

\*FR: 16-IV-2020. FA: 21-VI-2021.

<sup>1</sup> Ingeniera Agrónoma, Laboratorio de Entomología, Universidad de Caldas-LEUC, Edificio Facultad de Ciencias Agropecuarias. Manizales, Colombia. E-mail: yesicagomez27@hotmail.com.

 orcid.org/0000-0003-1144-7265 **Google Scholar**

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo, M. Sc.; consultor agronómico de cultivo de palma de aceite. E-mail: josed.rubio@gmail.com

 orcid.org/0000-0002-1321-7239

<sup>3</sup> Biólogo, M. Sc.; Ph. D., Laboratorio de Entomología, Universidad de Caldas-LEUC, Edificio Facultad de Ciencias Agropecuarias. Manizales, Colombia. E-mail: luis.vallejo\_e@ucaldas.edu.co

 orcid.org/0000-0002-0610-1270 **Google Scholar**

### CÓMO CITAR:

Gómez, Y. Y., Rubio, J. D. y Vallejo, L. F. (2022). Descripción morfológica del imago y los estados inmaduros de *Heilipus elegans* (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) especie plaga de plantaciones de aguacate en Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 135-153. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.10>



## Introducción

La familia Curculionidae cuenta con cerca de 62.000 especies registradas en diferentes zonas agrícolas del mundo (Oberprieler et al., 2007); entre éstas se encuentra el género neotropical *Heilipus*, que fue descrito originalmente por Germar (1824) y cuya especie tipo es *Heilipus lactarius* (Schönherr, 1825; Morrone, 1999). Blackwelder (1947), enlista 327 especies distribuidas en México, Centro y Suramérica; Kuschel (1955), lo fragmenta y agrega a *Haplogenus*, *Heilipodus*, *Heilus*, *Marshallius*, *Neseilipus*, *Parabyzes*, *Placeilipus* y *Rhineilipus* como nuevos géneros. En 1986, el género *Heilipus* registró 39 especies para Norte y Centro América y 52 especies para América del Sur (O'brien & Wibmer, 1982; Wibmer & O'brien, 1986); no obstante, siete especies se repetían en ambos listados, de manera que el número real de especies para 1986 era de 84. Vanin & Gaiger (2005) determinan a *Heilipus odoratus* como una nueva especie, con lo cual el número de especies del género ascendió a 85 para ese año.

Las principales características diagnósticas de *Heilipus* (*sensu* Kuschel, 1955: 291) son las siguientes: “Prementon glabro. Tibias posteriores recurvadas y terminadas en el ángulo interno en un fuerte mucrón unciforme, premucrón ausente. Proceso mesosternal tuberculiforme”.

En 1986 Wibmer & O'brien registran 15 especies del género *Heilipus* para Colombia, sin considerar que dos años antes, Cárdenas (1984) ya había mencionado en notas y noticias entomológicas a *H. trifasciatus* (Díaz et al., 2020), con esto el número de especies de *Heilipus* en Colombia ascendía a 16: *Heilipus annuliger* (Latreille, 1811); *Heilipus areolatus* (Champion, 1902); *Heilipus aulicus* (Pascoe, 1881); *Heilipus bipunctatus* Boheman, 1843; *Heilipus chevrolatii* Guérin, 1844; *Heilipus designatus* (Pascoe, 1889); *Heilipus elegans* Guérin, 1844; *Heilipus fassli* (Voss, 1953); *Heilipus lauri* Boheman, 1845; *Heilipus leopardus* Boheman, 1836; *Heilipus mirus* (Pascoe, 1881); *Heilipus nisseri* Boheman, 1836; *Heilipus norrisii* Guérin, 1844; *Heilipus semivittatus* Boheman, 1843; *Heilipus spectator* (Pascoe, 1881); (Blackwelder 1947; Wibmer & O'brien, 1986).

Recientemente, Díaz et al., (2021) al revisar las colecciones nacionales y validar la literatura, logran agregar siete nuevos registros: *Heilipus discoides* (Fabricius), *Heilipus draco* (Fabricius), *Heilipus empiricus* (Pascoe), *Heilipus guttiger* (Champion), *Heilipus longirostris* (Champion), *Heilipus osculatii* Guérin y *Heilipus tetanicus* (Pascoe), con estos nuevos registros, el número de especies de *Heilipus* presentes en Colombia asciende a 23, cifra que posiciona al país como el segundo con mayor diversidad del género después de Brasil, donde hasta el momento se enlistan 25 especies del grupo.

*H. elegans* (Guérin, 1844) se identificó por primera vez en el municipio de Fresno en el departamento del Tolima, asociado a ramas y tallos de las variedades de aguacate presentes en esta zona (Rubio et al., 2009); la coloración roja y los exudados depositados por las larvas en los orificios de penetración sobre la corteza son los primeros signos observados, estos precipitan síntomas como la defoliación y marchitez de las plantas afectadas. Al comienzo, los ataques se presentan generalmente, en las áreas sombreadas del tallo y de las ramas. En ataques severos, se encuentran perforaciones en las ramas terciarias (ramas jóvenes), en las cuales, se interrumpe la conducción por el xilema y ocurre la defoliación y muerte. El manejo cultural realizado para el control de la plaga consiste en el descortezado del sector afectado, la extracción de las larvas y el cubrimiento de las heridas con una pasta cicatrizante (Rubio et al., 2009).

La cadena productiva del aguacate se afecta directamente por estos insectos que disminuyen de manera considerable la producción, por ello es indispensable enfocar los esfuerzos en el conocimiento biológico de las especies involucradas y así mismo orientarlos en un manejo más eficiente. El valor de esta fruta tropical cada vez toma más impulso e importancia en la economía nacional; con 73.986 has sembradas y una producción de 403.184 ton que ubican a Colombia como el cuarto país productor y el tercero en términos de área cosechada que corresponde al 6% de participación mundial (Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural, Septiembre 2018). Estas cifras evidencian el enorme potencial para los 21 departamentos productores entre estos, el auge del cultivo en Antioquia y el eje cafetero, pero especialmente en el departamento del Tolima, liderando las estadísticas con una participación del 19% del total nacional (Red De Información Y Comunicación Del Sector Agropecuario Del Ministerio de Agricultura Y Desarrollo Rural De Colombia-Agronet, 2017).

Aunque originalmente se aportaron fotografías y descripciones sobre los estados de desarrollo de *H. elegans* (Rubio et al., 2009), en este documento se detalla con mayor claridad la morfología de la larva madura, la pupa y el adulto de *H. elegans*. Por lo mismo, el objetivo de este artículo se fundamenta en la descripción de tres estados biológicos de la especie lo cual constituye un avance para el conocimiento general del grupo y una referencia para Colombia y otras latitudes, contando con esto, se estarían orientando estrategias más adecuadas para su manejo.

## **Materiales Y Métodos**

Las muestras de los diferentes estados de desarrollo de *H. elegans* se recolectaron entre marzo y junio de 2015 en cinco veredas de diferentes municipios de los departamentos de Tolima, Risaralda y Caldas (Tabla 1). En cada vereda visitada se muestrearon 30 árboles en etapa productiva, se revisaron secciones del tallo donde se visualizaron perforaciones y exudados. Con ayuda de la hoja de una navaja, se

realizaron cortes laterales en la dirección de la galería con el fin de buscar y extraer larvas de diferentes estadios y pupas del insecto. Adicionalmente, se revisaron grietas y agujeros de la corteza, donde se localizaron grupos de adultos.

Gran parte del material recolectado se almacenó en bolsas plásticas de polietileno (tipo ziploc), rotulado con los siguientes datos: localidad, zona de vida, fecha, planta hospedante, estructura de la planta hospedante y nombre del colector. Otra parte del material como larvas y pupas vivas contenidas en cortes de ramas afectadas, se almacenó en cajas compactas de poliestireno (ICOPOR) adecuadas previamente con restos vegetales y suelo. El conjunto se transportó al Laboratorio de Entomología de la Universidad de Caldas LEUC, donde el material se separó y clasificó para preservarlo en una pecera de cristal. Diariamente las ramas dentro de la pecera se monitorearon para asegurar la humedad y la temperatura hasta que las larvas y las pupas culminaron su etapa de desarrollo. Finalmente, 21 ejemplares que llegaron a la fase adulta se compararon con las muestras originales e igualmente con ejemplares catalogados anteriormente para la Colección LEUC que se obtuvieron a partir de una investigación llevada a cabo en el año 2009 (Rubio et al., 2009) en la misma zona de vida.

Para la descripción morfológica se revisaron 17 adultos, diez larvas y ocho pupas colectados en los municipios de Fresno (departamento del Tolima), Santa Rosa de Cabal (departamento de Risaralda), Manzanares y Palestina (departamento de Caldas).

Las fotografías en plano lateral y ventral se tomaron con una cámara fotográfica SONY® Alfa 350, lente de 55-80 mm. Las diferentes estructuras morfológicas de la larva, pupa y adulto de la especie estudiada se dibujaron con la ayuda de un estereomicroscopio NIKON® SMZ 1000 al cual se le adaptó una cámara de luz fría y tubo de dibujo (cámara lúcida). Las ilustraciones se aumentaron a un rango de escalas entre 0.1 X hasta 6.3X (entre 10 y 63 aumentos). Los dibujos resultantes fueron trazados inicialmente a mano alzada en papel bond de 70 g, y entintados sobre papel pergamino de 150 g, donde se elaboraron las respectivas planchas.

Por otro lado, una muestra de cinco larvas maduras de *H. elegans* se llevó al laboratorio de microscopía electrónica de la Universidad de Caldas. Previamente las muestras se fijaron, se prepararon en las respectivas placas y se fotografiaron en un microscopio electrónico de barrido ambiental ESEM, 200 FEI-QUANTA®. Se obtuvieron imágenes de los espiráculos torácicos y abdominales, las mandíbulas y la epifaringe. Finalmente, las fotografías se procesaron en lenguaje Word (Microsoft Office 2010®).

Los términos morfológicos utilizados en las descripciones de los adultos se basan en trabajos originales de Costa-Lima (1956); Craw (1999); Sousa et al. (2004); Marvaldi & Lanteri (2005); Vallejo et al. (2007) y Vanin & Gaiger (2005). Igualmente, los términos morfológicos utilizados en las descripciones de la larva

madura y de la pupa se basan en trabajos originales de May (1993); Marvaldi (2003); Peterson (1951); Pierce (1939); García (1962) y Vallejo et al. (2007).

## Resultados

**Tabla 1.** Sitios de recolección de adultos y estados inmaduros de *Heilipus elegans*.

MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	VEREDA/ CORREGIMIENTO	COORDENADAS	MSNM
Fresno	Tolima	La Sierra y Aguas Claras	5° 9' Latitud N 75° 0' Longitud W	1270-1370
Santa Rosa de Cabal	Risaralda	La María	4° 53' 06.60" Latitud N 75°39'30.95" Longitud W	2151
Manzanares	Caldas	San José	5° 15' 23.41" Latitud N 75°09'13.90" Longitud W	1939
Palestina	Caldas	Santágueda	5° 03' 54.46" Latitud N 75°39'46.86" Longitud W	1059

Fuente: Propia.

### Morfología externa de *Heilipus elegans* Guérin

**Adulto macho (Figs. 1 a 5).** Longitud del cuerpo tomada desde la margen anterior del protórax hasta el ápice de los élitros  $14,93 \pm 0,54$  mm, (n=17; rango 14,12 - 14,86 mm); color negro brillante. Sobre el dorso y en los bordes del pronoto y de los élitros se observan manchas amarillas con márgenes un poco más claras, casi blancas. Élitros negros, exhiben estrías longitudinales originadas por pequeñas perforaciones dispuestas en secuencia regular, en el interior de estas se proyectan desde la base una o dos setas diminutas.

**Cabeza:** (Figs. 1 A-2A). Pequeña en comparación con el resto del cuerpo, se destacan los ojos compuestos, oscuros, ocupan la mayor parte de ésta y sobresalen del contorno del rostro; demarcados por la base del pico lo cual les da un aspecto característico recurvado. Pico fuerte, largo y curvo especialmente en su margen interna, base amplia, cubierta de setas pequeñas, exhibe poros amplios, notorios, con setas diminutas en el interior. El escrobo antenal forma una ranura que se extiende un poco más allá de la mitad basal del rostro.

**Antenas:** (Fig. 2C). De once artejos, típicamente geniculadas, se proyectan desde un

poco más allá de la mitad basal del pico. Escapo (segmento I), cilíndrico, alargado, liso, angosto en la base, amplio en la zona distal. Funiculo (segmentos II-VIII) con los artejos II y III un poco más largos y amplios que los cinco restantes; se destacan tres a cinco setas largas en el extremo distal; los artejos IV-VIII de longitud y forma casi idéntica, presentan en su sección media entre dos a cuatro setas largas. Clava (segmentos IX, X y XI) amplia, más larga que ancha, segmentos IX y X el doble de largos que el segmento XI, que remata en punta un tanto aguda, de tres segmentos, con unas cuantas setas largas y abundantes setas pequeñas distribuidas de manera uniforme.

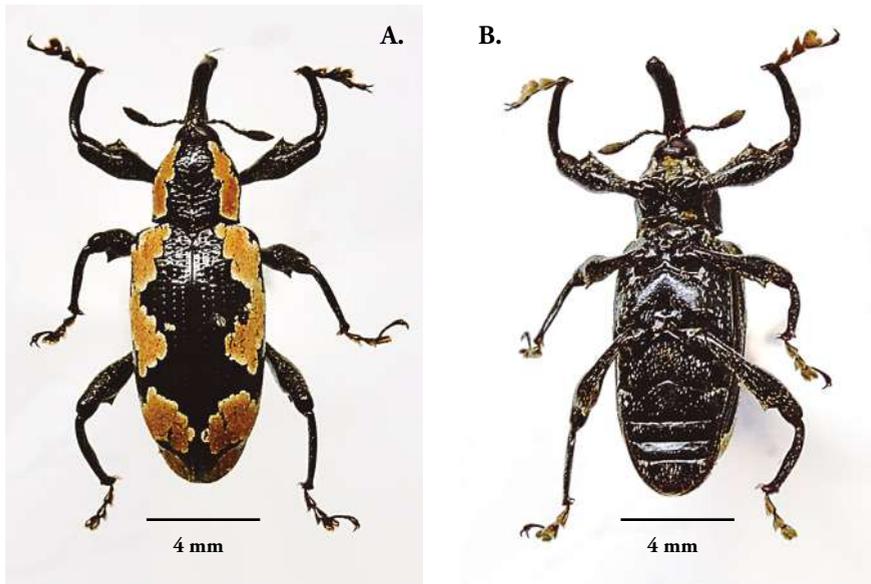
**Mandíbulas:** (Fig. 2C). Fuertemente esclerosadas, muy pequeñas, recurvadas, negras, con cóndilo basal que permite la inserción en el extremo del pico, en la sección molar se aprecia una muela pequeña; la pieza remata con dos incisivos puntiagudos en el extremo apical.

**Tórax:** Pronoto (Fig. 4C) más ancho que largo, sinuoso en la base, margen anterior convexa, exhibe un par de manchas simétricas a cada lado, constituidas por escamas diminutas, alargadas, de color amarillo, el acercamiento permite ver los bordes más claros. Prosterno (Fig. 3A) con bordes ondulados (bilobulado), cóncavo en la margen anterior y sinuoso en la base, muestra numerosas setas bien distribuidas en toda su extensión, coxas más amplias que las restantes meso y metatorácicas, ovaladas, abiertas en “V”; Meso-metatórax (Fig. 2C) presentan abundantes setas distribuidas uniformemente. Coxas anteriores (Figs. 1A, 2B, 3B) amplias-ovaladas; medias, alargadas-estrechas y posteriores (Fig. 3B), transversalmente ovaladas y más grandes que las coxas anteriores y medias. Propata (Fig. 3C) con trocánter pequeño y triangular en la base; fémur robusto, más amplio en el centro, un poco más angosto en la sección posterior, presenta un diente fuerte en su margen interna muy característico; tibia delgada, redondeada, excede la longitud del fémur, presenta poros en su superficie y el uncus tibial cerca de la inserción del tarso; tarso (Figs. 3 D-E) con cinco tarsómeros, el tarsómero basal (I) es más corto que el tarsómero II, el III es bilobulado, el IV es redondeado, diminuto, normalmente queda oculto entre el tarsómero III, el tarsómero V es alargado y porta las dos uñas largas, curvas y afiladas. Élitros (Figs. 1 A, 4 B) rectos en vista dorsal, cubren desde el mesotórax hasta el último segmento abdominal mismo que enmarcan en un aspecto convexo, a cada lado presentan tres manchas amplias, asimétricas, una grande, se alarga desde la base hasta más allá del tercio distal, una intermedia, ancha que ocupa desde la margen hasta el centro y una relativamente pequeña hacia el final del abdomen, están constituidas por diminutas escamas, alargadas, de color amarillo claro, igualmente se diferencian diez estrías en cada uno de ellos marcadas por poros diminutos en secuencia longitudinal. Alas posteriores (Fig. 4 D) amplias, membranosas, transparentes, cuatro veces más largas que anchas, terminan en punta. La venación es reducida debido a que no son buenos voladores, se observan las venas costal, subcostal, radial, medial, cubital y anal.

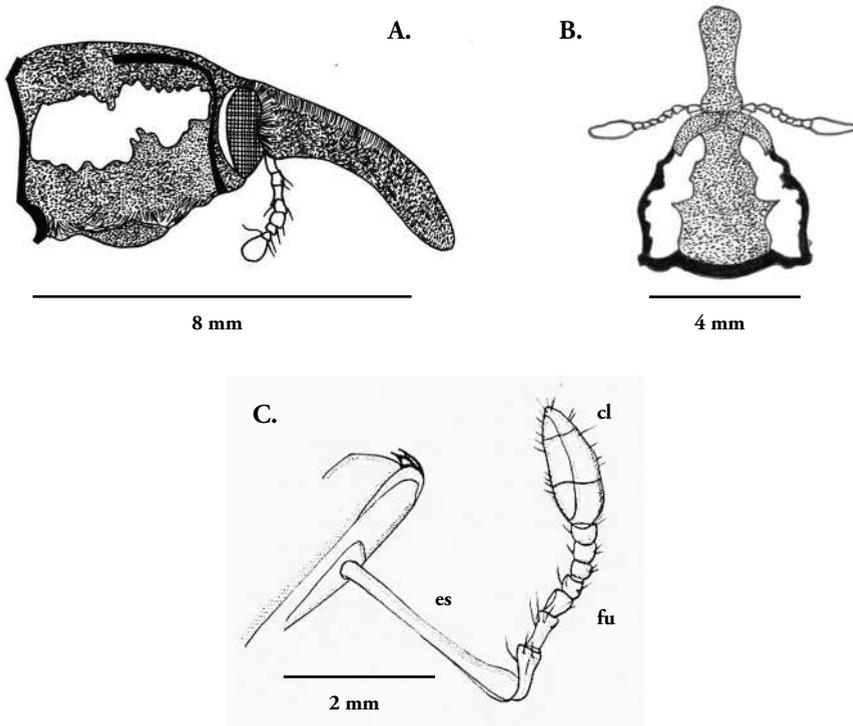
**Abdomen:** Ventralmente muestra cinco esternitos bien diferenciados (Fig. 1 B; 4

A), margen anterior sinuosa, presenta abundantes setas distribuidas uniformemente. Los esternitos I y II son más grandes con respecto a los demás, tan anchos como los esternitos III y IV fusionados, en ellos se observan setas en toda la superficie; esternitos III y IV de longitud menor. La margen basal de los esternitos III, IV y V está claramente diferenciada por una secuencia de setas cortas, finas y dejan un área desnuda en el centro. Esternito V de forma cónica. Dorsalmente se observan seis tergitos (Fig. 4A), el tergito VI se une con el esternito V con aspecto curvo en vista lateral; el tergito IV presenta una sutura longitudinal, que remata en una punta aguda y divide la pieza en dos, tergito V convexo en la margen posterior; apicalmente bilobulado. Edeago (Fig. 5 D, E, F) muy esclerosado, de color marrón oscuro, de 2.5 mm de longitud y ancho de 0.7 mm máximo. Forma alargada, estilizada, fuertemente recurvado en vista lateral, exhibe una profunda concavidad en su cara interna, extremo distal triangular, algo romo. Saco interno membranoso, corto; apodemas alargados, más amplios en el extremo, de aproximadamente 2.5 mm de longitud. Tegmen (Fig. 5 G), con parámetros que miden 1.1 mm y manubrio de 0.47 mm de largo, ápice corto, amplio, truncado y anillo relativamente estrecho, más largo que ancho. Espícula gastrale (Fig. 5 H), de 3.2 mm de longitud, 0.3 mm de ancho, estrecha, más larga que el cuerpo del edeago, aspecto de ancla con la base bifurcada y zona distal con punta lanceolada.

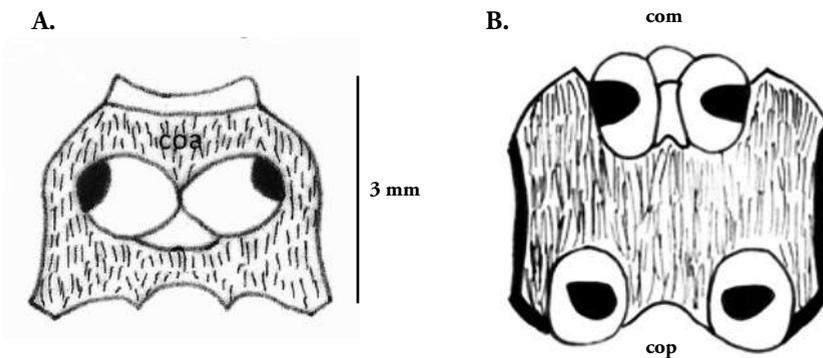
**Dimorfismo Sexual.** En términos generales no existen diferencias morfológicas



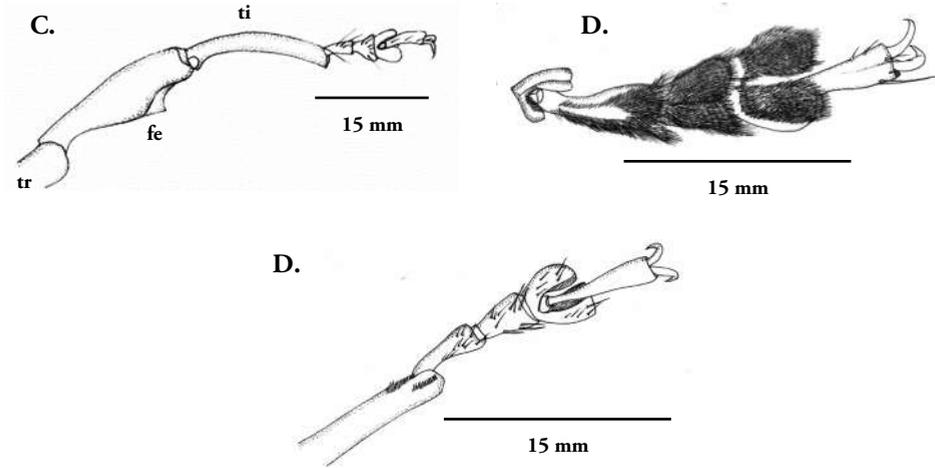
**Figura 1.** *Heilipus elegans*, adulto macho: **A.** Cuerpo en vista dorsal **B.** Cuerpo en vista ventral.



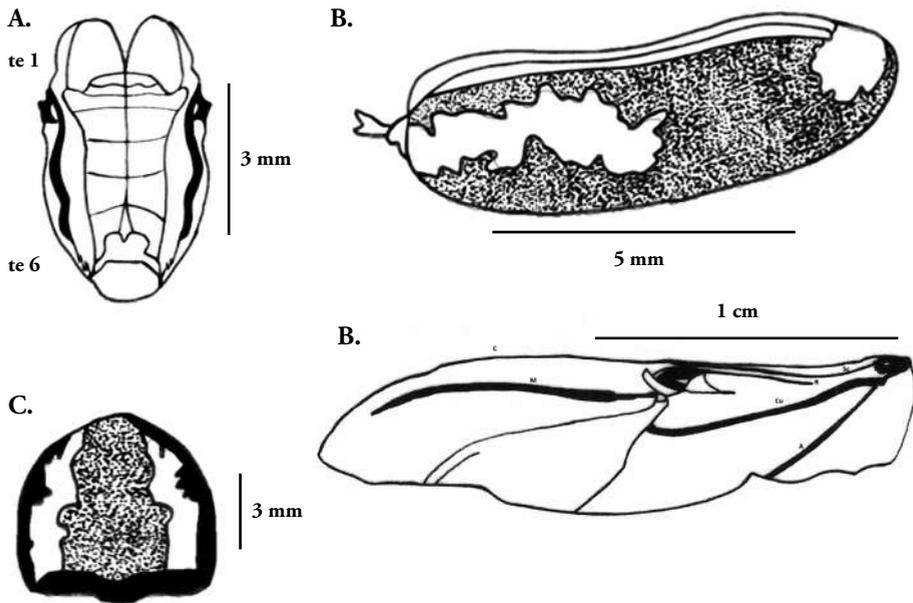
**Figura 2.** *Heilipus elegans*, adulto macho: **A.** Cabeza y pronoto, vista lateral; **B.** Cabeza y pronoto, vista dorsal; **C.** Antena. es = escapo; fu = funículo; cl = clava



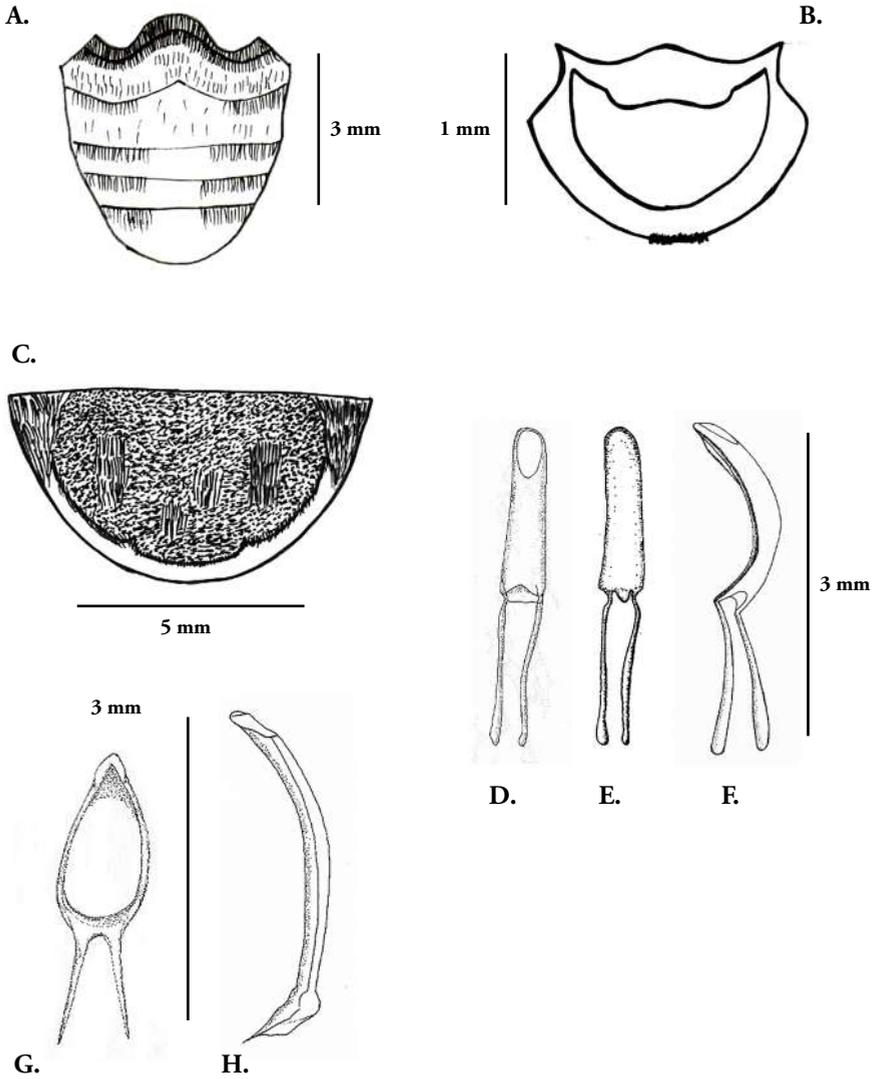
**Figura 3.** *Heilipus elegans*, adulto macho: **A.** Prosterno; **B.** Meso y metasterno.



**Figura 3.** C. Propata derecha; D. Tarso, vista ventral; D. Tarso, vista dorsal.  
 co= coxa; cocoa= coxa anterior; com= coxa media; cop= coxa posterior; fe= fémur; ti= tibia; tr= trocánter.



**Figura 4.** *Heilipus elegans*, adulto macho: A. Abdomen, vista dorsal; B. Élitro; C. Pronoto; D. Ala membranosa. te1= tergo abdominal I; te6= tergo abdominal VI; C=vena costal; Sc=vena subcostal; R=vena radial; M=vena medial; Cu=vena cubital; A=vena anal.



**Figura 5.** *Heilipus elegans*, adulto macho: **A.** Abdomen, vista ventral; **B.** Tergito VI; **C.** Esternito V; **D.** Edeago, vista dorsal; **E.** Edeago, vista ventral; **F.** Edeago vista lateral; **G.** Tegmen; **H.** Espícula gastrale .

significativas entre los dos sexos, salvo por las siguientes características: la hembra es un poco más grande que el macho, las antenas del macho (Figs. 1A-B, 2C) son un poco más pronunciadas que las de la hembra, especialmente en la clava que es un poco más amplia. La forma del extremo abdominal mostrado en el tergito VI (Fig. 4A), es un poco más curvo que en la hembra. No se notan diferencias predominantes entre las patas de ambos sexos.

**Larva madura.** (Fig. 6A). Ápoda eucéfala, longitud promedio  $22 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  (rango;  $n=10$ ). De color blanco marfil. Alargada, estrecha, cilíndrica no recurvada, sin ensanchamientos. El cuerpo presenta setas cortas y escasas de color marrón oscuro que se aclaran en el ápice. Tórax y abdomen provistos de pliegues y microespinas en el dorso, probablemente para facilitar el movimiento en el interior de las galerías (Rubio et al., 2009); igualmente, exhibe nueve pares de espiráculos bicamerales: uno ubicado en el protórax y los demás en los ocho primeros segmentos abdominales, lo cual es un carácter representativo de la familia Curculionidae (Stehr, 1991).

**Cápsula cefálica:** (Fig. 6 B) Tipo ortognata-hipognata, ovalada, fuertemente esclerosada, superficie lisa, de color marrón oscuro, amplitud de  $3.1 \pm 0.2 \text{ mm}$  y  $3.5 \pm 0.3 \text{ mm}$  de largo; suturas frontal y epicraneal presentes, forman una “Y” invertida, sus extremos basales coinciden con la base de las antenas. Frente amplia, triangular; en general la cápsula cefálica presenta dos pares de setas pequeñas ubicadas a la misma altura y en posición lateral (izquierda, derecha) de la región occipital, en el mismo sentido dos pares de setas más destacadas sobre el borde superior de las suturas frontal y craneal, pero igualmente en el espacio occipital; la frente muestra tres pares de setas distribuidas de manera equidistante, un par superior, un par medio y un par inferior.

**Antenas:** (Fig. 6 B) Reducidas, de un solo segmento (característico de la familia), situadas cerca del borde ventral entre las articulaciones mandibulares. Tienen un proceso cónico sensorial en el ápice acompañado de dos sensilas diminutas.

**Aparato bucal:** clípeo (Fig. 6 B) de forma trapezoidal, superficie glabra, brillante, no presenta sedas ni modificaciones cuticulares. Labro (Fig. 6 B), suspendido directamente del clípeo a través de la sutura clípeo labral; de forma semi-ovalada, horizontalmente exhibe dos hileras de sedas, la superior constituida por dos setas largas en posición central, la segunda hilera por cuatro setas cortas que se distribuyen desde el centro hacia los extremos. El borde distal describe un pequeño lóbulo característico, los bordes laterales quedan demarcados por las caras internas de las mandíbulas. La cara ventral del labro o epifaringe (Fig. 6 C), es igualmente semi-ovalada, simétrica, sinuosa y esclerosada. Desde la base de la pieza, dos procesos columnares se proyectan hacia los ángulos laterales, estos corresponden a las tormas; el espacio entre las tormas está demarcado primero por un grupo de cinco dientes pequeños y gruesos ubicados en el lóbulo superior. Seguidamente, las porciones laterales exhiben cada una, cuatro

colmillos largos que demarcan una sección cóncava central que se invagina hasta la base de la estructura. Mandíbulas (Figs. 7 A-B), de forma asimétrica, subtriangular, cóncavas; de color marrón en el centro, más oscuras en los bordes, fuertemente esclerosadas. La zona basal presenta tres muelas, la primera y la tercera bien definidas, la central un poco más pequeña; la zona distal incisiva exhibe tres dientes, el primero muy afilado, los siguientes con bordes afilados. Un cóndilo basal y amplio facilita la articulación con el cráneo. Maxilas (Fig. 7 C), cardo, estípite, mala (gálea y lacinia fusionadas) y palpos maxilares presentes. El cardo es alargado, semi-rectangular, más largo que ancho. El estípite permite ver tres setas largas y amplias: la primera en la margen basal, la segunda muy larga y la tercera un tanto más corta pero igualmente amplia, ubicada en la sección distal desde la cual se proyecta el palpo maxilar, que en este caso es de dos segmentos; gálea (cara externa) más amplia que la lacinia, poco esclerosada; lacinia (cara interna) esclerosada, la sección distal con varias hileras de ocho a nueve pequeños colmillos amplios y afilados. Labio (Fig. 7 C), pequeño en contraste con las demás piezas bucales; con cuatro colmillos pequeños pero amplios en su zona distal; los palpos labiales constituidos por dos segmentos. La hipofaringe de forma irregular, cóncava, relativamente esclerosada y característicamente glabra.

**Tórax.** Espiráculos protorácicos (Fig. 8 A) con las siguientes dimensiones  $0.33 \pm 0.1$  mm de ancho y  $0.24 \pm 0.05$  mm de largo (medidas tomadas a un aumento de 596X); espiráculos ausentes en el meso y metatórax. Protórax con un par de setas dorso-laterales largas, dos pares de setas pleurales largas y dos pares de setas ventro-laterales cortas. Meso y metatórax similares en longitud, mesotórax con dos pares de setas dorso-laterales, una larga y una corta, un par de setas ventro-laterales largas y un par de setas pleurales largas; metatórax con tres pares de setas dorso-laterales largas y un par de setas pleurales cortas. Secuencias de espinas diminutas esclerosadas, de color marrón oscuro, dispuestas en hileras longitudinales que abarcan la sección dorsal y ventral de los segmentos torácicos y abdominales.

**Abdomen:** Diez segmentos (Fig. 6 A); segmentos I al VIII con hasta cuatro pliegues dorsales y un par de setas dorso-laterales largas y finas. Segmentos IX y X muy pequeños con respecto a los demás, de textura lisa, setas ventrales y pleurales escasas y diminutas; segmento X con cuatro lóbulos anales. En vista lateral, los segmentos I al VIII permiten ver los plegamientos dorsales y ventrales. En la región pleural se extiende una membrana que permite la inserción de los espiráculos, los cuales se caracterizan por la diferencia del tamaño y por su color marrón claro. Espiráculos abdominales (Fig. 8 B) con dimensiones promedio de  $0.34 \pm 0.1$  mm de ancho y  $0.29 \pm 0.05$  mm de largo (medidas tomadas a un aumento de 652X). En los espiráculos de los segmentos abdominales I-VII (Figs. 8 B-E) se aprecia fácilmente el peritrema con una consistencia rugosa y la válvula en forma de "Y". Espiráculos I y V redondeados, proporcionalmente iguales en longitud: 0.3 mm de ancho por 0.3 mm de largo, espiráculos del segmento abdominal VII de mayor dimensión con respecto a los

demás: 0.4 mm de ancho por 0.2 mm de largo, ovalado y alargado. Segmento VIII con espiráculos más pequeños y característicamente en posición dorsal.

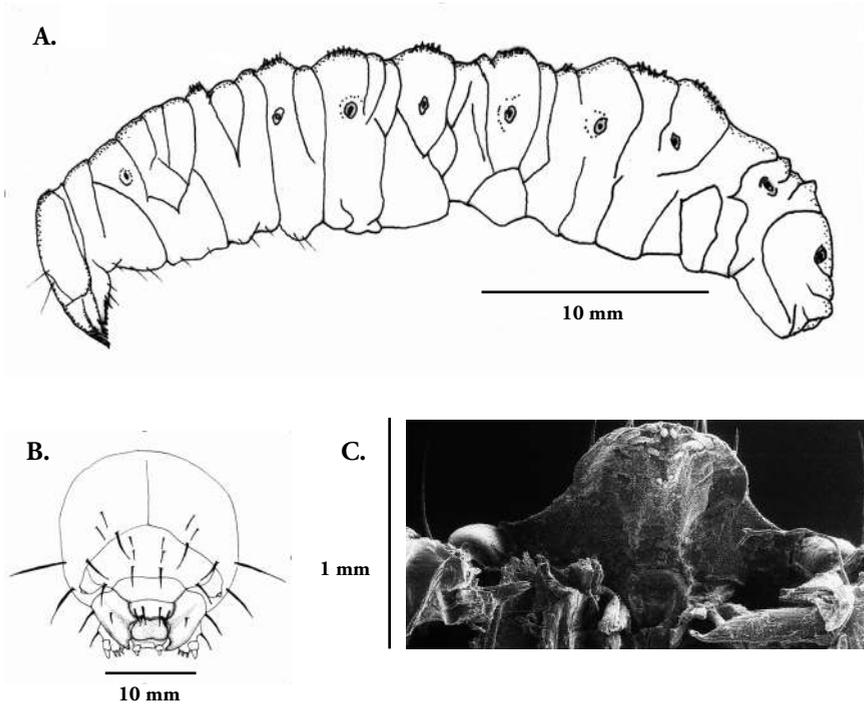
**Pupa.** (Fig. 9) Longitud promedio  $14 \pm 0.8$  mm (Rango; n=8), de color blanco marfil, tipo exarada, adéctica, forma ovalada alargada, superficie glabra. Se reconoce fácilmente el rostro, aparato bucal, pterotecas y, patas.

**Cápsula cefálica:** en posición ventral cubriendo el protórax; tanto el pico como las antenas se diferencian fácilmente. Antenas de once segmentos, el escapo (segmento I) alargado, ensanchado en la zona distal donde se une con el pedicelo (segmento II). Funiculo (segmentos II-VIII) de forma y dimensiones más o menos iguales. Clava formada por los segmentos IX, X y XI, amplía en el centro y estrecha en la región superior; en la parte anterior del pico se observa un par de tubérculos setíferos iguales y simétricos a cada lado y hay cinco pares de setas largas dispuestas en longitudinalmente.

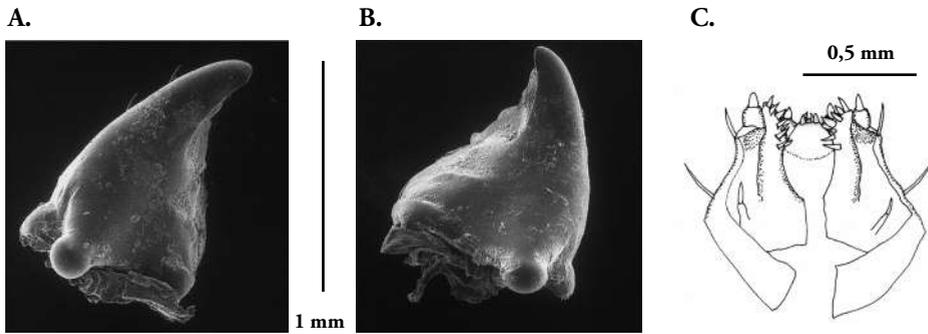
**Tórax.** Protórax ovalado, ancho, margen anterior del dorso cóncava, con dos pares de tubérculos setíferos alineados paralelamente e iguales en tamaño. Meso y metanoto glabros, diferentes en longitud, el metanoto es de mayor tamaño, trapezoidal, con la margen anterior bilobulada, la margen anterior del mesonoto recta, hacia los lados se perciben las pterotecas. En vista ventral se diferencian las tecas alares y elitrales, los tres pares de patas muestran un tubérculo setífero en el fémur. Coxas ovaladas, glabras; fémur robusto, amplio en el centro; tibia delgada, de longitud aproximada a la del fémur, revelan numerosas setas distribuidas uniformemente, se observa una espuela tibial en la inserción con los tarsos; tarso con cinco tarsómeros, aunque aparenta cuatro difíciles de apreciar, tarsómero basal más pequeño que los restantes, tarsómeros II y III bilobulados.

**Abdomen:** En vista dorsal se observan ocho segmentos, los segmentos I al VI son casi iguales en tamaño, el segmento VII tiene aproximadamente el doble de tamaño en relación con los otros segmentos, el segmento VIII es el de menor tamaño. Los segmentos VI y VIII cuentan con un par de tubérculos setíferos laterodorsales cortos, el segmento VII presenta un par de tubérculos setíferos anterodorsales y tres tubérculos setíferos seguidos hacia la región posterior. Segmentos I al V con un par de espiráculos laterales. En vista dorsal, se aprecian ocho segmentos completamente glabros.

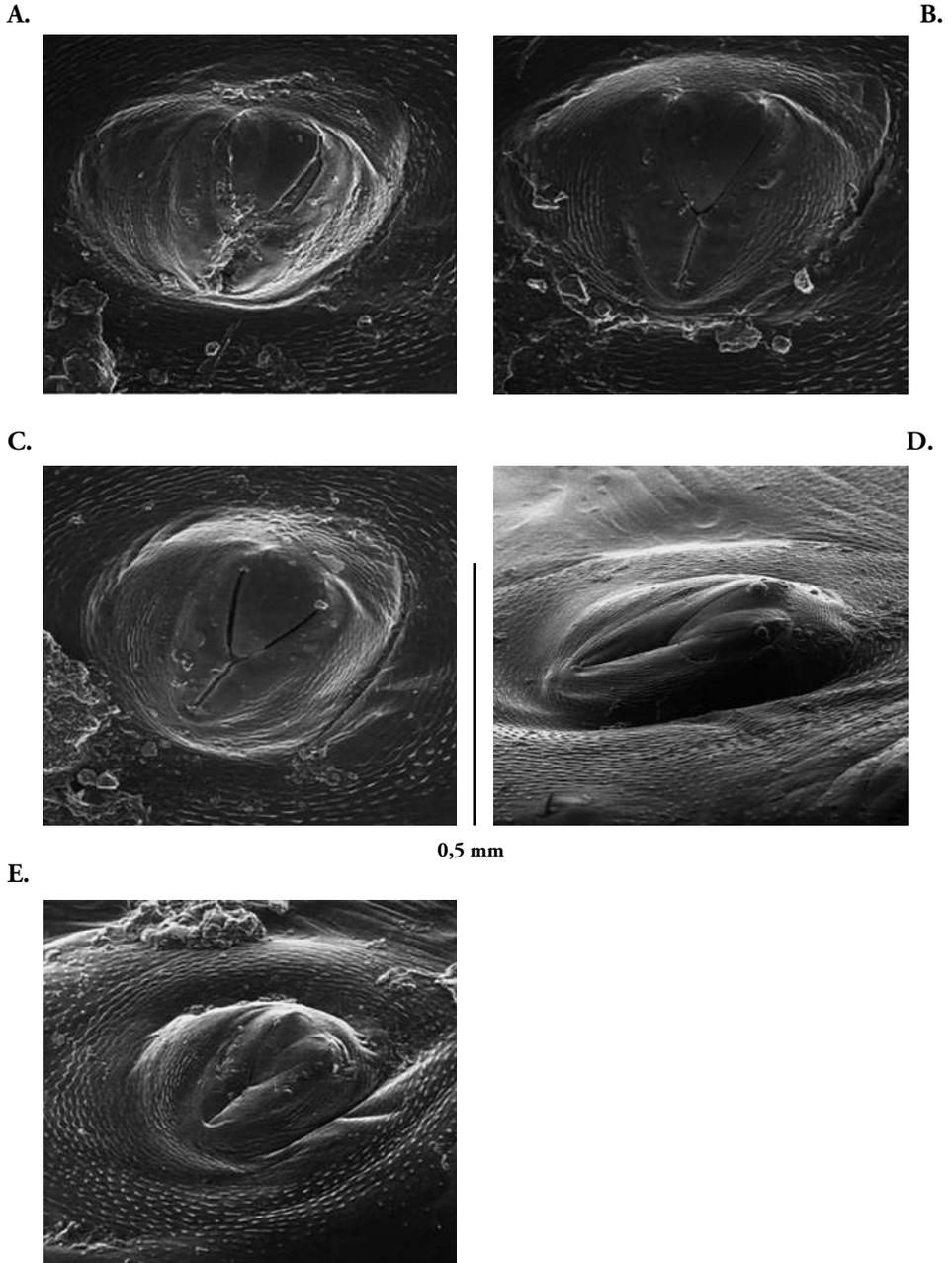
## **Discusión**



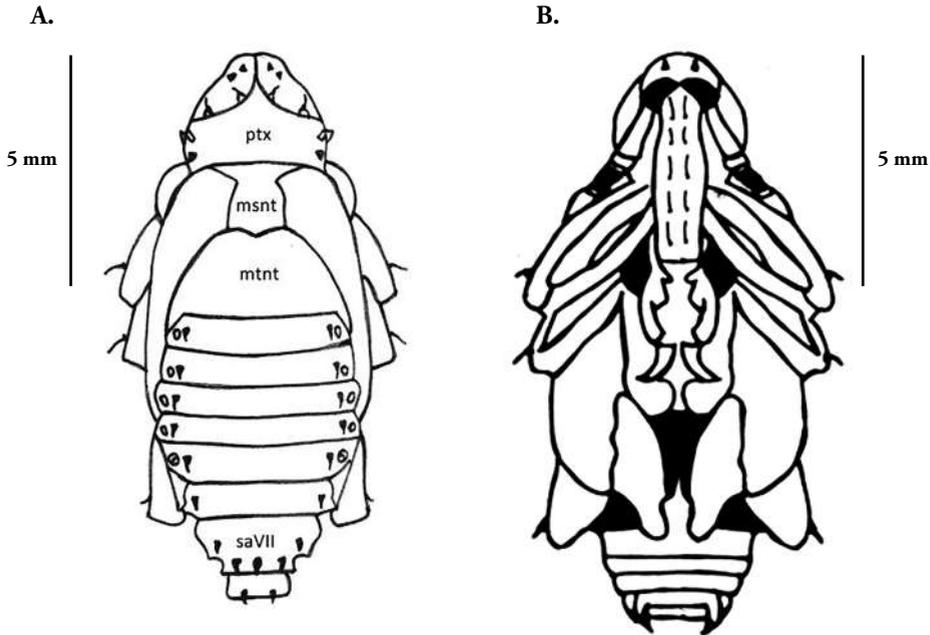
**Figura 6.** *larva madura*: A. Cuerpo, vista lateral; B. Cápsula cefálica, C. Epifaringe.



**Figura 7.** *Heilipus elegans*, larva madura. A. Mandíbula izquierda, vista dorsal; B. Mandíbula derecha, vista dorsal; C. Maxilas, labio-hipofaringe.



**Figura 8.** *Heilipus elegans*, larva madura: **A.** Espiráculo protorácico; **B.** Espiráculo abdominal I; **C.** Espiráculo abdominal III; **D.** Espiráculo abdominal VII, **E.** Espiráculo abdominal VIII



**Figura 9.** *Heilipus elegans*, Pupa: A. Vista dorsal; B. Vista ventral. msnt= mesonoto; mtnt= metanoto; ptx= protórax; saVII= segmento abdominal VII

Se puede considerar que el patrón morfológico del adulto de *Heilipus elegans* comparte semejanzas con el de otras especies del mismo género, como *H. lauri* (García, 1962; Castañeda 2008; Díaz-Grisales et al., 2017), *H. odoratus* (Vanin & Gaiger 2005) y *H. trifasciatus* (Santos-Murgas et al. 2014), no obstante la franja de color amarillo que *H. elegans* presenta en sus élitros (Fig. 1A), puede variar entre las poblaciones, se pudo constatar que esta franja puede estar constituida por una macha grande e incluso dos muy cercanas en posición basal para extenderse hasta el final del abdomen con otras dos, todas con bordes claros e irregulares, formadas por escamas cortas, gruesas y de forma ovalada; igualmente poros notorios dispuestos en líneas longitudinales y en secuencia regular marcados por las estrías características, pico largo y curvo.

En la descripción de *H. elegans* de Guérin (1844), coincidimos en los siguientes aspectos: “longitud 14 a 17 mm, manchas del pronoto amarillas con bordes más claros, casi blancos”, pero difiere con nosotros cuando menciona “color rojizo del cuerpo, inserción de las antenas cerca de la mitad del rostrum”; en este caso, consideramos color negro brillante para el cuerpo del insecto que contrasta con el

color de las escamas, las estrías elitrales y la inserción de las antenas un poco más allá de la mitad basal del pico.

Por otro lado, la literatura registra muy poca información sobre la larva y la pupa, en Colombia Rubio et al.(2009) destacan aspectos que relacionan el daño y la biología de esta especie, pero presentan de manera sucinta los aspectos para validar la morfología de la larva y la pupa, en este sentido este documento ofrece información más amplia al presentar ilustraciones a escala, microscopía electrónica y análisis más detallado de las piezas morfológicas clave para avanzar en el conocimiento del grupo en especial para las poblaciones de Colombia.

Castañeda-Vildózola et al. (2009) reconocen a *Persea schiedeana*, árbol silvestre de la familia Lauraceae con fruto muy parecido al aguacate, como nuevo hospedero de *Heilipus lauri*. En Colombia, *Heilipus lauri* es considerada la plaga predominante en aguacate, su presencia ha sido registrada en Antioquia, Caldas, Cauca, Quindío, Risaralda, Tolima, Santander y Valle del Cauca (Urueta 1976; Vergara & Varela 1980; Núñez 1983; Cárdenas 1984c; García et al., 1983; Diaz-Grisales et al., 2017), este ataca generalmente los frutos y en ocasiones las ramas. *H. elegans* se ha encontrado en mayor proporción en los municipios de Fresno y Santa Rosa de Cabal, departamentos de Tolima y Risaralda respectivamente, atacando el tallo de árboles de aguacate. Según Rubio et al. (2009), la mayoría de las variedades cultivadas (Lorena, Choquette, Santana, Booth 8, Trinidad) presentaron daños severos, mostrando síntomas de defoliación y marchitez; el daño causado por el insecto se evidencia por exudaciones en la base del árbol y coloraciones rojizas en el orificio de entrada de las galerías, este “anilla” el árbol, causando el deterioro de la corteza y por ende la muerte del mismo.

Aunque este documento se basa fundamentalmente en el análisis morfológico de *H. elegans*, no se puede pasar por alto su importancia agroecológica, nos parece muy importante abordar aspectos transversales a la biología del grupo, esto es darle cabida a la genética y la bioquímica, ir cada vez más al campo para analizar los ciclos de vida, fenología y el comportamiento; esperamos que la investigación científica alcance el valor social y económico esperado para el desarrollo de la agricultura.

## **Autores**

Yessica Gómez López: Asesoría en la toma de fotografías de microscopía electrónica, elaboración de ilustraciones y redacción del texto.

José David Rubio Gómez: Trabajo de campo, consecución del material entomológico, seguimiento del ciclo de vida.

Luis Fernando Vallejo Espinosa: Asesoría en la toma de fotografías de microscopía electrónica, elaboración de ilustraciones, redacción y corrección del texto.

## **Agradecimientos**

Los autores expresan su agradecimiento al señor Misael Salgado Morales, por su labor de asistencia en el Laboratorio de Entomología de La Universidad de Caldas-LEUC.

Al señor Gustavo Adolfo Bolaños Gallardo por su asesoría en la preparación y la toma de imágenes en el microscopio electrónico de la Universidad de Caldas.

## Referencias Bibliográficas

- AGRONET. 2017. Producción agrícola departamental en la cadena Aguacate y su Industria durante el periodo comprendido entre 2016-2017. Disponible en: [https://www.agronet.gov.co/Documents/10-AGUACATE\\_2017.pdf](https://www.agronet.gov.co/Documents/10-AGUACATE_2017.pdf). [Fecha de revisión: 13 de mayo de 2019].
- Blackwelder, R. E., 1947. Checklist of the coleopterous insects of México, Central America, The West Indies, and South America. *U.S. National Museum Bulletin*, 185 (5): 765-921
- Cárdenas, M. R., 1984 a. *Plagas en aguacate. Notas y Noticias Entomológicas*. Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Entomología. Bogotá. Mayo-Junio.
- Cárdenas, M. R., (1984 b). Plagas del aguacate. Notas y Noticias Entomológicas. Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Entomología. Bogotá. Julio-Agosto. Cárdenas, M. R., 1984 c. Identifican Picudo. Notas y Noticias Entomológicas. Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Entomología. Bogotá. Septiembre-Octubre.
- Castañeda-Vildózola, A.; Valdez-Carrasco, J., Equihua-Martínez, A.; González-Hernández, H.; Romero-Nápoles, J.; Solís-Aguilar, J.F. & Ramírez-Alarcón, S. 2007. Genitalia de tres especies de *Heilipus Germar* (Coleoptera: Curculionidae) que dañan frutos de aguacate (*Persea americana* Mill) en México y Costa Rica. *Neotropical Entomology*, 36(6): 914-918.
- Castañeda, A. 2008. *Bioecología del barrenador grande de la semilla del aguacate Heilipus lauri Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en la región central de México*. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México, 83 p.
- Castañeda-Vildózola, A. C.; 2009. *Persea schiedeana* Nees. (Lauraceae), nuevo hospedero de *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en Veracruz, México. *Neotropical Entomology*; 38 (6): 871-872.
- Comité Estatal De Sanidad Vegetal Del Estado De México (Cesavem). (2010). Manejo Fitosanitario del Aguacate. Disponible en: <http://www.cesavem.org/index.php?accion=aguacate.html>. [Fecha de revisión: 30 de mayo de 2016].
- Champion, G. C. 1902. Insecta. Coleoptera. Rhynchophora. Curculionidae. Curculioninae (part). *In Biología Centrali-Americana*, vol. 4, pt. 4 y 5, F. D. Godman y O. Salvin (eds.). Porter. Londres. Costa- Lima, A. da. 1956. *Insetos do Brasil. Coleópteros, 4.ª e última parte*. Escola Nacional de Agronomia, Brasil, 373 p.
- Craw, R.C. 1999. Molytini (Insecta: Coleoptera: Curculionidae: Molytinae). *Fauna of New Zealand Number 39*. Manaaki Whenua Press. Lincoln, Canterbury, New Zealand, 68 p.
- Díaz, V., Caicedo, A. M. y Carabali, A. 2017. Ciclo de vida y descripción morfológica de *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en Colombia. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 33(2), 231-242.
- Díaz-Grisales, V.; Equihua-Martínez, A.; Romero-Nápoles, J. & Vallejo-Espinosa, L. F. 2020. Contribuciones al conocimiento de *Heilipus trifasciatus* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) en Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 19(2): 28-34.
- Díaz, V., Equihua-Martínez, A., Romero-Nápoles, J., Valdezcarasco, J. & Vallejo-Espinosa, L. F. 2021 Nuevos registros de especies y un hospedero vegetal del género *Heilipus* Germar (Curculionidae: Molytinae: Hylobiini) para Colombia. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 37, 1- 12. 10.21829/azm.2021.3712334 elocation-id: e3712334.
- García, P. 1962. *Heilipus lauri* Boheman un barrenador de la semilla o hueso del aguacate en México. Tesis de pregrado. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México, 107 p.
- Germar, R. F.; De Gutiérrez, B. & Pulido, J. 1983. Más sobre un picudo. *Notas y Noticias Entomológicas*. Enero- Febrero.
- Germar, E. F.; 1824. *Insectorum species novae aut minus cognitae, descriptionibus illustrate*. Halae, Impensis J. C. Hendelii et filii. 624 p.
- Kuschel, G. 1955. Nuevas sinonimias y anotaciones sobre Curculionioidea (Coleoptera). *Revista Chilena de Entomología* (4): 261-312
- May, B. M. 1993. Larvae of Curculionioidea (Insecta: Coleoptera): a systematic overview. *Fauna of New Zealand Number 28*. Manaaki Whenua Press. Lincoln, Canterbury, New Zealand, 226 p.
- Marvaldi, A. E. (2003). Key to larvae of the South American subfamilies of weevils (Coleoptera, Curculionioidea). *Revista Chilena de Historia Natural*, 76, 603-612.
- Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural De Colombia. 2018. Cadena de aguacate, Indicadores e instrumentos. Disponible en: <https://imgcdn.larepublica.co/cms/2018/09/26180443/Aguacate.pdf?w=auto-> [Fecha de revisión: 13 de mayo de 2019].
- Morrone, J. J. 1999. Lista de las especies mexicanas de Molytinae (Coleoptera: Curculionidae). *Dugesiana* 6 (2): 51-67.
- Oberprieler, R. G., Marvaldi, A. E., Anderson, R. S. 2007. Weevils, weevils, weevils everywhere. *Zootaxa* (1668): 491-520.
- O'Brien, C. W., & Wibmer, G. J. 1982. Annotated checklist of the weevils (Curculionidae *sensu lato*) of North America, Central America and the West Indies (Coleoptera: Curculionioidea). *Memoirs of the American Entomological Institute*, 34: 1-382.
- Peterson, A. 1951. *Larvae of insects. An Introduction to Nearctic Species. Part II*. Coleoptera, Diptera, Neuroptera, Siphonaptera, Mecoptera, Trichoptera. Columbus, Ohio: A. Peterson, 416 pp.
- Pierce, W. D. 1939. The dodder and its insects. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences. Los Angeles*, (38): 43-53.
- Rubio, J. D., Posada, F. J., Osorio, O. I., Vallejo, L. F. López, J. C. 2009. Primer registro de *Heilipus elegans* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Curculionidae) atacando el tallo de árboles de aguacate en Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad &*

- Divulgación Científica* 12(1): 59-68.
- Santos-Murgas, A.; Carranza, R.; López, O. 2014. Nuevos aportes al conocimiento para *Heilipus trifasciatus* (Coleoptera: Curculionidae) encontrados en *Persea americana* (Lauraceae), Panamá. *Revista científica CENTROS, Universidad de Panamá*. Vol 3 (1): 94-105.
- Schönherr, C. J. . Tabulae synopticae familiae curculionidum (continuatio). Isis von Oken, 5: columns 581-588.
- Sousa, W.O. De., Santos, G.B. & Rosado-Neto, G.H. 2004. Aspectos morfológicos de *Pseudopiazurus obesus* (Boheman) e considerações sobre a sinonímia com *Pseudopiazurus papayanus* (Marshall) (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Biológica Paranaense*, 33, 167-179.
- Stehr, F. 1991. *Immature Insects*. Volume 2. Michigan State University. 974 P.
- Urueta, E. 1976. Registro de nuevas plagas en Antioquia. *Notas y Noticias Entomológicas*. Enero-febrero.
- Vallejo, L. E., Sánchez, R. & Salgado, M. 2007. Redescrípción del adulto y descripción de los estados inmaduros de *Cosmopolites sordidus* Germar, 1824 (Coleoptera: Curculionidae), el picudo negro barrenador del plátano en Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*. 11, 361-375.
- Vanin, S. A.; Gaiger, F. 2005. A new spermophagous species of *Heilipus* Germar from the Amazonian region (Coleoptera, Curculionidae, Molytinae). *Revista Brasileira de Entomologia* 49 (2): 240-244.
- Vergara, R.; Varela, A. L. 1980. Pasador de frutos. *Notas y Noticias Entomológicas*. Julio- Agosto.
- Wibmer, G. J.; O'brien, C. W. 1986. Annotated checklist of the weevils (Curculionidae *sensu lato*) of South America (Coleoptera, Curculionoidea). *Memoirs of the American Entomological Institute*, (N° 39).



***Eurhizococcus colombianus* Jakubski (1965) (Hemiptera: Margarodidae): Evaluación de su control biológico utilizando una mezcla de los nematodos entomopatógenos *Steinernema* (Rhabditida: Steinernematidae) y *Heterorhabditis* (Rhabditida: Heterorhabditidae)\***

Ana María Restrepo-García<sup>1</sup>, Laura Bernal-Arias<sup>2</sup>, Alberto Soto-Giraldo<sup>3</sup>

## Resumen

**Objetivos:** Aislar nematodos entomopatógenos (NEP) nativos y evaluar la patogenicidad de la mezcla de *Steinernema* sp. y *Heterorhabditis* sp. sobre *Eurhizococcus colombianus* en condiciones de laboratorio. **Alcance:** La mezcla de los nematodos entomopatógenos nativos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* controlan eficientemente a *E. colombianus*. **Metodología:** Se aislaron NEP nativos utilizando larvas de *Galleria mellonella* como insecto trampa, se mezclaron ambos nematodos y se evaluó su patogenicidad sobre los estados de desarrollo de *E. colombianus*. **Resultados:** Se aislaron y mezclaron NEP nativos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis*. Veinticuatro h después de la infestación sobre hembras de *E. colombianus* se presentó mortalidad del 95% en la dosis de 100JI/ 25µl, mientras que a las 192 h la mortalidad fue del 100% en las dosis de 10 y 100 JI/ 25µl. Cuando los NEP se aplicaron sobre los quistes de *E. colombianus* en dosis de 10, 100 y 1000 JI/ 25 µl, el rompimiento de estos fue del 43%, 21% y 24%, respectivamente. **Conclusiones:** La mezcla de los NEP aislados controlan eficientemente los estados de desarrollo de *E. colombianus* en las dosis evaluadas.

**Palabras clave:** Perla de tierra; control biológico; manejo integrado de plagas.

***Eurhizococcus colombianus* Jakubski (1965) (Hemiptera: Margarodidae): Evaluation of its biological control using a mixture of the entomopathogenic nematodes *Steinernema* (Rhabditida: Steinernematidae) and *Heterorhabditis* (Rhabditida: Heterorhabditidae)**

## Abstract

**Objectives:** To isolate native entomopathogenic nematodes (NEP) and evaluate the pathogenicity of the mixture of *Steinernema* sp. and *Heterorhabditis* sp. on *Eurhizococcus colombianus* under laboratory conditions. **Scope:** The mixture of native entomopathogenic nematodes of the *Steinernema* and *Heterorhabditis* genera efficiently control *E. colombianus*.

\*FR: 11-V-2021. FA: 30-VIII-2021.

<sup>1</sup> Ingeniera Agrónoma, Manizales, Caldas, Colombia, E-mail: anitmarie@hotmail.com  
 orcid.org/0000-0002-9596-320X **Google Scholar**

<sup>2</sup> Estudiante Ingeniería Agronómica, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia, E-mail: laura.501421149@ucaldas.edu.co  
 orcid.org/0000-0002-4608-5383

<sup>3</sup> I.A., M.Sc., Ph.D. Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. E-mail: alberto.soto@ucaldas.edu.co

 orcid.org/0000-0002-9727-8919 **Google Scholar**

## CÓMO CITAR:

Restrepo-García, A. M., Bernal-Arias, L. y Soto-Giraldo, A. (2022). *Eurhizococcus colombianus* Jakubski (1965) (Hemiptera: Margarodidae): Evaluación de su control biológico utilizando una mezcla de los nematodos entomopatógenos *Steinernema* (Rhabditida: Steinernematidae) y *Heterorhabditis* (Rhabditida: Heterorhabditidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1),155-168. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.11>



**Methodology:** Native NEPs were isolated using *Galleria mellonella* larvae as a trap insect, both nematodes were mixed and their pathogenicity was evaluated on the development stages of *E. colombianus*. **Results:** Native NEPs of the *Steinernema* and *Heterorhabditis* genera were isolated and mixed. Twenty-four h after the *E. colombianus* infestation on females, mortality of 95% was presented at the dose of 100 JI / 25µl, while at 192 h mortality was 100% in the doses of 10 and 100 JI / 25µl. When NEPs were applied to *E. colombianus* cysts in doses of 10, 100 and 1000 JI / 25 µl, their rupture was 43%, 21% and 24%, respectively. **Conclusions:** The mixture of the isolated NEPs efficiently control the development stages of *E. colombianus* at the doses evaluated.

**Key words:** Ground pearl; biological control; integrated pest management.

## Introducción

*Eurhizococcus colombianus* (Hemiptera: Margarodidae), conocido como “perla de tierra”, es considerado una de las plagas más limitantes en cultivos de mora (*Rubus glaucus*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), lulo (*Solanum quitoense*), manzano (*Malus domestica*), brevo (*Ficus carica*), aguacate (*Persea americana*), feijoa (*Feijoa sewolliana*), durazno (*Prunus persica*), fresa (*Fragaria* spp.), curuba (*Passiflora* spp.) y vid (*Vitis labrusca*), entre otros (Castrillón et al., 1998; Kondo & Gómez, 2008; Arévalo et al., 2012). La mora es el cultivo más afectado, atacando las raíces secundarias y terciarias, provocando la marchitez y secamiento de la planta, generando pérdidas en rendimientos entre el 40 al 47% (Castrillón et al., 2000; Guarín & Carvajal, 2002; Foldi, 2005, Castro et al., 2008; Ríos et al., 2010).

*E. colombianus* presenta hábito subterráneo, se adhiere a la raíz y chupa la savia, allí se reproduce y forma nudosidades o quistes que bloquean el paso del agua y de nutrientes en la planta (ICA, 2011). Los estados de vida del insecto son: huevo, ninfas y adultos, ocasionando daño el primer, segundo y tercer estadio ninfal, ya que los adultos carecen de aparato bucal (Teixeira et al., 2002; Foldi, 2005; Kondo & Gómez, 2008). Las plantas afectadas por *E. colombianus* se debilitan, se tornan cloróticas, detienen el crecimiento y producción, emiten pocos tallos, disminuyen la floración, los frutos se quedan pequeños y secos, pierden el follaje y se pueden morir (Guarín & Carvajal, 2002; ICA, 2011). Las medidas de control se deben implementar cuando la plaga se encuentra en las etapas de huevo y ninfa móvil (Arévalo et al., 2012); sin embargo, actualmente no se conoce un control efectivo para esta plaga, las características de su complejo ciclo de vida y el desconocimiento de su ecología nutricional y comportamiento, complica su control (Guarín & Carvajal, 2002; Meneses, 2015).

Para el control de *E. colombianus*, los agricultores aplican insecticidas químicos sintéticos, especialmente carbamatos y fosforados sin resultados satisfactorios, debido a la presencia de la cera que recubre los estadios ninfales (enquistamiento)

y también porque estas se ubican entre 10 a 30 cm de profundidad, lo que implica un incremento en los costos de producción y efectos ambientales adversos, de ahí la importancia de las medidas preventivas y del manejo integrado (Guarín & Carvajal, 2002; CIAT, 2010; ICA, 2011). Por lo tanto, se recomienda utilizar agentes de control biológico que puedan permanecer en la rizosfera por largos periodos de tiempo y que logren perturbar el hábitat donde estos se desarrollan (Arévalo et al., 2012; Aristizábal et al., 2015).

Los nematodos entomopatógenos (NEP) son habitantes naturales del suelo que parasitan artrópodos, principalmente insectos en estados inmaduros, siendo las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae las que presentan mayor eficiencia en el control de plagas (Cano, 2011; López & Soto, 2016). El ciclo de vida de los nemátodos consta de huevo, cuatro estados juveniles (J1 a J4) y adulto. Los juveniles infectivos (JI) ingresan al hospedero a través de sus aberturas naturales o heridas, una vez que alcanzan el hemocele liberan bacterias simbioses del género *Xenorhabdus* (Steinernematidae) y *Photorhabdus* (Heterorhabditidae), las cuales destruyen los tejidos internos del hospedero ocasionando la muerte del insecto por septicemia y posteriormente evidenciando una coloración típica de infección (amarilla o roja, respectivamente) (Poinar, 1979; Kaya & Stock, 1997; Burnell & Stock, 2000; Griffin et al., 2005; Burgos, 2017).

El presente estudio tuvo como objetivo aislar NEP nativos y evaluar la patogenicidad que presentan dichos organismos sobre *E. colombianus* en condiciones de laboratorio.

## Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación y Cría de Enemigos Naturales de la Universidad de Caldas (CICEN), ubicado en el municipio de Manizales, Colombia (coordenadas 5° 05' N y 75° 40' W) a temperatura ambiente (19 ± 2°C).

**Obtención de NEP nativos:** se seleccionaron diez sitios de la granja Tesorito de la Universidad de Caldas (Coordenadas 5° 01'47" N, 75° 26' 03" W), ubicada a 2280 msnm, 78% de HR, sembrados en mora y que presentaran alta infestación de *E. colombianus*. En cada sitio se tomaron cinco muestras de suelo a una profundidad de 20 cm, cada muestra pesaba aproximadamente 500 gramos. Posteriormente, las muestras se depositaron en bolsas plásticas previamente rotuladas y se llevaron al CICEN para su análisis.

Para determinar la presencia de NEP nativos se utilizó la técnica conocida como "insecto trampa" descrita por Bedding y Akhurst (1975), la cual consistió en depositar los 500 g de suelo, referentes al peso de cada una de las muestras, en un recipiente plástico (capacidad de 800 g) y diez larvas de último instar de *Galleria mellonella*

(Lepidoptera: Pyralidae), conocida por su alta susceptibilidad a dichos organismos (Zimmerman, 1986; Shapiro et al., 2002; Aranda & Bustillo, 2007).

Las muestras permanecieron en un ambiente fresco y sin exposición a luz directa por diez días, durante este tiempo se realizó el suministro de riego empleando agua lluvia, se invirtió la posición de los recipientes cada 8 h para permitir la movilidad de las larvas y la capacidad de búsqueda de los nematodos (Rodríguez, 2019). A partir del cuarto día se inició la extracción de larvas muertas, repitiendo el proceso a los seis, ocho y 10 días. Los especímenes que presentaron el cuadro típico de infección por la acción de los NEP fueron desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio al 0,05% y separados en “trampas White” (Poinar, 1979; Kaya & Stock, 1997), posteriormente se realizó la cosecha de NEP a los cinco, siete y nueve días después de la infestación.

**Pruebas de patogenicidad sobre *E. colombianus*:** En la Granja Tesorito se colectaron especímenes de perla de tierra en plantas de mora (*Rubus glaucus*), uchuva (*Physalis peruviana*) y lengua de vaca (*Rumex crispus*) y se trasladaron al CICEN. Se realizaron inoculaciones de la mezcla de ambos nematodos NEP nativos (*Steinernema* y *Heterorhabditis*) mediante el método tópico (aislados en individuos de *G. mellonella*), colocando los especímenes de *E. colombianus* en cajas de petri sobre un papel filtro y se aplicaron 5,0 ml de la solución de nematodos (Rodríguez, 2019); cuatro días después se verificó la infección mediante el método de la observación de síntomas (cambio de color, tejido blando, presencia de grasa alrededor y dentro del espécimen) con ayuda de un estereomicroscopio marca Olympus®.

Para los bioensayos se utilizaron platos para cultivo de tejidos Falcon® de fondo plano con seis celdas individuales por plato, en el fondo de cada celda se colocaron dos rodajas de papel filtro Watmann #1, sobre las que se aplicaron con micropipeta las concentraciones de JI a evaluar (10, 100 y 1000 JI/ 25 µl) provenientes de las pruebas de patogenicidad sobre *E. colombianus* (Jiménez et al., 2012). Cada dosificación se ajustó previamente por recuentos al estereomicroscopio con ayuda de una cámara de conteo de nematodos en solución de agua lluvia.

Para verificar la supervivencia de las perlas enquistadas se siguió la metodología empleada por González et al. (1969): 1. Presencia de filamentos cerosos secretados a través de los orificios espiraculares y, 2. Sumersión, ya que la mayoría de los quistes vivos se hunden al introducirlos en agua. Las evaluaciones de mortalidad se realizaron a las 48, 96, 144 y 216 h después de la infestación, esta variable se asumió cuando apareció uno de los síntomas mencionados anteriormente. Los especímenes muertos se ubicaron en cámara White para observar la multiplicación de los nematodos y el tiempo de emergencia.

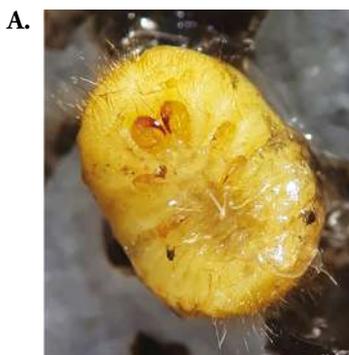
El experimento se realizó sobre quistes y hembras en diferentes unidades experimentales y bajo un diseño completamente al azar conformado por cuatro tratamientos (3 dosis + testigo), al tratamiento testigo se aplicó agua lluvia. Cada tratamiento constó de seis repeticiones y se colocaron en cada celda cinco quistes o cuatro hembras de *E. colombianus* (según el tratamiento), finalmente, las unidades experimentales se sellaron y dejaron a temperatura ambiente a baja oscuridad. Para el análisis estadístico de la mortalidad respecto al tratamiento y al tiempo se utilizó el programa estadístico SAS® University Edition y se realizaron pruebas de Tukey al 5% de probabilidad.

## Resultados y discusión

De acuerdo con los aspectos de infección se pudo constatar que el género de NEP que presentó mayor patogenicidad sobre perla de tierra fue *Steinernema* (Rhabditida: Steinernematidae) (coloración amarilla) con un 70% en hembras y un 66% en quistes, los porcentajes restantes correspondieron al género *Heterorhabditis* (Rhabditida: Heterorhabditidae) (coloración rojiza).

Los porcentajes de mortalidad más altos con respecto al tiempo se presentaron con las dosis de 100 JI/ 25µl para hembras (Figura 2) y 10 JI/ 25µl para quistes (Figura 7) hecho atribuido posiblemente a la baja competencia intraespecífica para ingresar al hospedante en dichos tratamientos, resultados similares a los encontrados por Sepúlveda et al. (2008) en ensayos realizados sobre individuos de *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) y O' Callaghan et al. (2014) en estudios sobre *G. mellonella*. En la dosis de 1000 JI/ 25µl se observó que para obtener mortalidad del 100% se requirió más horas de evaluación.

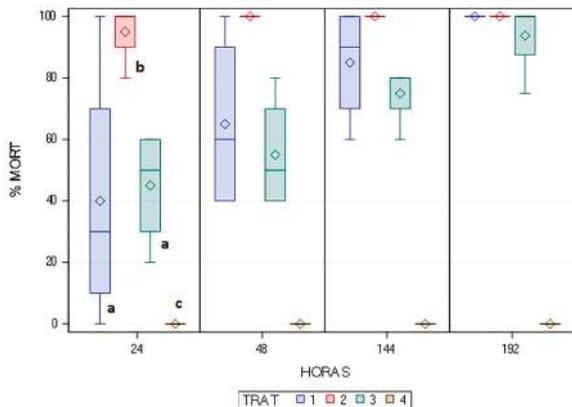
**Efecto de la acción de NEP nativos sobre hembras de *E. colombianus*.** Después del periodo de infección con los NEP, se evidenció la mortalidad de los individuos al observar la ausencia de movimiento y la sintomatología propia de afectación por dichos organismos (Figura 1A, B y C).





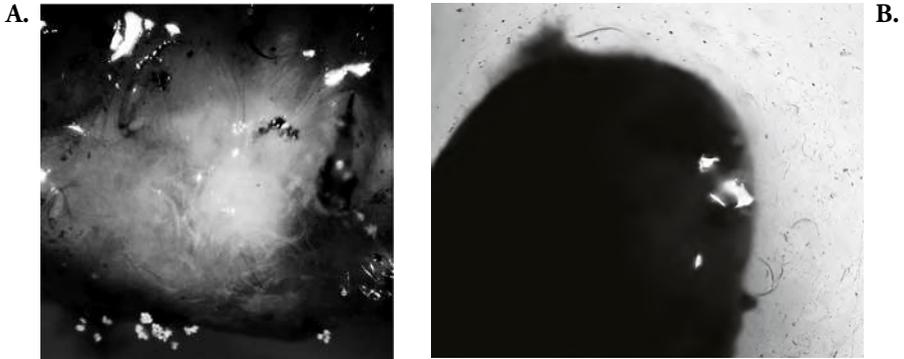
**Figura 1.** Supervivencia y mortalidad de hembras. **A.** Hembra sana; **B.** Cambio de coloración izq. Amarilla, der. Roja; **C.** Presencia de grasa en el exterior del insecto. Fuente: elaboración propia.

El análisis estadístico arrojó diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $P = < 0,0001$ ) al igual que en los tiempos de evaluación ( $P = < 0,0001$ ), por su parte, la interacción entre dosis y horas evaluadas presentó significancia con un valor  $P = 0,0113$ . A las 24 h de evaluación, las hembras de perla de tierra infestadas con 100JI/ 25 $\mu$ l (tratamiento 2) presentaron mortalidad del 95%, mientras que las infestadas con 10JI/ 25 $\mu$ l (tratamiento 1) y con 1000JI/ 25 $\mu$ l (tratamiento 3) presentaron mortalidad del 40 y 45%, respectivamente ( $P = < 0,0001$ ) (Figura 2).



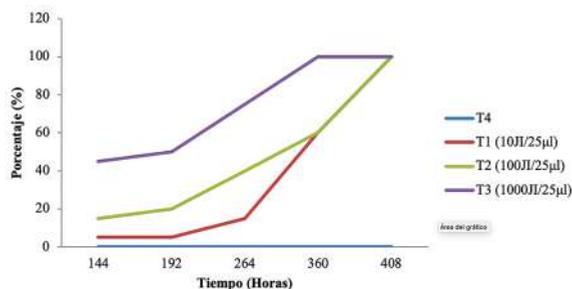
**Figura 2.** Porcentajes de mortalidad de hembras de *E. colombianus* bajo el efecto de diferentes concentraciones de mezcla de NEP nativos a las 24, 48, 144 y 192 horas. Trat 1: 10JI/ 25 $\mu$ l, Trat 2: 100JI/ 25 $\mu$ l, Trat 3: 1000JI/ 25 $\mu$ l y Trat 4: Testigo. Nota: promedios en cada tratamiento con distinta letra presentan diferencias altamente significativas de acuerdo con Tukey al 5%. Fuente: elaboración propia.

A las 192 h de evaluación, las hembras de perla de tierra infestadas con 10JI/ 25 $\mu$ l y con 100JI/ 25 $\mu$ l presentaron mortalidad del 100%, mientras que las infestadas con 1000JI/ 25 $\mu$ l la mortalidad fue del 94% ( $P= 0,0001$ ). La emergencia natural de los NEP se inició a las 144 h y finalizó a los 17 días después de la infestación (Figura 3 A y B).



**Figura 3.** A y B. Emergencia natural de NEP en hembras.  
Fuente: elaboración propia.

A pesar de que los NEP en la dosis de 100JI/ 25 $\mu$ l ocasionaron mayor rapidez en la mortalidad de *E. colombianus*, la emergencia de estos organismos de manera natural fue superior en la dosis de 1000JI/ 25 $\mu$ l con un porcentaje del 45% ( $P= < 0,0001$ ) (Figura 4), posiblemente debido a la competencia entre los nemátodos dentro del huésped, pues penetraron varios nemátodos a un solo organismo y por lo tanto no hubo espacio para que todos se pudieran reproducir. Estos resultados son similares a los encontrados por Sepúlveda et al. (2008) en estudios realizados sobre *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) donde afirma que los días para el inicio de la emergencia de los NEP difiere entre dosis, mas no entre aislamientos.



**Figura 4.** Porcentaje de emergencia de una mezcla de *Steinernema* y *Heterorhabditis* en hembras de *E. colombianus* a través del tiempo.  
Fuente: elaboración propia.

La capacidad que tienen los NEP de multiplicarse sobre hembras de *E. colombianus* y emerger de manera natural es una característica deseable en los controladores biológicos, ya que permite su permanencia y distribución en un rango más amplio de cultivo ejerciendo control sobre posteriores generaciones de la plaga.

Tal como lo mencionan Arévalo et al. (2012), en la presente investigación se observó que cuando *E. colombianus* completa su desarrollo ninfal y pasa a la etapa adulta, puede salir del quiste y comportarse como hembra móvil o mantenerse dentro de la capa cerosa. La hembra muere cuando realiza la postura dejando el ovisaco lleno de huevos (Figura 5A), el cual presenta color blanquecino, paredes frágiles y quebradizas (Soria & Dal Conte, 2005); en los casos en que la hembra abandona la protección cerosa, oviposita uniendo los huevos uno a uno en forma de cadena (Figura 5B) (Arévalo et al., 2012).



**Figura 5.** Posturas de *E. colombianus*. A. Ovisaco; B. Hembra.  
Fuente: elaboración propia.

Para implementar prácticas de control del insecto es importante conocer el porcentaje de hembras adultas que emergen de la protección cerosa, ya que estas distribuyen su progenie con mayor facilidad en un rango más amplio del cultivo. Se ha reportado un porcentaje de hembras móviles entre el 24% y el 44% y un control del 100% por acción del nematodo entomopatógeno *Steinernema carpocapsae* Weiser bajo condiciones de laboratorio (Hickel & Schmitt, 1997; Arévalo et al., 2012). Estos resultados son similares a los encontrados en la presente investigación, en donde se evidenció 100% de mortalidad de *E. colombianus* desde la dosis de menor concentración de NEP (10JI/ 25µl).

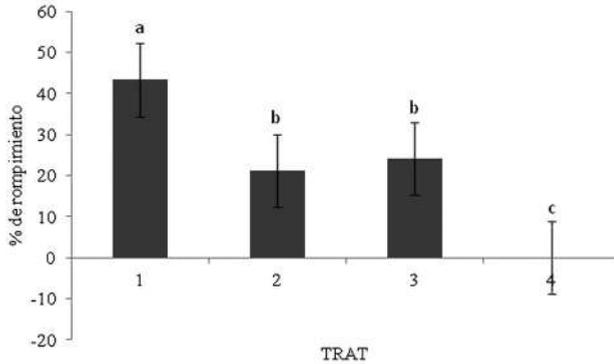
Efecto de la acción de NEP nativos sobre quistes de *E. colombianus*. Los quistes evaluados permanecieron en contacto con la solución de NEP por 12 días. Durante este tiempo no se observó sintomatología que evidenciara mortalidad del insecto por causa de los NEP debido a la dureza de su cutícula. Sin embargo, a partir de

las 48 h después de la infestación se observó rotura de algunos especímenes en todos los tratamientos (exceptuando el testigo), lo que permitió su registro en los datos de mortalidad (Figura 6A). Los quistes vivos se identificaron por la presencia de filamentos cerosos como indicadores de la actividad de las ninfas enquistadas (González et al., 1969) (Figura 6B).



**Figura 6.** Mortalidad y supervivencia de quistes de *E. colombianus*.  
**A.** Quistes reventados; **B.** Presencia de filamentos cerosos.  
Fuente: elaboración propia.

Los resultados estadísticos mostraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $P = <0,0001$ ) al igual que los tiempos de evaluación ( $P = 0,0018$ ); por su parte, la interacción entre dosis y horas evaluadas presentó significancia con un valor  $P = 0,0413$ . El tratamiento 1 (10 JI/ 25  $\mu$ l) arrojó diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos, por su parte los tratamientos 2 y 3 (100 y 1000 JI/ 25  $\mu$ l) mostraron resultados estadísticamente iguales: el rompimiento de los quistes fue del 43%, 21% y 24% cuando se aplicaron dosis de 10, 100 y 1000 JI/ 25  $\mu$ l, respectivamente (Figura 7), posiblemente debido a la competencia intraespecífica que se presenta al ingresar al huésped en dosis de mayor concentración, condición reportada anteriormente por Kaya & Koppenhöfer (1996).



**Figura 7.** Porcentaje de rotura (mortalidad) de quistes de *E. colombianus* bajo el efecto de diferentes concentraciones de mezcla de nematodos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis*. Trat 1:10JI/ 25µl, Trat 2: 100JI/ 25µl, Trat 3: 1000JI/ 25µl y Trat 4: Testigo.  
Nota: promedios en cada tratamiento con distinta letra presentan diferencias altamente significativas de acuerdo con Tukey al 5%.  
Fuente: elaboración propia

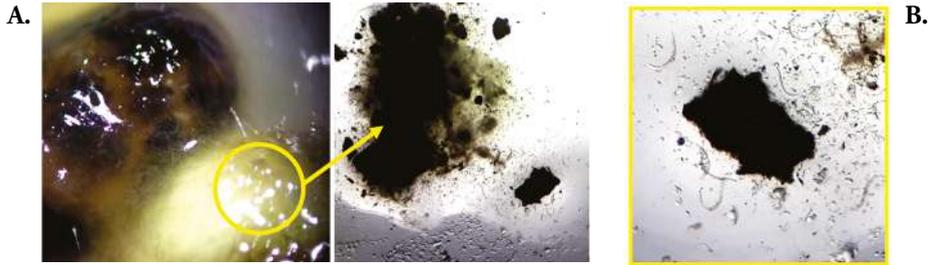
A medida que se presentó la rotura de quistes se realizó el montaje de trampa White, observando los síntomas característicos: cuadro típico de infección (Figura 8A), tejido blando y presencia de grasa en el exterior del espécimen (Figura 8B), emergencia natural de nematodos (Figura 8C), rotura artificial de quistes y presencia de nematodos (Figura 8D). Sepúlveda et al. (2008) evaluaron NEP sobre *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) y encontraron emergencia natural de estos organismos, mas no en todos los individuos. A las 288 h después de la infestación con los NEP se disectaron, con la ayuda de un bisturí entomológico, los quistes que no habían presentado rotura, encontrándose NEP en todos los individuos y dosis evaluadas.

**A.**



**B.**



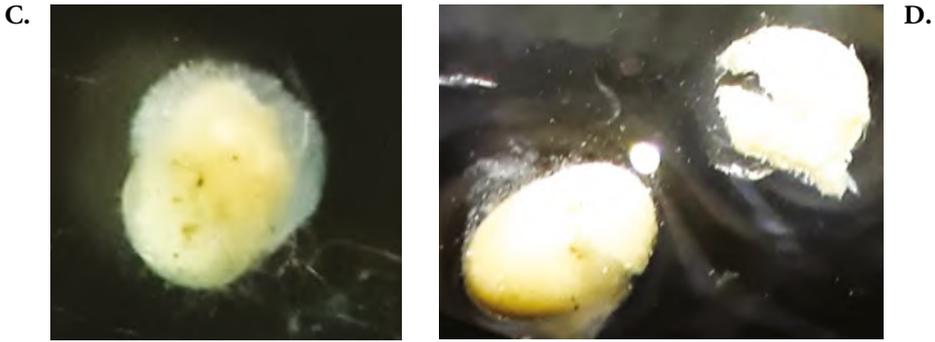


**Figura 8.** Sintomatología de patogenicidad por NEP. **A.** Cuadro típico de infección: der. *Steinernema*, izq. *Heterorhabditis*; **B.** Tejido blando y presencia de grasa en el exterior del espécimen; **C.** Emergencia natural de nematodos; **D.** Rotura artificial de quistes (izq.) y presencia de nematodos (der). Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, se evaluó la dosis de 100 JI/ 25 $\mu$ l sobre ovisacos (Figura 9A), huevos individuales y el estado ninfal I (Figura 9B) con el fin de comprobar la patogenicidad en otros estados de la perla de tierra. Al realizar la rotura de los especímenes de manera artificial se verificó la presencia de grasa (Figura 9C) y en algunos ejemplares se observó la presencia de nematodos (Figura 9D). Cuando los huevos de *E. colombianus* están cerca a la eclosión, la capa cerosa se torna débil con el fin de permitir la salida de las ninfas (Arévalo et al., 2012), condición que puede ser aprovechada por el nematodo para penetrar el ovisaco y generar control, resultados que se corroboran en la presente investigación al encontrar el cuadro típico de infección por NEP en los huevos contenidos en dichos especímenes (Figura 9A).

Los anteriores hallazgos difieren de los reportados por Aristizábal et al. (2015), en evaluaciones con los nematodos *Steinernema colombiense* cepa SIN0198 y *Heterorhabditis bacteriophora* (línea Fresno HNI0100) sobre *E. colombianus* en mora, encontrando que ninguna de las especies fue patógena contra los estados inmaduros y solamente *S. colombiense* fue moderadamente infectiva contra los adultos a 105 JI/ml.





**Figura 9.** Otros hallazgos. A. Cuadro típico de infección en huevos; B. Cuadro típico de infección en Ninfa I; C. Grasa alrededor de Ninfa I; D. Degradación de huevos y salida de NEP.  
Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

En esta investigación se evidenció que cuando las hembras de *E. colombianus* se infestaron con las cepas nativas de NEP se presentó emergencia natural de dichos microorganismos. Cuando los NEP se aplicaron sobre los quistes en dosis de 10, 100 y 1000 JI/ 25  $\mu$ l, el rompimiento natural de estos fue del 43%, 21% y 24%, respectivamente. Sin embargo, la patogenicidad al terminar los tiempos de evaluación fue del 100%. En la dosis de 10 JI/ 25  $\mu$ l se obtuvo control del 100% de perlas enquistadas y hembras adultas, mientras que a la dosis de 100 JI/ 25  $\mu$ l se presentó mortalidad mayor al 90% sobre hembras en las primeras 24 h. Estos resultados demuestran el uso potencial que presentan las cepas nativas de *Steinernema* y *Heterorhabditis* como agentes de control biológico de *E. colombianus*.

## Contribución de los autores

Ana María Restrepo García: Conceptualización, montaje de experimento, toma de datos, análisis de resultados y escritura del documento. Laura Bernal Arias: Montaje de experimento, toma de datos y análisis de resultados. Alberto Soto Giraldo: Conceptualización, metodología, adquisición de fondos, análisis de resultados, revisión de escritura y edición del documento.

## Agradecimientos

A las Vicerrectorías de Investigaciones y Postgrados y de Proyección de la Universidad de Caldas por el financiamiento de la investigación y a Julián A. Salazar por su gestión editorial.

## Referencias bibliográficas

- Aranda, R. & Bustillo, A. E. (2007). Optimización de la cría de *Galleria mellonella* (L.) para la producción de nematodos entomopatógenos parásitos de la broca del café. *Cenicafé. Colombia*, 58(2): 142-157.
- Arévalo, H., Londoño, M. E. & Tobón W. A. (2012). Tabla de vida de *Eurhizococcus colombianus* Jakubski (Hemiptera: Margarodidae) en cuatro estructuras vegetales. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 15(1): 125-133. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0123-42262012000100014&lng=es&nrn=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-42262012000100014&lng=es&nrn=iso)
- Aristizabal, L. F., Ortiz, A. L., Quintero, J. C., López-Núñez, J. C., Toro, H. & Arthurs, S. P. (2015). Effect of Colombian strains of *Steinernema colombiense* (Rhabditida: Steinernematidae) and *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) against *Eurhizococcus colombianus* (Hemiptera: Margarodidae) and *Aeneolamia* sp. (Hemiptera: Cercopidae). *Florida Entomologist.*, 98(3): 981-983.
- Bedding, R. A. & Akhurst, R. J. (1975). A simple technique for Soil, the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica*, 21: 109-110.
- Burgos, E. A. (2017). Efecto del ataque de nematodos entomopatógenos nativos del género *Steinernema* sobre el gusano cortador de la papa (*Agrotis bilitura* Guenée). Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. <https://bit.ly/3nZhVJW>
- Burnell, A. & Stock, S. P. (2000). *Heterorhabditis*, *Steinernema* and their bacterial symbionts lethal pathogens of insects. *Nematology*, 2(1): 31-42.
- Cano, M. A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una Revisión. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 14(2): 15-31. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262011000200003&script=sci\\_abstract&lng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262011000200003&script=sci_abstract&lng=es)
- Castrillón, A. C., Urrea, C. F., Guevara, M. N. & Rodríguez, J. E. (1998). Reacción de diferentes clones de lulo al ataque de la Perla de tierra (*Eurhizococcus* spp.) en zonas de clima frío moderado del departamento de Caldas. En: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales. eds. Memorias Segundo Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. p.153-160. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17728>
- Castrillón, A. C., Urrea, C. F., Guevara, M. N. & Pineda, S. M. (2000). Algunos aspectos biomorfológicos y agroecológicos de la Perla de tierra en zonas de clima frío moderado del departamento de Caldas. En: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales eds. Memorias Tercer Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. p.125-131. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/21206>
- Castro, L., Flores, D., Navarro, R. & Gaviria, B. (2008). Moras silvestres (*Rubus* spp.) como patrones para mora de Castilla (*R. glaucus*) y su reacción a perla de tierra (*Eurhizococcus colombianus*). *Revista Universidad Católica de Oriente*, 26: 20-29.
- CIAT. (2010). Reconocimiento y evaluación de enemigos naturales asociados a perla de la tierra *Eurhizococcus colombianus* Jakubski (1965) en tres zonas productoras de mora. Informe final técnico. En: proyecto productores de lulo y mora competitivos mediante selección participativa de clones élite, manejo integrado del cultivo y fortalecimiento de cadenas de valor Fontagro. pp 30-36. [https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2006/01/final\\_infotec\\_06\\_16.pdf](https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2006/01/final_infotec_06_16.pdf)
- Foldi, I. (2005). Ground pearls: a generic revision of the Margarodidae sensu stricto (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Ann. Soc. Entomol. France.*, 41(1): 81-125.
- González, M. F., Kido, H., Marín, A. & Hughes, P. (1969). Biología y ensayos preliminares de control del margarodes de la vid, *Margarodes vitis* (Philippi). Argentina. 31pp. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/agritec/NR37912.pdf>
- Griffin, C., Boemare, N. & Lewis, E. (2005). Biology and behaviour. In: P. Grewal, R.-U. Ehlers and D. Shapiro-Ilan (Eds.). *Nematode as Biocontrol Agents*. CABI Publishing, Wallingford, U.K. 47-59.
- Guarín, J. H. & Carvajal, L. D. (2002). La Perla de tierra *Eurhizococcus colombianus* Jakubski (Homoptera: Margarodidae) en los frutales de clima frío. En: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales eds. Memorias Cuarto Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. p. 153-162. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17666>
- Hickel, E. R. & Schmitt, A. T. (1997). Prospecção do controle de pérola-da-terra, *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel), com nematódeos entomopatógenos, *Steinernema carpocapsae* All. Reuniao Sul – Brasileira sobre pragas de solo, pp. 103-105. Santa Maria: UFSM. <https://bit.ly/3zt3HTL>
- ICA. (2011). Manejo fitosanitario del cultivo de la mora (*Rubus glaucus* Benth). Medidas para la temporada invernal. Bogotá. <https://www.ica.gov.co/getattachment/b7e061eb-cbd3-4f80-9518-c771712405eb/-nbsp3bmanejo-fitosanitario-delcultivo-de-la-mora.aspx>
- Jiménez, J. A., López, J. C. & Soto, A. (2012). Patogenicidad de dos nematodos entomopatógenos sobre *Metamasius hemipterus* sericeus (Coleoptera: Curculionidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 16(2): 87-97.
- Kaya, H. K., Koppenhöfer, A. (1996). Effects of microbial and other antagonistic organism and competition in entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Science and Technology*, 6: 357-371.
- Kaya, H. K. & Stock, S. P. (1997). Techniques in insect nematology. *Manual of Techniques in Insect Pathology*, Academic Press. California, U.S.A. 1: 281-324.
- Kondo, D. T. & Gómez, C. E. (2008). La perla de tierra, *Eurhizococcus colombianus* Jakubski, una nueva plaga de la vid, *Vitis labrusca* L. en el Valle del Cauca, Colombia. Novedades técnicas. Corpoica C.I. Palmira. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34302>
- López, R. A. & Soto, A. (2016). Aislamiento de nematodos entomopatógenos nativos en cultivos de caña panelera y pruebas de patogenicidad sobre *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 20 (2): 114-123. DOI: 10.17151/bccm.2016.20.2.8.
- Meneses, E. (2015). Bases para el manejo agroecológico de *Eurhizococcus colombianus* Jakubski (Hemiptera: Margarodidae) en cultivos de mora del Oriente Antioqueño. Tesis. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias. Medellín, Colombia. <http://bdigital.unal.edu.co/50978/1/32106491.2015.pdf>
- O' Callaghan, K. M., Zenner, A. N. R. L., Hartley, C. J. & Griffin, C. T. (2014). Interference competition in entomopathogenic nematodes: Male *Steinernema* kills its own members and members of other species. *International Journal of Parasitology*, 44(13): 1009-1017.
- Poinar, G. O. (1979). *Nematodes for biological control of insects*. Boca Raton, Florida. 227 p.

- Ríos, G., Vásquez, L., Arévalo, H. & Londoño, M. (2010). Caracterización biofísica y socioeconómica del sistema de producción de mora en los departamentos de Antioquia y Caldas, con énfasis en el problema de perla de la tierra. VII Seminario Internacional de Frutas Tropicales. Agroindustria e Innovación. Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia. 98p.
- Rodríguez, M. J. (2019). Caracterización de aislados nativos de nematodos entomopatógenos y uso potencial contra *Spodoptera frugiperda*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Nicaragua.
- Sepúlveda, P. A., López, J. C. & Soto, A. (2008). Efecto de dos nematodos entomopatógenos sobre *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Dryophthoridae). *Rev. Colomb. Entomol.*, 34(1): 62-67.
- Shapiro, D. I., Gaugler, R., Tedders, W. L., Brown, I. & Lewis, E. E. (2002). Optimization of inoculation for *in vivo* production of entomopathogenic nematodes. *Journal of Nematology.*, 34(4): 343-350.
- Soria, S. De J, Dal Conte, A. F. (2005). Bioecologia e controle das pragas da videira. Embrapa. Circular Técnica 63. Bento Goncalves, RS Dezembro. 20 P. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/541436/1/cir063.pdf>
- Teixeira, I., Botton, M. & Loeck, A. E. (2002). Avaliação de Inseticidas Visando ao Controle de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Margarodidae) em Novos Plantios de Videira. *Neotrop. Entomol.*, 31(3): 457-461. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-566X2002000300017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2002000300017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)
- Zimmermann, G. (1986). The Galleria bait method for detection of entomopathogenic fungi in soil. *Journal of Applied Entomology*, 102: 213-215.

## Curaduría y sistematización de la colección entomológica (Orden Coleoptera) del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas, Manizales, Colombia (MHN-UCa)\*

Luis David Montoya-B.<sup>1</sup>

### Resumen

**Objetivo:** Este trabajo pretende mejorar las condiciones de almacenamiento de los ejemplares de coleópteros del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas, realizando su curaduría y sistematizando su información en base de datos. También se actualizaron los diferentes protocolos de manejo de las colecciones enfocándose en conservación preventiva y trabajo sobre colecciones en seco. **Alcance:** Para saber el estado de la colección y planear mejoramientos a futuro se le aplicó el Índice de Salud de Colecciones Biológicas hecho para los años 2014 y 2015 y las prioridades de manejo de colecciones e indicadores de biodiversidad, con el fin de promover un mejor aprovechamiento de los especímenes y sus datos comparando el estado de la colección con otras colecciones biológicas. Resultados. Los 995 coleópteros curados se agrupan en 12 superfamilias, 29 familias, 199 géneros y 81 especies, el ISC obtenido para el 2014 fue de 61% y 2015 89,7% y las prioridades de manejo para el 2015 se ubican en los niveles 3 con 75,7% y 4 con 24,3%. **Metodología:** De los indicadores de biodiversidad aplicados, obtuvimos que 26,3% está identificado hasta especie, 70,9% hasta género y 2,8% en duda taxonómica. **Conclusiones:** Se resalta el potencial de información que reposa en esta colección, y se espera promover la investigación a partir de estos ejemplares, como una alternativa para los estudios de biodiversidad nacional.

**Palabras clave:** Colección entomológica, curaduría, sistematización, coleópteros, conservación preventiva.

## Curatorship and systematization of the entomological collection (Coleoptera Order), of the Natural History Museum, Universidad de Caldas, Manizales Colombia

### Abstract

**Objective:** This work aims to improve the storage conditions of the de Coleoptera specimens at the Natural History Museum, Universidad de Caldas, carrying out the curatorship and systematizing their information in a database. The different collection management protocols were also updated focusing on preventing conservation and work on dry collections. Scope: The Biological Collections Health Index (CHI) made for the years 2014 and 2015, and the collection management priorities and biodiversity indicators were applied in order to promote better use of the specimens and their data by comparing the state of the collection with other biological collections. Results: the 995 Coleoptera cured are grouped in 12 superfamilies, 29

\*FR: 26-V-2021. FA: 24-IX-2021.

<sup>1</sup> Biólogo-Investigador privado. E-mail: Oxybelisluda@gmail.com

 [orcid.org/0000-0003-2739-2158](https://orcid.org/0000-0003-2739-2158)



### CÓMO CITAR:

Montoya, L. D. (2022). Especies de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) en el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Sogamoso (Santander, Colombia). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 169-191. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.12>



families, 199 genera and 81 species. The CHI obtained for 2014 where 61% and 89.7% for 2015 and the management priorities for 2015 are placed in level 3 with 75.7% and 4 with 24.3%. Methodology: From the applied Biodiversity indicator, 26.3% are identified to species, 70.9% up to genera and 2.8% are in taxonomic doubt status. Conclusions: The information potential residing in the collection is highlighted, and it is expected to promote research based on these specimens as an alternative for studies of national biodiversity.

**Key words:** Entomological collection; curatorship; systematization; Coleoptera; preventive conservation.

## Introducción

Desde épocas pasadas, el hombre y su curiosidad de comprender el mundo natural ha colectado y manipulado organismos, dando lugar a las colecciones biológicas (Montaño et al., 2012; Simmons & Muñoz-Saba, 2005). Las colecciones biológicas abarcan la recolección de ejemplares identificación y preservación, también la sistematización, si se encuentra especies nuevas describirlas y nombrarlas, además de someter los individuos a un cuidadoso proceso de curaduría para conservarlos en las mejores condiciones a lo largo del mayor tiempo posible (Plascencia, 2011; Serna-Botero, 2014; Serna-Botero & Ramírez-Castaño, 2017; Castaño & Ramírez, 2018). En el Renacimiento (1400-1600 dc) se incrementa el número de colecciones, así como en el conocimiento e información sobre gran cantidad de especies, surgiendo la necesidad de fundar museos de historia natural como lugares destinados al estudio, almacenamiento y conservación de piezas que tienen valor histórico o natural (Montaño et al., 2012; Serna-Botero, 2014).

En el siglo XVIII, en Europa se conforman las primeras colecciones de carácter científico y se crean los primeros museos modernos, también aumenta el número de gente enfocada al trabajo de coleccionar organismos de la naturaleza (Ramírez-Castaño, 2017). Esto produce un rápido crecimiento en el número de especímenes, creando la necesidad de organizar y clasificar las colecciones existentes (Simmons et al., 2015). Para esto se utiliza el sistema de nomenclatura binomial inventado por Carl Linnaeus (1758), y que se convierte en el principio fundamental para la clasificación y organización de las colecciones biológicas (Simmons & Muñoz-Saba, 2005). Sin embargo, en esta época no se considera la importancia de tener representada la variación de la naturaleza en estas colecciones (Simmons & Muñoz-Saba, 2005); ya en el siglo XIX, se utilizan con la intención de plasmar de forma sistemática los cambios y la variabilidad como origen de la especiación demostrada por Darwin y Wallace (Rey, 2013). Este hecho revoluciona la manera de recolectar, conservar, almacenar, exhibir y usar las colecciones, otorgándoles mayor aplicación naturalista con conceptos ambientales que podrían revelar la evolución biológica (Simmons & Muñoz-Saba, 2005). En la actualidad, hay colecciones de historia natural en museos, jardines botánicos, universidades y centros

de investigación en todo el mundo, que colectan más de tres mil millones de muestras en conjunto (Ariño, 2010; Duckworth et al., 1993; Izquierdo, 2013).

En Suramérica, los primeros países en instalar museos de historia natural se constituyen a partir de 1810, encabezados por Brasil, Argentina, Chile y Ecuador. En Colombia el primero surge en 1823 y es llamado Museo Nacional de Colombia (Montaño et al., 2012; Simmons & Muñoz-Saba, 2005), a partir de aquí se consolidan diversos lugares dedicados a la preservación de la biodiversidad, y en la actualidad existen más de 215 colecciones en el país (RNC, 2015). La principal pertenece al Instituto Alexander von Humboldt, la cual contiene aproximadamente 400.000 especímenes de la fauna y flora del territorio nacional (IAvH, 2012). A nivel local, Caldas (Colombia) tiene su primera colección biológica en 1939 cuando se funda el Museo de Historia Natural del Colegio de Cristo de Manizales con material zoológico y geológico (Lozada, 2001). A partir de 1975, la Universidad de Caldas cuenta con una colección biológica gracias a la labor del taxidermista Jesús Vélez, quien tenía a su haber y en colaboración de Álvaro José Negret, unos pocos especímenes disecados (Salazar, 2004a, 2007).

Con respecto al grupo de estudio del presente manuscrito. En Colombia, la riqueza de coleópteros está constituida por cerca de 5000 especies (Andrade et al., 2000). Estas cifras convierten el país en el segundo en dicho grupo, riqueza que se caracteriza por un marcado endemismo producto en gran medida de la variedad de ecotonos presentes en el país (PNN, 2014). Esta alta diversidad se encuentra representada en la colección biológica del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas por: 2.395 insectos principalmente de los órdenes Orthoptera, Hymenoptera y Coleoptera; este último con casi 990 individuos dentro de la colección. En consecuencia, estos sirven para publicar importantes aportes al conocimiento del grupo basados en las colecciones del museo en cuestión (Salazar, 2004b, Estrada & Salazar, 2004; Rosado & Salazar, 2005; Salazar, 2005).

## **Materiales y métodos**

Este trabajo se desarrolló con el material biológico del orden Coleoptera depositado en la Colección Entomológica del Centro de Museos de Historia Natural de la Universidad de Caldas. Durante la sistematización de los individuos se tuvo en cuenta una serie de etapas que garantizaron su adecuado cuidado y manejo. Entre estas etapas se encuentran la limpieza y fijación, identificación taxonómica, etiquetado, sistematización y almacenamiento, seguidamente se aplicó un índice de salud e indicadores biológicos.

### **I. Curaduría y preservación de la colección entomológica**

Se hizo un examen general de las cajas entomológicas, se identificaron las inconsistencias taxonómicas, ya que los especímenes de diferentes familias estaban mezclados en una

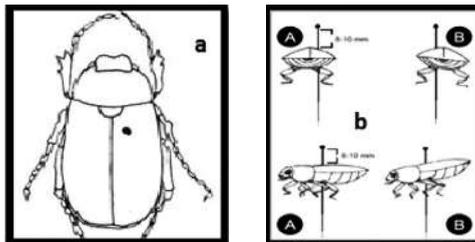
sola caja, a partir de esto se separaron los individuos por familias en cajas separadas y posteriormente se realizó el proceso de limpieza, fijación e identificación (Figura 1).



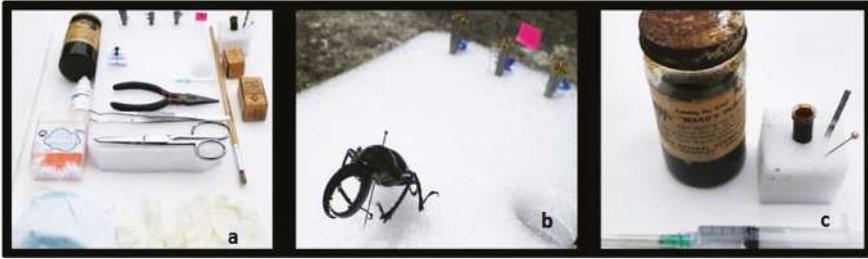
**Figura 1.** Organización inicial de los coleópteros en cajas separadas por familias.  
Fuente: Luis D. Montoya.

## II. Limpieza y fijación

Para la limpieza se utilizó un antimicótico (Isoconazol 1%) aplicado con un hisopo o un pincel según el tamaño y disposición del ejemplar. En las colecciones de insectos los individuos van fijos con alfileres ubicados en el punto de inserción correcto, que para el caso específico de los coleóptera corresponde a la parte superior del élitro derecho; este debe mantenerse en posición perpendicular a los ejes longitudinal y transversal del insecto (Figura 2), esta posición se verificó y corrigió en los casos necesarios, en aquellos especímenes a los que se tenía que reparar alguna de sus extremidades, se utilizó el pegamento *ward's insect paste* especial para este tipo de reparaciones (Figura 3).



**Figura 2.** (a) Punto de inserción correcto y (b) montaje correcto de los ejemplares (A), montaje incorrecto (B).



**Figura 3.** (a) Instrumentos utilizados en el proceso de curaduría: tapabocas y guantes, hisopos de algodón, tijeras, pinzas entomológicas y normales, estiletes fabricados, pincel, bloques de montaje, pegante y alfileres entomológicos. (b) Individuo de *Sphaenognathus* sp. Familia Lucanidae sobre la película sintética de tratamiento. (c) Pegamento entomológico WARD'S INSECT PASTE.  
Fuente: Luis D. Montoya.

En esta fase, se limpió cuidadosamente cada ejemplar (Figura 4), se revisó que cada individuo curado estuviese registrado en la base de datos entomológica original, la primera en formarse años atrás a este trabajo en los casos donde no se tenía el registro se ingresó la información contenida en las etiquetas, resaltando que solo se ingresaron los ejemplares que tuvieran, mínimo, fecha, localidad y colector.



**Figura 4.** Ejemplo del proceso de limpieza de individuos durante la fase de curaduría. (A) Ejemplar de *Enoplocerus armillatum* L. (Cerambycidae) en su condición original. (B) Limpieza del ejemplar. (C) Condición posterior a la limpieza y prevención fúngica.  
Fuente: Luis D. Montoya.

### III. Identificación taxonómica

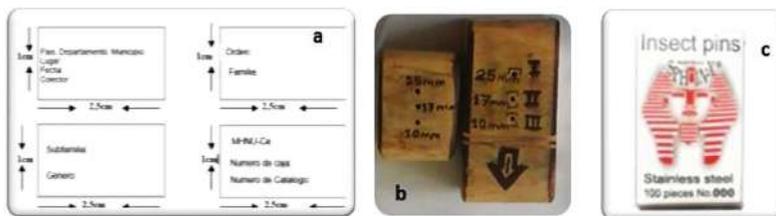
Para este proceso fue necesario utilizar las diferentes claves taxonómicas e instrumentos ópticos (estéreo, microscopio), también fue necesario encontrar bibliografía especializada y para casos específicos se consultó con especialistas. A los ejemplares que tenían registro en la base de datos o podían ingresarse a la misma, fueron identificados taxonómicamente hasta género y se separaron por familias. Para

esto, se tomaron en cuenta los trabajos de Maes et al. (2010) para Cerambycidae; Martínez (2005) y Moret (2003) para Carabidae; Fernández et al., (1993), Pearson (1994), Vitolo & Pearson (2003) y Tourolt (2011) para Cicindelidae; Pearson (1995), Aguirre-Tapiero (2009) y Aguirre-Tapiero et al., (2010), Guzmán (2005) y Correa et al., (2011) para Elateridae; y Cultid et al. (2012) para las superfamilias Scarabeoidea y Curculionioidea, entre otras claves usadas como la de Triplehorn & Johnson (2004) además de la guía de identificación de Wolf (2006) y otras claves taxonómicas.

#### IV. Etiquetado

Después de la interpretación de información de las etiquetas originales y su base de datos, se pasaron al nuevo formato basado en el manual del cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas (Simmons & Muñoz, 2005); fueron construidas cuatro etiquetas de papel bond de 2,5 x 1 cm; la información de cada etiqueta se escribió en fuente Arial, tamaño 4, en negrilla, estilo normal e impreso con tinta negra (Montaño et al., 2012), y se ubicaron en el ejemplar utilizando el bloque de montaje, el cual es de madera con tres agujeros con profundidades de 8, 10, 17 y 25 mm respectivamente (Figura 5a, 5b), fijando las etiquetas con estas medidas y estandarizarlas a una misma medida para facilitar su observación y manipulación (Gómez & Jones, 2002); unificando así la colección de entomología del Centro de Museos, con la existente en la colección biológica (CEBUC). Los alfileres entomológicos usados fueron de la marca *EntoSphinx* que están hechos de acero inoxidable con cabeza de nylon, los cuales son ideales para regiones de alta humedad, con los números de calibre 0, 1 y 5 (Figura 5c). La información de las etiquetas correspondió a:

- Localidad de colección: país, departamento, municipio, e información más específica (p. ej. vereda, sitio, río, etc.).
- Información taxonómica superior: orden, familia.
- Información taxonómica inferior: subfamilia, género.
- Información del catálogo MHN-UCa: número de caja, número de catálogo.



**Figura 5.** (a) Etiquetas con nuevo formato y su respectiva información. (b) Bloque de montaje de madera y su reglaje. (c) Alfileres entomológicos *EntoSphinx*.  
Fuente: Luis D. Montoya.

## V. Sistematización

Una vez curados e identificados los ejemplares, se realizó la digitalización de la información de las etiquetas a la base de datos, tomando como principales categorías: el número consecutivo, número de registro, orden, familia, tribu, género, estado de conservación, colector, departamento, lugar de colecta, fecha, fotografía e índice de salud; con estos ítems se realizó una base de datos nueva en el programa Microsoft Excel (2007).

## VI. Almacenamiento

Una vez realizados los procesos anteriormente descritos, los ejemplares fueron almacenados. Cada caja de madera se acondicionó con un cojín de icopor en su base, cubierto con una hoja de papel milimetrado, con el fin de separar los individuos simétricamente y que nos indique su tamaño. Las seis cajas entomológicas se ubicaron verticalmente en un mueble de madera con ángulo de 45° para su exposición.

## VII. Índices de salud

Para comprobar que el proceso de curaduría y sistematización fue efectivo, se utilizó el ISC teniendo en cuenta el protocolo propuesto por McGinley (1993) y Simmons y Muñoz (2005). Para el análisis de los ISC se tomó como unidad de medida cada uno de los registros (individuos) presentes en la colección y se le asignó un nivel dentro de una matriz, estos niveles van del 0-10 (Tabla 1). Para definir el perfil de la colección con base en los ISC se aplicó la fórmula McGinley (1993):

$$ISC = \left( \frac{\sum N_3 + \sum_{N=6}^{10} N}{TU} \right) * 100$$

Donde:

N = número de unidades de almacenamiento por nivel de curación.

TU = total de unidades de almacenamiento

**Tabla 1.** Niveles de evaluación de curaduría e investigación.

Nivel ISC	Definición
0	Etiquetas e información SIN individuo
1	Material deteriorado, sin ninguna atención
2	Ingreso de ejemplares a partir de investigación
3	Ejemplares bien montados, etiquetados y separados, para identificar
4	Ejemplares duplicados para donaciones, canje

5	Ejemplares que deben ser revisados o curación incompleta
6	Ejemplares curados, identificados y sistematizados
7	Inventario a nivel de especie
8	Información completa, diarios de campo, etología, ecología
9	Ejemplares empleados para diferentes investigaciones
10	Ejemplares que hacen parte de monografías, estudios, holotipos, paratipos.

Fuente: Adaptado con base en Simmons & Muñoz (2005).

El índice de salud se calculó sumando los registros presentes en el nivel 3 con la suma de aquellos asignados entre los niveles 6-10 (McGinley, 1993) y estos datos se dividieron por el total de registros evaluados en la colección. El perfil de la colección se midió en porcentajes con un rango de 0-100, donde los valores obtenidos de 80-100 significan un perfil óptimo, mientras los valores entre 0-79 indican que el perfil de la colección está por optimizar (Simmons & Muñoz, 2005).

### VIII. Prioridades de manejo

Para definir las prioridades de manejo de la colección se realizó la sumatoria del número de registros en los niveles como se muestra en la Tabla 2; el valor obtenido en cada prioridad se dividió en el total de registros analizados y se multiplicó por 100 para obtener el resultado en porcentajes. Los datos obtenidos se recopilan en una gráfica estadística y se comparan con la propuesta por McGinley (1993) y Simmons & Muñoz (2005) para el perfil de prioridad ideal de una colección.

**Tabla 2.** Niveles de la prioridad de manejo.

Prioridad	Niveles	Aspecto
1	Conservación (Suma de los niveles 0-1)	Protección y conservación del material y su información asociada.
2	Accesibilidad (suma de los niveles 2-4)	Los ejemplares sin determinar están separados en la categoría taxonómica a la que pertenecen y son fácilmente accesibles para los investigadores.
3	Organización física (suma de los niveles 5-6)	Ejemplares identificados y rotulados, dispuestos lógicamente en la colección (alfabéticamente, taxonómicamente) y con facilidad de acceso.
4	Inventarios de especies (suma de los niveles 7-9)	Catalogación, sistematización. Lista de especies como herramienta útil en el manejo de colecciones. Uso de las colecciones para proyectos y publicaciones

Fuente: Adaptado con base en Simmons & Muñoz (2005).

## Resultados

### Curaduría y preservación de la colección entomológica: orden coleóptera

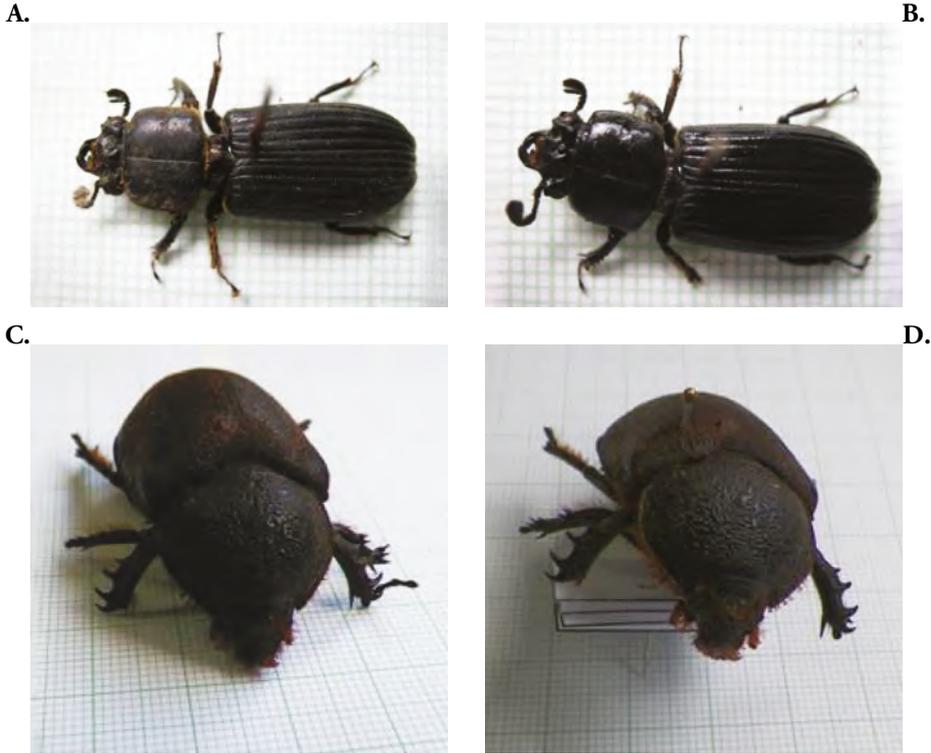
En este trabajo se curaron 995 coleópteros de los cuales 969 quedaron en colección de referencia y exhibición; los 26 ejemplares restantes pasan a colección de docencia por su ausencia e inconsistencia en los datos, convirtiéndose en herramienta de aprendizaje de la biología de coleópteros. A partir de una revisión general de las cajas entomológicas, se identificaron las inconsistencias taxonómicas, observando que las especies de diferentes familias estaban mezcladas en una sola caja y en otras ajenas al orden, aumentando la cantidad de individuos que en el inventario inicial tenía un número de 846 individuos. A partir de esto se separaron los individuos por familia en diferentes cajas.

### Limpieza

Se efectuó la limpieza de 995 especímenes de coleópteros, encontrando que las afectaciones más comunes en los ejemplares fueron infestación por hongos y falta de extremidades (Figura 6a, b), algunos de los alfileres que se encontraban en mal estado se cambiaron y se corrigieron hasta donde fue posible, pues en muchos casos removerlos comprometía la integridad del espécimen, optando por la decisión de dejarlos en el ejemplar (Figura 6c, d). Siguiendo el protocolo de manejo de colecciones se aplicó solución antimicótica a la totalidad de los individuos, se restauraron los que tenían partes rescatables para su reparación y fueron clasificados según su estado de conservación en las siguientes categorías (Tabla 4).

**Tabla 4.** Categorías del estado de conservación en que se clasificaron los especímenes.

Estado de Conservación	No. Ejemplares
Bueno, completo	660
Bueno, alas incompletas	3
Bueno, antenas incompletas	91
Bueno, patas incompletas	143
Regular, antenas y patas incompletas	71
Regular, sin cabeza	1
<b>Total:</b>	<b>969</b>

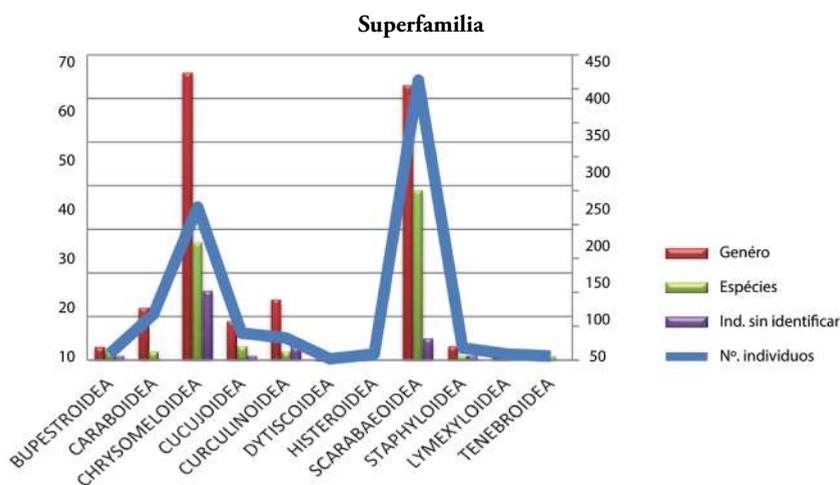


**Figura 6.** (a) Individuo de *Veturius* sp. familia Passalidae con infestación de hongos, (b) Mismo individuo después de limpieza y con la película de antimicótico. (c) Individuo de *Golofa porteri* Perty familia Scarabaeidae con el alfiler deteriorado y un incorrecto punto de inserción. (d) Mismo individuo con el cambio de alfiler y las etiquetas actualizadas.  
Fuente: Luis D. Montoya.

## Identificación

La fase de identificación tardó un tiempo aproximado de nueve meses en los cuales la finalidad era llegar a la categoría taxonómica de género y en algunos casos se logró llegar hasta especie, inicialmente se parte de ocho cajas entomológicas con individuos dispersos y se termina con seis cajas, ordenadas evolutivamente por superfamilias y familias, con número consecutivo a partir de 1 al 969, de la siguiente forma: caja número I comprende las superfamilias Bupestroidea con 9 individuos, 3 géneros, 2 especies y 1 individuo sin identificar; Caraboidea con 68 individuos, 12 géneros y 2 especies; Chrysomeloidea con 226 individuos totales, de los cuales 65 están en la caja número I y los restantes en la totalidad de la caja número II y parte de la III con 66 géneros, 27 especies y 16 ejemplares sin identificar; caja número III con parte

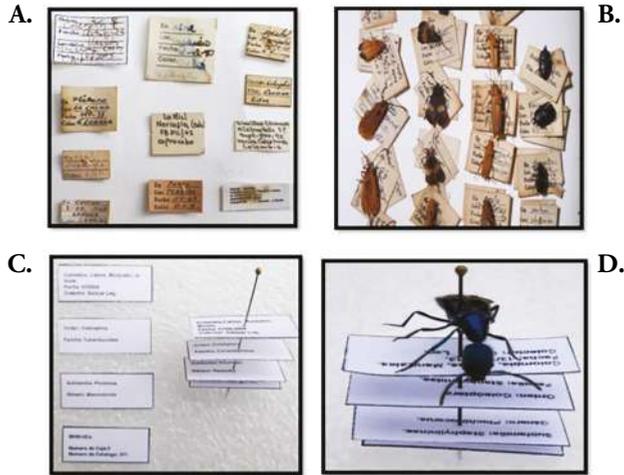
de la Superfamilia antes mencionada y también con las superfamilias: Cucujoidea con 40 individuos, 9 géneros, 3 especies y 1 individuo sin identificar; Curculinoidea con 33 individuos, 14 géneros, 2 especies y 3 individuos sin identificar; Dytiscoidea con 2 individuos y 1 género; Elateroidea con 136 individuos, 18 géneros y 5 especies; Histeroidea con 9 individuos y 2 géneros; en las cajas IV, V y parte de la VI encontramos la superfamilia Scarabaeoidea con 413 individuos, 63 géneros, 39 especies y 5 sin identificar; en la caja VI también encontramos a Staphyloidea con 18 individuos, 3 géneros, 1 especie y 1 individuo sin identificar; Lymexyloidea con 9 individuos, 2 géneros y 1 especie; y finalizamos con la superfamilia Tenebrionoidea con 6 individuos, 2 géneros y 1 especie (Figura 7).



**Figura 7.** Superfamilia  
Fuente: Luis D. Montoya.

## Etiquetado

El proceso de traducción de la información fue lento pues en muchos casos las etiquetas originales estaban ilegibles, también estas etiquetas se presentaban en desorden, con signos de deterioro y asimetría en su fijación dentro de la caja y muchas diferencias de formatos para la ubicación de sus datos (Figura 8a). La fase de etiquetado se realizó a 969 individuos con las cuatro etiquetas mencionadas en la metodología, en muchos casos no se pudo cumplir con el reglaje de distancia entre ellas, pues al individuo no fue posible removerle el alfiler antiguo ya que comprometía la integridad de este y muchas veces no era el adecuado o estaba con capa de óxido de hierro afectando la ubicación y estabilidad de las respectivas etiquetas, pues al penetrarlas, esta capa de óxido, generó huelgo excesivo en el papel y no permitió que estuviesen fijas en su punto de medición, 25 mm, 17 mm, 10 mm y 8 mm respectivamente (Figura 8b).



**Figura 8.** (a) Algunos de los formatos antiguos de etiquetas casi ilegibles (b) Organización asimétrica de la colección entomológica original (c) Formato actualizado que se usó en el proceso (c) Individuo de la familia Staphylinidae correctamente tratado y montado del género *Plochionocerus* con sus etiquetas estandarizadas y en los reglajes mencionados anteriormente.  
Fuente: Luis D. Montoya.

## Almacenamiento

Los insectos quedaron ubicados en 6 cajas entomológicas en un mueble de exposición con su ángulo apropiado de  $45^\circ$  dejando la colección en disposición de referencia y también de exhibición, los ejemplares que no se les encontró ningún dato, pasaron a material de docencia que en este trabajo fueron 24 individuos (Figuras 9 a 15, Fuente: Luis D. Montoya).



**Figura 9.** Caja I con las Superfamilias: Bupestroidea, Caraboidea, Chrysomeloidea con 142 individuos, 3 exóticos que fueron donados a la colección e igualmente identificados y sistematizados (*géneros Mormolyce y Batocera*)  
Fuente: Luis D. Montoya.



**Figura 10.** Caja II con la superfamilia Chrysomeloidea con 124 individuos.  
Fuente: Luis D. Montoya.



**Figura 11.** Caja III con las superfamilias Chrysomeloidea, Cucujoidea, Curculinoidea, Elateroidea e Hysteroidea con 257 individuos.



**Figura 12.** Caja IV con la superfamilia Scarabaeoidea con 170 individuos de los cuales 4 son exóticos y pertenecientes a los géneros *Mecynorrhina* y *Goliathus*, todos de África.



**Figura 13.** Caja V con la superfamilia Scarabaeoidea con 181 ejemplares y tres individuos exóticos de la familia Lucanidae de África y Chile (última columna)



**Figura 14.** Caja VI superfamilias Scarabaeoidea, Staphyloidea, Lymexyloidea y Tenebrionoidea con 97 individuos. A la derecha, las tres últimas columnas separadas tienen individuos que pasan a la colección de docencia.



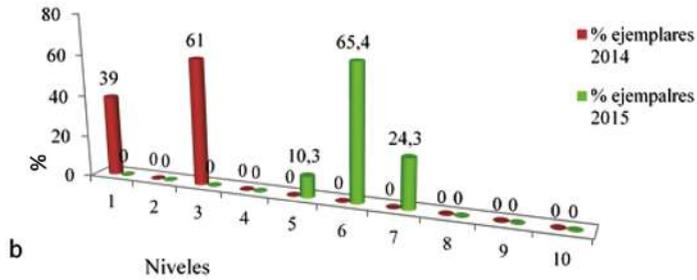
**Figura 15.** Disposición de las cajas entomológicas organizadas del orden Coleoptera, ubicadas en el mueble de exhibición.

## Sistematización

Debido a las inconsistencias que se presentaron continuamente en la base de datos antigua de la colección, se optó por empezar una nueva, partiendo de las categorías taxonómicas y en orden alfabético. Los elementos que conforman esta base de datos son: número consecutivo, orden, superfamilia, familia, subfamilia, tribu, género, especie, estado de conservación, número de caja, colector, localidad, fecha, información adicional, foto del ejemplar, índice salud inicial (2014), índice salud actual (2015). Se resalta que en la base de datos antigua solo se tenían 479 coleópteros sistematizados entre los cuales gran parte tenían inconsistencias taxonómicas que fueron resultas satisfactoriamente durante el transcurso de este proceso y adicionalmente se transcribió las etiquetas de 490 ejemplares restantes para un total de 969 coleópteros registrados en la colección entomológica MHN-UCa.

## Índices de salud

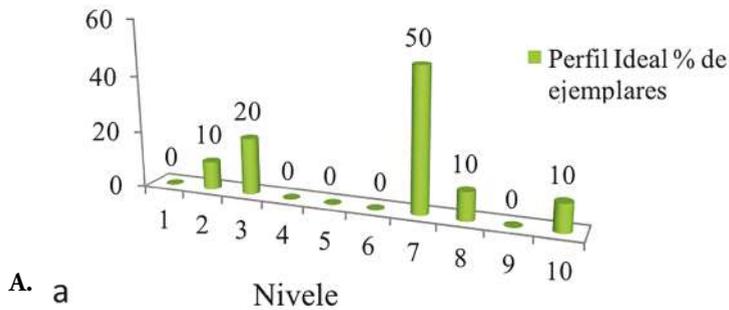
Para comprobar que el proceso de curaduría y sistematización fue efectivo, se utilizó el ISC protocolo propuesto por McGinley (1993) y Simmons & Muñoz (2005). Para el análisis de los ISC se tomó como unidad de medida cada uno de los registros (individuos) presentes en la colección y se le asignó un nivel dentro de una matriz, estos niveles van del 0-10. Para definir el perfil de la colección con base en los ISC se aplicó la fórmula McGinley (1993). Este índice se empleó para dos periodos de tiempo, uno inicial en el 2014 y otro final 2015 (Anexo A). Los resultados de los ISC obtenidos en ambas épocas se compararon con el índice propuesto para una colección ideal, representado en la (Figura 16a). Para el 2014 se encontró que toda la colección de coleópteros del MHN-UCa se ubicaba en los niveles 1 y 3 del ISC con 39% y 61% de los ejemplares respectivamente. En comparación el ISC para el 2015 se distribuye en los niveles 5 a 7 donde el nivel 5 contiene el 10,3% de los individuos, ya que algunos ejemplares deben revisarse por dudas taxonómicas, el 65,4% de los registros se ubicaron en el nivel 6 dado que solo se logró su identificación hasta género y el 24,3% restante se clasificó en el nivel 7 al lograr determinar las especies a las que corresponden los especímenes. El valor obtenido de ISC al 2014 fue de 61% mientras que para el 2015 fue de 89,7% lo que significa que la colección obtuvo un perfil que se acerca al óptimo señalado por Simmons & Muñoz-Saba (2005) nos dice que más del 70% de los registros de la colección deberían ubicarse en los niveles superiores (Figura 16).

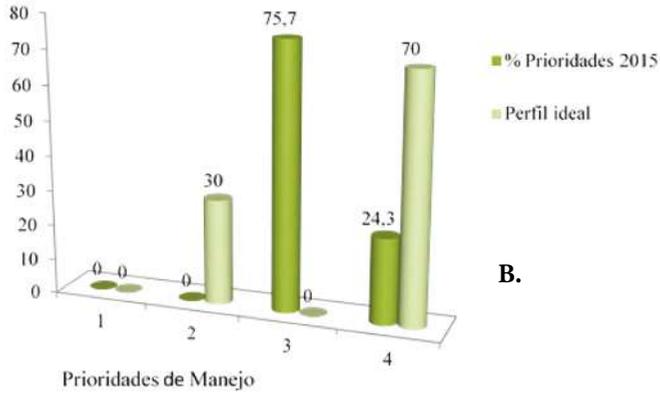


**Figura 16.** Perfil de la Colección de Coleópteros del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas 1014 barras rojas y 2015 barras verdes.  
Fuente: Luis D. Montoya.

## Prioridades de manejo

El análisis de prioridades de manejo se realiza con base en el ISC para la colección únicamente en el 2015 (Anexo B), con el fin de determinar las prioridades de gestión para los próximos años. Tras la sumatoria de los niveles del ISC se ubica la colección en la prioridad número 3 que reúne el 75,7% de los registros (734 especímenes) y el 24,3% restante quedó en prioridad 4 con 235 individuos indicando que hay que aumentar el esfuerzo de trabajo en la parte de identificación y movimiento en investigación (Figura 17 a, b).

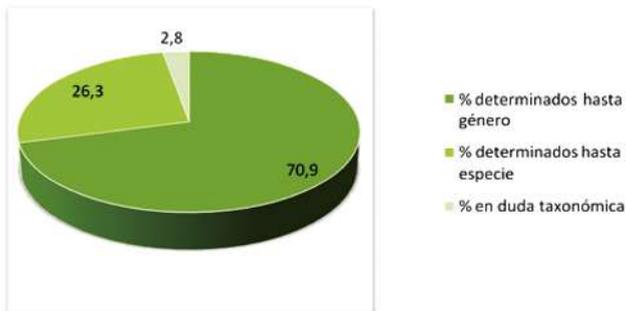




**Figura 17.** Gráfico de prioridades de manejo aplicado a la colección de coleópteros para el 2015 en verde oscuro comparado con el perfil ideal verde claro.  
Fuente: Luis D. Montoya

## Identificación taxonómica

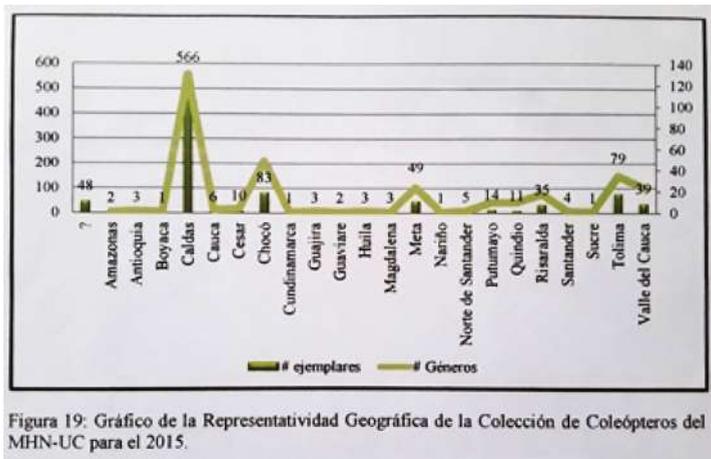
Es un indicador que permite conocer el grado de identificación taxonómica dentro de la colección. En la colección de coleópteros se registran actualmente 252 individuos 44 determinados hasta especie que corresponden al 26,3%, 687 hasta género equivalentes al 70,9% y 27 individuos en duda taxonómica igual al 2,8% (Figura 18). Para calcular este indicador se tomó cada nivel taxonómico, se dividió en el total de registros sistematizados en la colección y se multiplicó por 100.



**Figura 18.** Gráfico de porcentaje de identificación taxonómica para la Colección de Coleópteros 2015.  
Fuente: Luis D. Montoya

## Representatividad geográfica

En la colección hay representación de 22 departamentos de 32 de Colombia (Fig. 19). Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Sucre con un individuo; Amazonas y Guaviare con dos individuos, Antioquia, Guajira, Huila y Magdalena con tres individuos; Santander con cuatro y Norte de Santander con cinco, Cauca con seis individuos, los departamentos del Cesar y Quindío con 10 y 11 ejemplares respectivamente, Putumayo con 14, Risaralda con 35, Valle del Cauca con 39, Meta con 49 y 48 individuos por confirmar su localidad en libretas de campo. Los departamentos más abundantes fueron Tolima con 79, Chocó con 83 y Caldas es el mejor representado con 566 especímenes (Figura 19).



**Figura 19.** Fuente: Luis D. Montoya

## Discusión

El ejercicio de curaduría es una tarea de mucha paciencia, que pone a prueba la determinación y el gusto que se debe tener para realizarla, ya que se requiere de gran observación y manejo de prácticas de alta delicadeza, enfocado en colecciones de insectos que utilizan en gran medida técnicas de conservación en seco, sumado a la fragilidad de algunas de sus extremidades por la naturaleza de los ejemplares y el tiempo de antigüedad que en algunos casos se remonta con individuos del año 1953 y 1960 y la dificultad de trasladar la información deteriorada impresa en las etiquetas originales que en casos estaba ilegible. Fue evidente la presencia de hongos en la colección, pues las condiciones en las que se encontraba no eran las ideales

tanto en las variables del ambiente: humedad relativa, luminosidad y temperatura, como factores externos de contaminación, falta de extremidades, comprometiendo el estado de conservación de algunos ejemplares. Durante la sistematización, el objetivo fue unificar la información, estandarizarla y dejarla disponible para el trabajo con la colección de referencia, optimizando de esta manera la búsqueda en la base de datos y promoviendo la investigación con el orden coleóptero del MHN-UCa.

Para 2014 se encontró que toda la colección de coleópteros del MHN-UCa se ubicaba en los niveles 1 y 3 del índice de salud de las colecciones, debido a que el material se encontraba deteriorado, disperso y sin atención, con la información de algunas etiquetas muy borrosa e incluso con problemas de conservación por plagas, exceso de pegante, 47 apéndices desprendidos, errores taxonómicos entre otros. En contraste se observa que para el 2015 los ejemplares se distribuyen en los niveles 5 a 7 dado que algunos aún deben ser revisados para su identificación en el caso de aquellos en nivel 5, otros identificados a nivel de género e incluso de especie, curados correctamente, almacenados en cajas por orden taxonómico y alfabético, con etiquetas nuevas y su información asociada actualizada y sistematizada clasificados en los niveles 6 y 7 del ISC.

Dentro de la colección la prioridad que requiere mayor enfoque es la número 3 dado que el 75,7% de los registros se clasificaron en este nivel, el cual se relaciona con la accesibilidad, lo que traduce que la mayoría de los especímenes están sin determinar hasta el nivel de especie y deben estar disponibles para la comunidad de investigadores, ya que esta colección requiere mayor esfuerzo del curador o necesita asistencia de expertos en el grupo para acercarse al perfil ideal de prioridades de una colección. Esto puede deberse a la baja categoría taxonómica en que se encontraba (hasta familia) y que en muchos casos estaba incorrecta, o también se puede deber al abundante periodo de tiempo que estuvo sin dinamismo la colección. El 24,3% restante se ubicó en la prioridad cuatro lo que significa que esta proporción de ejemplares está disponible para investigación y publicaciones a partir de los especímenes curados.

Los indicadores de biodiversidad aplicados a esta colección que fueron los de representatividad taxonómica y geográfica nos muestran la necesidad de aumentar la categoría taxonómica y la invitación directa al gremio investigativo, pues es necesaria la continuidad integral del proceso de curaduría y sistematización que se inició en este trabajo; por el lado del indicador de representatividad geográfica nos evidencia los sitios más muestreados y los que tiene un notorio déficit en su número de individuos, lo que facilita a los científicos concentrar sus esfuerzos de trabajo en las zonas pobres y por el contrario poder ver rápidamente las zonas del país con mayor esfuerzo de muestreo.

## **Conclusiones**

En este trabajo se curaron y se sistematizaron los 995 coleópteros de la colección, usando técnicas estandarizadas recomendadas por el protocolo de cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas, unificando el modelo de acopio del orden Coleoptera. No obstante, hace falta trabajar los especímenes de los órdenes Mantodea, Blattodea, Hemiptera, Megaloptera e Hymenoptera, grupos que requieren de la aplicación de estas mismas técnicas. También es necesario acondicionar el recinto donde se deposita la colección con las condiciones ambientales óptimas estandarizadas, como la humedad relativa, temperatura y luminosidad controladas.

Los índices de salud aplicados nos dieron a conocer la diferencia entre una colección estática y una con mayor dinamismo, ya que se aplicó inicialmente como punto de referencia en el 2014 donde la colección se encontraba sin atención, y el siguiente en el 2015 después del proceso de curaduría, indicando que el hecho de tener los individuos clasificados hasta género aumenta el grado de utilidad de una colección. Sin embargo, cabe resaltar que uno de los requisitos para que se alcance el perfil ideal de la colección, se requiere entre otras cosas, de la visita de investigadores y expertos, como lo confirma el resultado de las prioridades de manejo, dándole de esta forma mayor dinamismo y reconocimiento a la colección.

La representatividad geográfica nos indica rápidamente qué zonas del país están mejor muestreadas y cuáles necesitan mayor esfuerzo de investigación. A partir de este modelo se puede optimizar la producción científica y complementar los registros presentes de la colección.

La realización de este trabajo evidencia que es necesario tener un número de integrantes específico para las diferentes tareas de curaduría y reparación, cambio de etiquetas y sistematización, así como un monitoreo continuo que garantice que a este proceso que comienza se le dé continuidad en el tiempo.

## **Contribución de los autores**

LDMB realizó toda la investigación principal, concepto, análisis e información pertinente a este trabajo.

## **Agradecimientos**

El autor agradece a las profesoras Beatriz Restrepo y Viviana Ramírez que en su momento hicieron valiosas sugerencias a este trabajo. Así mismo, a Julián A. Salazar E., quien realizó la labor de edición para esta revista y la oportunidad de trabajar sobre la colección entomológica. A Damaris, Luz, Omar, Orlando, Diana y Alejandro, el

personal de atención del Centro de Museos de la Universidad de Caldas, quienes con su trabajo indirectamente aportaron a la realización de este. A mis compañeros de estudio y de trabajo, en especial Carolina García quien hizo parte inicial de este proyecto, fue vital su aporte y su experiencia en la identificación taxonómica y otras labores aquí realizadas. A Vanessa Serna por su colaboración continua y asesoramiento, y a mi compañero Julián Andrés Rojas en su voluntad de ayudar en este proceso.

## Referencias bibliográficas

- Aguirre-Tapiero, M. P. (2009). Clave de identificación de géneros conocidos y esperados de Elateridae Leach (Coleoptera: Elateroidea) en Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 10: 25-35.
- Aguirre-Tapiero, M. P., Carrejo, N. S. & Pardo-Locarno, L. C. (2010). Listado de los géneros de Elateridae (Coleoptera: Elateroidea) del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 11: 13-22.
- Andrade, M. G. & Amat, G. (2000). *Guía preliminar de insectos de Santafé de Bogotá y sus alrededores*. Departamento Técnico Administrativo Medio Ambiente. Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá.
- Ariño, A. H. (2010). Approaches to estimating the universe of natural history collections data. *Biodiversity Informatics*, 7: 81-92.
- Brier, B. (1998). *The encyclopedia of mummies*. Checkmark Boos, New York. 740 pp.
- Castaño, N. D. & Ramírez, H. E. (2018). Sistematización y estimación del índice de salud de la colección de mamíferos (Mammalia) del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 22(2): 90-103 + figs.
- Correa, V. A., Casari, S. A. & Bermudes, J. R. (2011). Inventário de Elateridae (Coleoptera) de Vila Dois Rios, Ilha Grande, Angra Dos Reis, Rio de Janeiro. *Biota Neotropica*, 11: 291-297.
- Cultid, C. A., Medina, C. A., Martínez, B. G., Escobar, A. F., Constantino, L. M. & Betancur, N. J. (2012). *Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del eje cafetero: guía para el estudio ecológico*. Espacio Gráfico, 195 pp.
- Duckworth, W. D., Genoways, H. H. & Rose, C. L. (1993). *Preserving natural science collections: chronicle of our environmental heritage*. Natural Institute for the Conservation of Cultural Property. Washington, D.C. 140 pp.
- Estrada, E. J. & Salazar, J. A. (2004). **Coleóptera (II). Sobre algunas localidades colombianas para conocer y estudiar a *Enceladus gigas* Bonelli (Coleóptera, Carabidae, Siagoninae)**. *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas*, 8: 223-231.
- Gómez, G. B. & Jones, R. W. (2002). *Manual de métodos de colecta, preservación y conservación de insectos*. El Colegio de La Frontera Sur y Facultad de Ciencias Naturales Universidad Autónoma de Querétaro. México. 32 pp.
- Guzmán, M. E. (2005). Clave de las especies de *Conoderus* Grupo II (Coleoptera: Elateridae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 64: 119-129.
- IAvH (Instituto Alexander von Humboldt). <http://www.humboldt.org.co/servicios/colecciones-biologicas/>
- Izquierdo, M. I. (2013). Los tesoros del investigador: las colecciones de Historia Natural como referencia del trabajo científico. *Memorias Real Sociedad Española de Historia Natural, 2ª ed., 11. Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN)*.
- Lozada, J., 2001.- **El Museo de Historia Natural del Colegio de Cristo, Manizales**. *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas*, 5: 64-65.
- Maes, J. P., Berge, E., Dauber, D., Audureau, A., Nears, E. & Monne, M. (2010). Catálogo ilustrado de los Cerambycidae (Coleoptera) de Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 70: 1-879.
- Martínez, C. (2005). *Introducción a los escarabajos Carabidae (Coleoptera) de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C, Colombia. 546 pp.
- Mcginley, R. J. (1993). *Where's the management in collection's management? Plannig for a improved care, greater use, and growth of collections*. Pp. 309-338. En: Rose, C. L., Williams, S. L. & Gisbert, J. (eds.). Congreso mundial sobre preservación y conservación de colecciones biológicas. Vol. 3: 433 pp.
- Mesa, D. P. (2006). Protocolos para la Preservación y Manejo de Colecciones Biológicas. *Boletín Científico Museo de Historia Natural, Centro de Museos, Universidad de Caldas*, 10: 117-148.
- Montaño, C. M., Meza, S. A. & Díaz, G. L. (2012). La colección entomológica CEBUC y su potencial como colección de referencia de insectos acuáticos. *Bol. Cient. Mus. de Hist. Nat. Univ. Caldas*, 16: 173-184.
- Moret, P. (2003). Clave de identificación para los géneros de Carabidae (Coleoptera) presentes en los páramos del Ecuador y del sur de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 29: 185-190.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2014). *Fauna de Colombia*. <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php patron=01.15>
- Plascencia, R. L., Castaño, B. A. & Raz, G. A. (2011). *La biodiversidad en México: su conservación y las colecciones biológicas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. Ciencias, 101: 36-43.
- Rey, F. I. (2013). Museos, colecciones científicas y ADN. Colección de Tejidos y ADN, Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC). *Memorias Real Sociedad Española de Historia Natural*, 62: 53-68.
- Rosado, L. R. & Salazar, J. A. (2005). **Coleóptera (III). Sobre algunas localidades colombianas para conocer y estudiar a *Acrocinus longimanus* (L.) y *Euchroma gigantea* (L.) (Coleoptera: Cerambycidae-Buprestidae)**. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 9: 139-153.
- Salazar, J. A. (2004a). Una mirada de reconocimiento a Jesús H. Vélez E. y el Museo de Historia Natural en sus 29 años. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 8: 31-35.

- Salazar, J. A. (2004b). **Coleóptera (I). Sobre algunas localidades colombianas para conocer y estudiar a *Macrodonia cervicornis* (L.), *M. dejeani* (Gory) y *Titanus giganteus* (L.) (Coleoptera: Cerambycidae).** *Boletín Científico Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 8: 155-170.
- Salazar, J. A. (2005). **Coleoptera (V). Sobre algunas localidades colombianas para conocer y estudiar a *Psalidognathus superbus* & *modestus* (Fries) y *Prionacalus demelti* (Quentin & Villiers) (Coleoptera: Cerambycidae: Prioninae).** *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 9: 241-250.
- Salazar, J. A. (2007). Catálogo de los Rhopalocera del Museo de Historia Natural, Centro de Museos-Universidad de Caldas (MHN-UC) y de la colección J. Salazar. Nymphaloidea. Parte I. con apuntes taxonómicos. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 11: 206-259.
- Serna-Botero, V. & Ramírez-Castaño, V. A. (2017). Curaduría y potencial de investigación de la colección Herpetológica del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 21(1): 138-153.
- Simmons, J. & Muñoz-Saba, Y. (2005). *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 290 pp.
- Tourolt, J. (2011). Contribution à L'Étude des Coléoptères de Guyane. Tomo IV. *Supplément au Bulletin de liaison d'ACOREP-France*. Paris, Francia. 88 pp.
- Triplehorn, C. A. & Johnson, N. F. (2004). *Borror and De Long's Introduction to the study of insects*. Belmont CA, Thomson Brooks/Cole.



## Nuevos datos de distribución de dos raros géneros de Prioninae colombianos: *Chalcoprionus* Bates y *Braderochus* Buquet (Coleoptera: Cerambycidae)\*

Luis Carlos Pardo-Locarno<sup>1</sup>

### Resumen

Colombia contiene una notable diversidad de escarabajos longicornios (Coleoptera: Cerambycidae), una inmensa familia de la cual incluye en su geografía grupos emblemáticos como son los longicornios de los géneros *Chalcoprionus* Bates, 1875 (Macrodonitiini) y *Braderochus* Buquet, 1852 (Prionini), los cuales resaltan por su rareza en las colecciones nacionales y por lo fraccionario de sus registros geográficos, razón por la cual esta investigación se propuso aportar nuevos datos sobre la distribución de las especies colombianas. La metodología articuló revisión de literatura y de algunos ejemplares de colecciones nacionales (la del autor CFPL-COL y la del Museo de Historia Natural-HN Universidad de Caldas). Sobre *Chalcoprionus badeni* Bates 1875, se ilustra por primera vez el macho, junto a la hembra; se registran datos de tres ejemplares colectados en selvas muy húmedas de la quebrada La Cristalina, cuenca Calima (1400-1600 msnm), municipio de Darién, Cordillera Occidental, Valle del Cauca, discutiendo además los registros originales en Antioquia y la prioridad de conservación de esta magnífica especie; *Braderochus*, estuvo representada por cuatro especies así: *B. dentipes* (Chemsak, 1979) (Chocó), *B. hovorei* (Santos-Silva & Martins, 2005) (Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Santander), *B. levoiturieri* (Buquet, 1842) (Caldas, Boyacá, Santander) y *B. retrospinosus* (Lameere, 1916) (Meta, Caquetá); los nuevos datos, además de novedosos, reiteran un precario estado de conocimiento y un mapa de distribución muy relictual, estimándose en la mayoría de las especies una expectativa de supervivencia bastante incierta. La conservación de todas estas notables y endémicas especies, incluidas entre los pilares de la genealogía de los Prioninae neotropicales, se constituye en un aspecto prioritario, que debe articular el estudio, establecimiento y manejo de áreas de conservación.

**Palabras clave:** Microfauna, selvas, distribución, conservación.

## New distribution records of two rare genera of Colombian Prioninae: *Chalcoprionus* Bates and *Braderochus* Buquet (Coleoptera: Cerambycidae)

### Abstract

Colombia exhibits a remarkable diversity of long horned beetles (Coleoptera: Cerambycidae), an immense family which includes in its geography emblematic groups such as the longicorn

\*FR: 25-IV-2021. FA: 13-X-2021.

<sup>1</sup> PhD, Docente, Programa de Agronomía, Universidad del Pacífico, Buenaventura, Valle, Colombia. E-mail: lcpardo@uipacifico.edu.co

 orcid.org/0000-0002-4464-9771 

### CÓMO CITAR:

Pardo-Locarno, L. C. (2022). Nuevos datos de distribución de dos raros géneros de Prioninae colombianos: *Chalcoprionus* Bates y *Braderochus* Buquet (Coleoptera: Cerambycidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 193-202. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.13>



of the genera *Chalcoprionus* Bates, 1875 (Macrodoniini) and *Braderochus* Buquet, 1852 (Prionini) that stand out for their rarity in national collections and for the fractional nature of their geographic records, which is why this research set out to provide data on the distribution of Colombian species. The methodology included a review of the literature and of some copies of national collections (that of the author CFPL-COL and the MHN Universidad de Caldas). On *Chalcoprionus badeni* Bates, the male is illustrated for the first time, next to the female. Data are recorded from three specimens collected in very humid forests of La Cristalina stream, Calima basin (1400-1600 masl), Municipality of Darien, Western Cordillera, Valle del Cauca, and the original records in Antioquia and the conservation priority for this magnificent species are also discussed. *Braderochus* Buquet was represented by four species as follows: *B. dentipes* (Chemsak, 1979) (Chocó), *B. hovorei* (Santos-Silva & Martins, 2005) (Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Santander), *B. levoiturieri* (Buquet, 1842) (Caldas, Boyacá, Santander) and *B. retrospinus* (Lameere, 1916) (Meta, Caquetá). The new data, in addition to being novel, reiterates a precarious state of knowledge and a very relictual distribution map, estimating a uncertain survival expectation. The conservation of all these remarkable and endemic species, included among the pillars of the genealogy of the Neotropical Prioninae, constitutes a priority aspect, which should articulate the study, establishment and management of conservation areas.

**Key words:** Microfauna, rainforests, distribution, conservation.

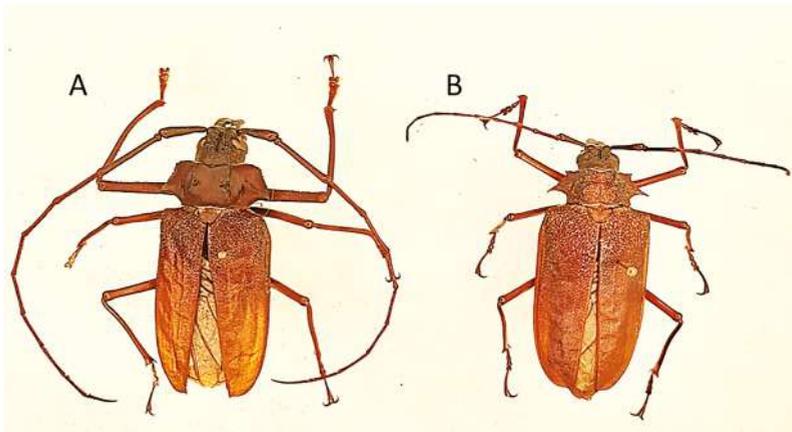
## Introducción

Los escarabajos longicornios en Colombia (Coleoptera: Cerambycidae) se encuentran representados por 5 subfamilias, 69 tribus, 400 géneros y 920 especies (Botero, 2018), por lo que se constituyen en una de las más diversas familias de Coleóptera en el territorio colombiano. Particularmente, la subfamilia Prioninae reúne algunas de las especies de coleópteros más llamativas y, en algunos casos, de mayor tamaño corporal del planeta (Bleuzen, 1994; Blackwelder, 1946; Costa-Lima, 1955). En Colombia esta subfamilia incluye, entre otros, a dos raros géneros: *Chalcoprionus* Bates, 1875 (Macrodoniini) y *Braderochus* Buquet, 1852 (Prionini); estos géneros resaltan además por su rareza en las colecciones nacionales y por lo fraccionario de sus registros geográficos (Bleuzen, 1994; Botero, 2018; Pardo-Locarno, 1996; Salazar, 2018).

En ese sentido, no extraña que algunos de estos géneros, incluyan especies que, durante más de un siglo, solo han sido conocidas por los datos de la serie tipo, tampoco sorprende que dichos datos sean errados o muy imprecisos, como corresponde a una época en que la cartografía del nuevo mundo cursaba sus albores (IGAC, 2002); dicha situación y el acceso a una pequeña muestra de ejemplares planteó la posibilidad de precisar datos geográficos y aportar algunas observaciones sobre la composición y distribución de los longicornios de los géneros *Chalcoprionus* y *Braderochus* en Colombia.

## Metodología

La revisión de literatura (Bleuzen, 1994; Botero, 2018; Lameere, 1904; Monné, 2021; Pardo-Locarno, 1996; Salazar, 2018; Santos-Silva & Martins, 2005; Santos-Silva, 2006) se complementó con la revisión de algunos especímenes disponibles, en las colecciones Familia Pardo-Locarno-CFPL-COL y la colección del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas (Manizales); en cada caso se revisó la información de localidad, fecha, colector y circunstancias de la colecta; los diseños cartográficos del estudio se basaron en mapas disponibles en la web, particularmente mapas municipales o de otras entidades nacionales, pues no fue fácil conseguir mapas oficiales con la escala que permitiera las tomas requeridas (Alcaldía de Darién, 2018; IGAC, 2002; Moquete-Bencosme, 2014).



**Figura 1.** *Chalcoprionus badeni* Bates. A: macho; B: Hembra (LC Pardo-Locarno Fot.; ejemplares CFPL-COL).

## Resultados

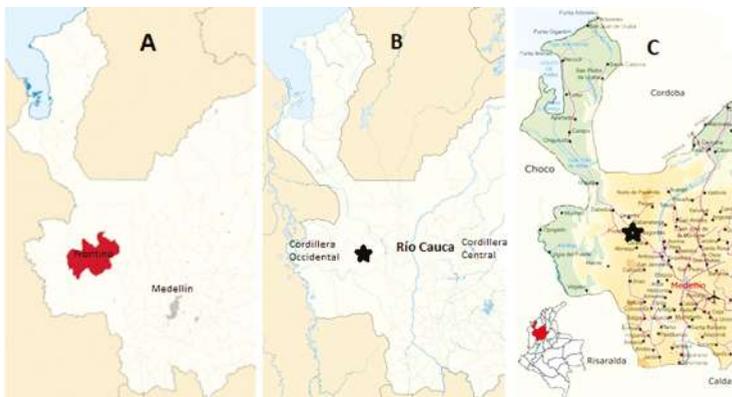
La presente investigación dispuso de la revisión de ejemplares de los géneros *Chalcoprionus* y *Braderochus*, algunos de ellos se constituyen en nuevos registros geográficos de las especies conocidas para Colombia.

***Chalcoprionus*** Bates, 1875 (Figura 1). Género conformado por la única especie *C. badeni* Bates, 1875, la cual además resulta ser un endemismo colombiano; Desde su descubrimiento, los datos geográficos de esta llamativa e inusual especie causaron mucha inquietud; en resumen, Bates (1875) indicó que un par de especímenes le fueron llevados a su casa de parte del colector Herr. Wallis, quien la obtuvo en “Frontino, on the Cauca side of the Central cordillera in New Granada” (Figura 2).

En la descripción se alude la cortesía de “F. Baden de Altona” a quien se le dedicó la especie, por ofrecer un macho para la descripción y una hembra donada para la colección Bates (actualmente en el *Museum nationale d’Histoire naturelle*, París, Francia); así las cosas, la especie permaneció por más de un siglo precariamente conocida, hasta que recientes noticias plantearon novedades al respecto (Bleuzen, 1994; Pardo-Locarno, 1996).

Los datos recopilados se basan en tres ejemplares, dos de ellos adultos y un inmaduro, presumiblemente la pupa de la especie. Un macho de 55 mm (Figura 1A) colectado en la quebrada La Cristalina Alta, río Calima, Cordillera Occidental, municipio de Darién Calima, Valle del Cauca, Colombia (Figura 3), a 1660 msnm, en marzo 27 de 1993 por Germán Gutiérrez y Luis Carlos Pardo Locarno; este ejemplar se observó en el suelo, en un proyecto de trazado vial no terminado, al pie de una selva de montaña, aparentemente recién muerto, pues se observaba flácido, pero en muy buen estado de conservación (Figura 3B). Una hembra (54 mm) colectada en la quebrada La Cristalina, río Calima, Cordillera Occidental, municipio de Darién Calima, Valle del Cauca, Colombia (Figura 1B), en abril 10 de 1990 por Luis Carlos Pardo Locarno y Diego García Mera, en circunstancias similares, camino a un campamento conocido como Campoalegre a casi 1450 msnm (Figura 3B).

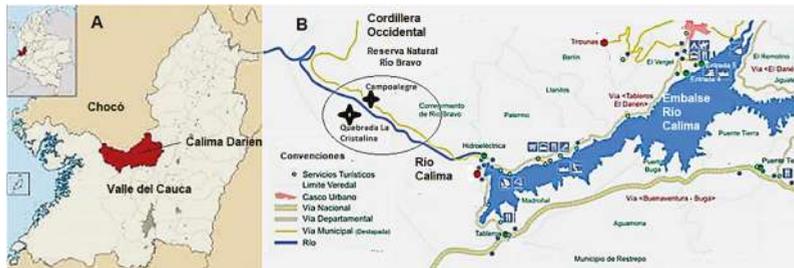
Una larva, colectada en la quebrada La Cristalina Alta, río Calima, Cordillera Occidental, Darién Calima, Valle del Cauca, Colombia, a 1660 msnm, en abril de 1991 por Luis Carlos Reyes-Úsuga y Luis Carlos Pardo-Locarno; la larva pronto mudó a pupa y, en ausencia de condiciones, murió, siendo fijada; aunque el inmaduro de la especie no ha sido descrito, la similitud con el adulto y la coincidencia de lugar, permiten por ahora presumir tal identificación.



**Figura 2.**

Mapa de Antioquia mostrando la distribución de la serie tipo de *Chalcopyrion badeni* Bates. A: localización de Frontino al occidente de Antioquia; B: ídem caso mostrando la Cordillera Occidental y la ubicación del río Cauca; C: ídem se ilustra el entorno municipal y límites municipales de Frontino (diseño por LC Pardo-Locarno; fuente original: Moquete-Bencosme, 2014).

Los ejemplares ilustrados en la figura 1 exhiben los caracteres dimórficos planteados por el autor al momento de la descripción: cabeza, antenas y primer par de patas del macho más grandes, finalmente, el disco pronotal con dos juegos de carinas y el borde protorácico continuo, oblicuo y con una espina posterior lateral, expresiones muy diferentes a las observadas en el ejemplar hembra.



**Figura 3.** A: mapa del Valle en rojo el municipio de Darién Calima; B: Detalles de parte de la cuenca del río Calima en la zona del embalse o lago Calima, en el círculo las localidades de colecta de *Chalcopyrionus badeni* Bates (Diseño: LC Pardo-Locarno; fuente original: A página web Alcaldía de Darién y B modificado desde Guía Turística de Colombia, 2009).

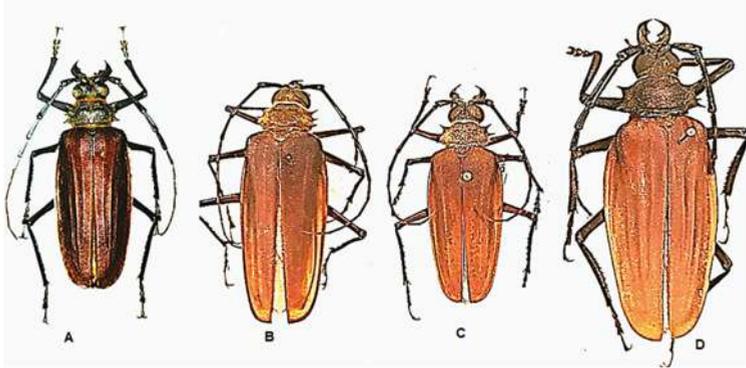
Estos datos definen una pequeña área, que comprende la cuenca baja y alta de la quebrada La Cristalina, río Calima, corregimiento de Río Bravo, municipio de Darién, Valle del Cauca, la cual constituye la localidad más precisa conocida de la especie. El dato inicialmente citado por el autor Frontino parece muy acertado y válido, mientras que la alusión a la Cordillera Central resulta, una información imprecisa, pues este municipio forma parte del occidente antioqueño, en el piedemonte de cara al Pacífico colombiano y con cuencas que drenan al Pacífico, algo muy al oeste de la cuenca del río Cauca (Figura 2A y B) y alejado de la cordillera Central; si se asume como localidad precisa a Frontino (locación fundada en 1806 y erigida como municipio en 1850, en ese entonces aún Nueva Granada), se estaría hablando de una distribución próxima o inmersa en el Chocó biogeográfico, un clima muy húmedo y una condición forestal selvática, pues este municipio exhibe un terreno quebrado, pendiente, perteneciente a la Cordillera Occidental, que incluye regiones selváticas muy húmedas de las cadenas montañosas de Cárcamo, Nore y Musinga, que originan las microcuencas Murri y Sucio (Moquete-Bencosme, 2014); esta región podría ser candidata a ser la designación originaria del registro y de contener actualmente a la especie, una posibilidad que serviría de hipótesis para futuras investigaciones de su zoogeografía; la designación que hizo Bates sobre Frontino “New Granada (nombre que tuvo la nación entre 1831 y 1858), también deja inquietudes sobre los datos de fecha de colecta de los ejemplares.

Los datos más recientes aportados por Bleuzen (1994): dos hembras una de 51 mm, de “Frontino, N. Grenade, coll Bates in MNHN, Paris (syntipo) y otra de 60 mm, de “Colombia, Buga, Valle, 1985, in coll. J-P. Maréchal” lo que resume como “Colombia (Frontino; Cauca River, central cordillera; Buga Valle)” reiteran los discutidos datos de Bates (1875), pero añaden nuevas impresiones como son “Río Cauca... Buga, Valle y Cordillera Central”, pues los datos aquí reunidos descartan la distribución en la cuenca del río Cauca y confirman al corregimiento de Río Bravo, Darién, cuyo hábitat coincide con el descrito para Frontino, Occidente de Antioquia, es decir la selva nublada de la cordillera occidental en parte mapa del Chocó biogeográfico (Figura 3).

Algunas precisiones se habían expresado antes en la exposición de los Prioninae de la cuenca Calima-Bajo Sanjuán (Valle-Chocó) en el marco del congreso anual de la Sociedad Colombiana de Entomología (Pardo-Locarno, 1996), información que le fue compartida al autor Patrick Bleuzen durante su visita a la colección, quien observó con detenimiento los ejemplares disponibles y los datos en la cuenca Calima. Por lo anterior, se concluye que la verdadera filiación zoogeográfica de *C. badeni* es un gradiente del Chocó biogeográfico entre Antioquia y Valle, próximo a los 1400-1600 msnm, dejando como primer registro a la cordillera occidental en Frontino, occidente antioqueño y como registro más reciente a la cuenca del río Calima en el tramo que se sumerge en el Chocó biogeográfico.

***Braderochus*** Buquet, 1852. Este género registra siete especies localizadas en parte de Centroamérica desde Honduras Costa Rica, Panamá y el norte de Suramérica entre Colombia Venezuela y Guyana (Monné, 2021; Santos-Silva, 2006); de esta cifra, al menos cuatro especies se conocen para Colombia: *B. dentipes*, *B. hovorei*, *B. levoiturieri* y *B. retrospinosus* (Bleuzen, 1994; Botero-Rodríguez, 2018; Monné, 2021; Pardo-Locarno, 1996; Salazar, 2018).

*Braderochus dentipes* (Chensak, 1979). Esta especie ha tenido una interesante dinámica nomenclatural (Monné, 2021). Originalmente descrita en el género *Derobrachus* Audinet-Serville, 1832, fue reasignada recientemente por Santos-Silva & Martins (2005) a *Braderochus*, estableciendo también una sinonimia con *B. shuteae* Bleuzen, 1994, proponiendo su distribución en Honduras, Costa Rica, Panamá y Colombia; no se dispuso de material biológico para el registro, el cual se basó en una hembra estudiada por Santos-Silva & Martins (2005), cuyos datos fueron “Chocó: Lloró (Granja Universidad del Chocó), 23.V.2003, J. C. Neita col (Figuras 4A y 5).

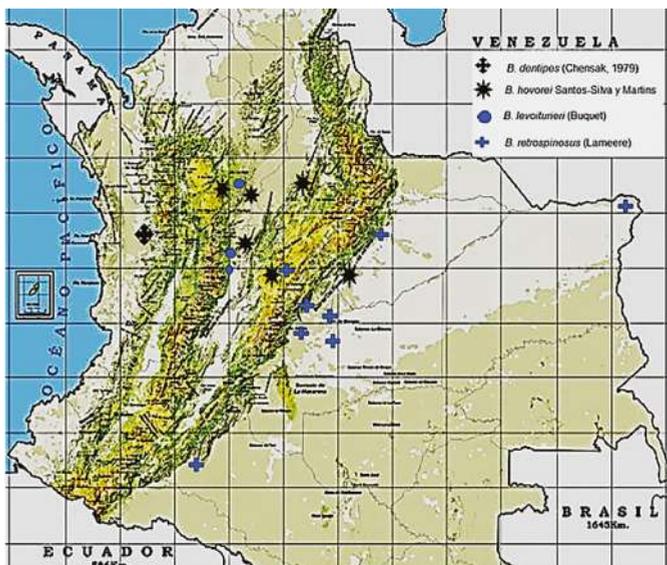


**Figura 4.** *Braderochus*: A *B. dentipes* (Chemsak, 1979); B *B. hovorei* Santos-Silva & Martins; C *B. levoiturieri* (Buquet) y D *B. retrospinosus* (Lameere) (A editada desde Bleuzen, 1994 p 16 figura 4; B, C y D fotografías y edición LC Pardo-Locarno, ejemplares CFPL-COL).

*Braderochus hovorei* (Santos-Silva & Martins, 2005). Endémica de Colombia (Figuras 4B, 5); muy similar a *B. levoiturieri*, de la cual se diferencia entre otras, por la cabeza un poco más larga, con la porción posterior detrás de los ojos más recta, los lóbulos oculares más extendidos en su porción ventral, convexidad elytral y ápices elitrales en la región de la sutura con espinas nítidamente expresadas. Los ejemplares aquí identificados tenían previamente rótulo de *B. levoiturieri*; esta nueva especie se conoce en la cuenca media del río Magdalena y la vertiente este de la cordillera oriental en el Meta, los datos inicialmente registrados por los autores fueron “Boyacá: Muzo, 1931, Apolinar col. (MZSP); Santander: río Carare, ♂, V.1948, L. Richter col. (AMNH); Boyacá: Muzo, ♂, 1931, Apolinar col. (MZSP); Meta: Buenavista (1360 m), ♂, XII.1944, L. Richter col. (AMNH)”. Posteriormente, Santos-Silva (2006) adicionó Cundinamarca: La Mesa (Laguna Pedro Palo (1298 m), 11. III. 1995, sexo?; San Francisco (1570 m), ♂, 12.X.1995, con ejemplares del Museo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, sede Bogotá-MEFA.

Esta investigación contribuyó con tres nuevos datos así: El Rubí, La Belleza, Santander, abril 2004, ♂ 69 mm; San Cayetano, La Belleza, Santander, mayo 13 de 2004, F. Vargas leg, ♂ 56 mm; Girardota, Antioquia, junio 15 de 2000, Y. Montoya, ♂ 63 mm. Así, la distribución de esta especie se extiende al departamento de Antioquia (Figura 5). Destacamos en estas líneas el profundo desconocimiento de esta especie de reciente descubrimiento, lograda en las colectas del Hermano Apolinar María (Museo de La Salle) y que cuenta hoy con un precario mapa de distribución en los relictos selváticos del Magdalena medio y con muy pocos ejemplares disponibles en los museos nacionales, urge en ella establecer un programa de conservación y su priorización en los Planes de Acción Trienal-PAT de las corporaciones regionales correspondientes.

*Braderochus levoiturieri* (Buquet, 1842). La especie más antigua del género, asignada inicialmente a Colombia, considerada endémica. Los fémures son carentes de denticulación, lóbulos tarsales ausentes de espinas y otros caracteres de ojos, pronotum, antenas y élitros expuestos por Bleuzen (1994) (Figura 4C). Su distribución, bastante simpátrica con *B. hovorei*, abarca la cuenca media del río Magdalena como Otanche y Muzo, Boyacá (Bleuzen, 1994). Más recientemente, Salazar (2018) adicionó datos de dos ejemplares colectados en el departamento de Caldas con los siguientes datos: “Manzanares El Roble, IV-2005, ♂, (MHN-UC) y Pensilvania-El Higuerón, II-2001, ♀ (MHN-Uca), ampliándose así a un nuevo departamento y una locación más al sur, de la misma cuenca del Magdalena, la distribución de la especie. A lo anterior adicionamos los nuevos registros: Boyacá, sin localidad, sobre Pastizal, julio 6 de 1968, H. Hernández, ♀ 87 mm; Otanche, Boyacá, sin más datos, 1993, Jesús Urbina, ♀ 57 mm; La Belleza, Santander, abril 2004, ♀ 76 mm; San Carlos, Antioquia, marzo de 1996, ♀ 82 mm; Santa Rosa, Antioquia, marzo de 1994, Cesar Acosta, ♂ 53 mm; Gómez Plata, Antioquia, atraídos por luz, agosto 1984, A. Lotero, ♀ 74 mm. La nueva información reitera la distribución en la cuenca media del río Magdalena en Caldas, Boyacá, Antioquia y Santander (Figura 5). *Braderochus levoiturieri* (Buquet) constituye un notable endemismo de Colombia, distribuido en el cada vez más destruido mapa de las selvas húmedas de la cuenca media del río Magdalena, por lo que su conservación depara mucha preocupación para quienes valoramos su inmenso valor como reliquia evolutiva de la subfamilia.



**Figura 5.**

Mapa parcial de Colombia mostrando referencias de la distribución de las especies de *Braderochus*, en el recuadro interior se exponen las convenciones utilizadas para cada caso (diseñado con base en los datos recopilados y la base cartográfica de <http://didacticosterranova.com/mapas/>).

*Braderochus retrospinosus* (Lameere, 1916). Endémica de Colombia y por casi un siglo, registrada solo por los datos del ejemplar tipo “Colombia, Santa Fe de Bogotá” (Bleuzen, 1994; Monné, 2021; Santos-Silva & Martins, 2005). Esta especie con fémures densamente denticulados, cabeza y antenas muy distintivos (Figura 4 D), ha sido adicionada en su distribución por Santos-Silva (2006) al piedemonte de la Cordillera Oriental y Orinoquia colombiana así: Casanare: ♀, 19.IV.1970. Meta: San Carlos de Guaroa (350 m), ♂, 2.IV.2005; El Guamal (518 m), ♂, 29.III.1994; (518 m), ♀, 6.V.1999; Cumaral (La Cabaña; 480 m), ♂, III.1999; San Martín (419 m), ♂, 6.IV.1998; San Juan de Arama, ♂; Vichada: Puerto Carreño (90), ♀, 23.IX.1998; Cundinamarca: La Mesa (1298 m), ♂, 30.IV.1995. La mayoría de estos ejemplares depositados en el Museo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional sede Bogotá-MEFA. Salazar (2018) aportó dos nuevos datos así: “Meta: Villavicencio-La Unión, 20-XI-2012, ♂ & ♀, G. Nielsen en MHN-Uca”; este trabajo adiciona los siguientes datos: Morelia, Caquetá, septiembre 7 de 1983, C Wilmer, ♂ 72 mm; Villavicencio, Meta, suelo, diciembre de 1995, ♀ 75 mm; Villavicencio, Meta, suelo, octubre de 1997, ♂ 72 mm; San Martín, Meta, 150 msnm, atraídos por luz, mayo 3 de 1967, L. Cardona, ♀ 68 mm. Aunque aún permanece poco conocida, la distribución de esta especie (Figura 5) en una región tan extensa auguraría algunas poblaciones saludables en selvas ribereñas de las cuencas orinocenses.

## Epílogo

*Chalcoprionus badeni* es un notable registro zoológico colombiano. Lo singular y aislado de sus “facies” sirve de orientación a la evolución de los Prioninae neotropicales. Sobre el estado de conservación de la especie, hasta hace poco considerada rarísima y localizada, reconocida recientemente por un ejemplar de la colección Maréchale (Bleuzen, 1994), poco se conoce: la situación forestal actual de Frontino es desconocida y deja dudas sobre poblaciones saludables de la especie, debido a la creciente deforestación que ha registrado ese municipio. En cuanto a la microcuenca de la Cristalina en el río Calima, se sabe que el área cercana de Río Bravo constituye reserva natural, sin embargo no se tienen registros de la especie para esa región y la microcuenca de la quebrada Cristalina sigue siendo área de uso agropecuario, la cual debería incorporarse a la reserva vecina, ya que la especie merece prioridad de conservación (en especial de su hábitat) por ser un registro endémico, de una especie notable, pero muy pobremente conocida en su historia natural.

Las especies de *Braderochus* de Colombia, todas delicados y muy raros legados de la evolución de los Prioninae neotropicales, demandan mayor estudio taxonómico y, no obstante los inmensos avances científicos recientes, alusivos a la distribución de algunas y a la descripción de nuevos taxa (Salazar, 2018; Santos-Silva & Martins, 2005; Santos-Silva, 2006), su estudio dista de ser satisfactorio, quedando claro que la distribución de la mayoría de las especies sigue siendo un tema pobremente conocido y peor aún la

localización de poblaciones sostenibles, por lo que, quizás, exceptuando *B. retrospinosus*, el resto se constituiría en prioridad investigativa en cuanto a la conservación. Esta investigación pondera los estudios en regiones selváticas como el Chocó biogeográfico y las selvas amazónicas en Putumayo y Amazonas colombiano, como posibles territorios de las especies aquí mencionadas, así como de posibles nuevos registros.

## Agradecimientos

Los ejemplares colectados fueron parte de los logros del proyecto Coleópteros del Calima, desarrollado entre 1990 y 1994 con el auspicio de Colciencias-Inciva e Inderena, en ese sentido se recuerda y agradece el apoyo institucional de Guillermo Barney Materón (†), en ese entonces director, y de Belly Narváez, exdirectora de investigaciones. Agradecimientos a los asistentes de campo Germán Gutiérrez, IA Diego García Mera, IA Luis Carlos Reyes Úsuga y a Libia Mercedes Puerta Paz (Lic. Biología) por facilitar aspectos logísticos del primer autor. Importante bibliografía fue aportada por Ubirajara Martins (†) y Antonio Santos-Silva (MZUSP). Nunca podrá olvidarse y menos dejar de agradecer a los colegas que en su momento aportaron valiosos ejemplares de estudio entre ellos Adolfo León Varela (UPTC, †), Jesús Urbina, Bogotá (†), Raúl Vélez, Ángel (UNAL, Medellín, †); Manuel Castro Garrido (†), Julián A. Salazar, Greg Nielsen y Carlos Edgardo López (Unillanos). A los evaluadores del artículo que aportaron valiosas notas y sugerencias.

## Referencias bibliográficas

- Alcaldía Municipal de Calima. (2018). Información general del Municipio.
- Bates, H. W. (1875). New genera and species of longicorns from South America. *The Entomologist's Monthly Magazine*, 11: 273-278.
- Blackwelder, R. E. (1946). Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, the West Indies and South America. Part 4. *Bulletin of the United States National Museum*, 185: 551-763.
- Bleuzen, P. (1994). The Beetles of the world. Prioninae 1. *Sciences Nat.* 21: 1-92.
- Botero, J. P. (2018). La familia Cerambycidae (Coleoptera: Chrysomeloidea) en Colombia. En Deloya, C. & Gasca, H. J. (coord.) *Escarabajos del Neotrópico*, pp. 153-169.
- Costa-Lima, A. (1955). *Insetos do Brasil 9o tomo*, Coleópteros 3a Parte. Escola Nacional de Agronomia. Serie Didática No 11. 289 p.
- Guía Turística de Colombia. (2009). Mapa turístico del Lago Calima. <https://conocecolombia.com/mapa-turistico-lago-calima/>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC. (2002). *Atlas de Colombia*. 5a Edición. Santafé de Bogotá. 341 p.
- Lameere, A. A. (1902a). Révision des Prionides. Dixième memoire Titanines. *Annales de la Société Entomologique de Belgique*, 48(9): 309-352.
- Monne, M. (2021). *Catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of the Neotropical Region. Part III*. Subfamilies Lepturinae, Necydalinae, Parandrinae, Prioninae, Spondylidinae and Families Oxypeltidae, Vesperidae and Disteniidae. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil. 307 p.
- Moquete-Bencosme, M. (2014). Mapa de Antioquia. *Revista educativa MapaInteractivo.net*. Equipo de redacción profesional. <https://www.mapainteractivo.net/fotos/mapa-de-antioquia.html>
- Pardo-Locarno, L. C. (1996). Estudios básicos de los Prioninae (Coleoptera: Cerambycidae) de la Cuenca Calima bajo San Juan, Chocó biogeográfico, Colombia. En: *Resúmenes XXIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN)*. Cartagena de Indias. P: 39.
- Salazar, J. A. (2018). Novedades en Historia Natural. Presencia del género *Braderochus* Buquet, 1852 (Coleóptera: Cerambycidae, Prioninae) en Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.*, 22(2): 202-203.
- Santos-Silva, A. (2006). Revalidação de *Charmallaspis smithiana* (White, 1850) e notas em *Braderochus* Buquet, 1852 (Coleoptera, Cerambycidae, Prioninae). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 46(14), 175-186.
- Santos-Silva, A. & Martins, U. R. (2005). Nova espécie e sinonímia em *Braderochus* Buquet, 1852 (Coleoptera, Cerambycidae, Prioninae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 49 (2):237-239.

## Ampliación en la distribución biogeográfica de la familia Pleidae (Hemiptera: Nepomorpha) en Colombia\*

Jeny Tatiana Bernal-Z<sup>1</sup>, Camilo Andrés Llano-A<sup>2</sup>, Irina Morales<sup>3</sup>, Lucimar G. Dias<sup>4</sup>

### Resumen

La familia Pleidae se encuentra distribuida mundialmente y comprende cuatro géneros, alrededor de 38 especies y una subespecie. En Suramérica, se encuentra representada por tres géneros: *Neoplea*, *Paraplea* y *Heteroplea*. En Colombia están documentados los dos primeros, pero aún es incipiente el conocimiento de su distribución en el territorio nacional. Objetivo. Ampliar el conocimiento de Pleidae en Colombia, mediante el reporte de nuevos registros geográficos. Metodología. Se revisó material entomológico de diferentes proyectos de investigación depositados en la Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas (CEBUC) y se realizó un levantamiento de la información secundaria con registros de Pleidae para Colombia. Resultados. Como resultado se registra por primera vez el género *Neoplea* para los departamentos de Caldas y Tolima, además se amplía su distribución en el departamento de Córdoba. En este trabajo se reportan dos especies: *N. maculosa* y *N. semipicta*, la primera registrada solamente en Córdoba y la segunda en los tres departamentos mencionados. Conclusión. Este trabajo amplía el conocimiento de los Pleidae de Colombia y también resalta la importancia de las colecciones biológicas.

**Palabras clave:** Colombia; *Neoplea*; distribución; registros geográficos; conservación.

## Expansion in the Biogeographic Distribution of the Pleidae Family (Hemiptera: Nepomorpha) in Colombia

### Abstract

The Pleidae family is distributed worldwide and includes four genera, about 38 species and one subspecies. In South America, this group is represented by three genera: *Neoplea*, *Paraplea* and *Heteroplea*. In Colombia, the two first genera are registered, but knowledge of their distribution in the national territory is still incipient. Objective: To expand the knowledge of the Pleidae in

\*FR: 19-VIII-2021. FA: 4-XI-2021.

<sup>1</sup>Estudiante de Biología, Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia, E-mail: tatianazuluagapleidae@gmail.com

 [orcid.org/0000-0003-4225-540X](https://orcid.org/0000-0003-4225-540X) **Google Scholar**

<sup>2</sup>Profesor Cátedra, Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Grupo de Investigación Bionat, Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia, E-mail: camiloandresllanoarias@gmail.com

 [orcid.org/0000-0001-5812-7360](https://orcid.org/0000-0001-5812-7360) **Google Scholar**

<sup>3</sup>Profesora Asociada, Laboratorio de Entomología, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá, Colombia, E-mail: irina.morales@uptc.edu.co

 [orcid.org/0000-0003-2456-5674](https://orcid.org/0000-0003-2456-5674) **Google Scholar**

<sup>4</sup>Profesora Asociada, Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Grupo de Investigación Bionat, Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia, E-mail: lucimar.dias@ucaldas.edu.co

 [orcid.org/0000-0001-6480-7688](https://orcid.org/0000-0001-6480-7688) **Google Scholar**



### CÓMO CITAR:

Bernal, J. T.; Llano, C. A.; Morales, I. & Dias, L. (2022). Ampliación en la distribución biogeográfica de la familia Pleidae (Hemiptera: Nepomorpha) en Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 26(1), 203-214. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.1.14>



Colombia by reporting new geographic records. Methodology: Entomological material from different research projects deposited in the Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas (CEBUC) was reviewed and secondary information was collected with records of Pleidae in Colombia. Results: As a result, the genus *Neoplea* is registered for the first time for the departments of Caldas and Tolima, and its distribution is also expanded in the department of Córdoba. Two species are reported in this work: *N. maculosa* and *N. semipicta*. The first species is registered only in Córdoba and the second one in the three mentioned departments. Conclusion: This work broadens the knowledge of the Pleidae of Colombia and also highlights the importance of biological collections.

**Keywords:** Colombia; *Neoplea*; distribution; geographical records; conservation.

## Introducción

Dentro del infraorden Nepomorpha la superfamilia Pleoidea está constituida por las familias Helotrephidae y Pleidae (Schuh & Slater, 1995; Barbosa & Rodrigues, 2015). Los Pleidae forman un pequeño grupo que actualmente está conformado por cuatro géneros y alrededor de 38 especies descritas (Polhemus & Polhemus, 2007; Mazzucconi et al., 2008; Cook, 2011; Barbosa & Rodrigues, 2015; Cook et al., 2020), son insectos cosmopolitas y algunos representantes están distribuidos en todo el mundo, pero su mayor diversidad ocurre en los trópicos (Mazzucconi, 2008; Papáček, 2013). *Paraplea* se encuentra ampliamente distribuido mundialmente; mientras, el género *Plea* está registrado únicamente en el viejo mundo con una única especie: *P. minutissima* y una subespecie: *P. m. tassilii* Poisson. *Neoplea* está distribuido solamente en el nuevo mundo (Schuh & Slater, 1995; Barbosa & Rodrigues, 2015) y *Heteroplea* género recientemente descrito y únicamente registrado en Venezuela por Cook (2011), con la especie *Heteroplea stictosoma* Cook, 2011.

Los Pleidae están caracterizados por ser pequeños hemípteros acuáticos que miden entre uno y tres mm de longitud con el cuerpo fuertemente convexo. La cabeza es amplia y corta, aparentemente inmóvil con respecto al tórax, el labium es corto de cuatro segmentos y con un pequeño labellum, las antenas son tri-segmentadas. El escutelo es relativamente grande, las alas anteriores son parecidas a élitros y las posteriores pueden estar desarrolladas o no, todas sus patas son generalmente cursoriales, con tarsos anteriores tri-segmentados, medios y posteriores con dos o tres tarsómeros y cada uno con dos uñas. El abdomen presenta una quilla laminada ventral en los segmentos dos al cinco o seis. En los machos la genitalia tiende a ser simétrica y las hembras presentan el ovopositor bien desarrollado, en las ninfas las glándulas odoríferas están ubicadas entre los terguitos tres y cuatro (Schuh & Slater, 1995; Mazzucconi et al., 2008).

Con respecto a su biología y ecología, los Pleidae se encuentran tanto en ambientes lénticos como lóticos densamente vegetados, entre marañas de plantas sumergidas

y flotantes, generalmente se encuentran en aguas transparentes, bien oxigenadas y en cuerpos de agua temporarios, permanentes, naturales y artificiales (Bachmann & López, 1994; Mazzucconi et al., 2008). Algunas especies del grupo, como *Plea minutissima* (única especie reportada en Europa) tiene la capacidad de soportar el invierno en un estado de diapausa, que se activa y desactiva con la temperatura, resistiendo así toda la temporada invernal en el fondo de los lagos (Papáček, 2013). Además, algunas especies sobreviven en condiciones de estrés, incluyendo baja concentración de oxígeno y cuerpos de agua secos, refugiándose en las raíces de las plantas acuáticas que se encuentran en el fondo. Según Papáček (2013), el éxito ante estas condiciones es soportado por su pequeño tamaño y poseer un mecanismo con el cual utilizan una burbuja de aire que es reabastecida con peróxido producido por la glándula odorífera. Respecto a sus hábitos alimenticios, son insectos depredadores y se alimentan de pequeños animales, como: ostrácodos, cladóceras, copépodos y larvas de mosquitos (Papáček, 2013; Barbosa & Rodrigues, 2015).

Diferentes estudios han contribuido al conocimiento de su distribución en las regiones biogeográficas, como los de Grandova (2013) que reportó la especie *Plea minutissima* en una zona de estepa en Ucrania; Berchi (2011) también reportó *P. minutissima* en pequeños ríos intermitentes en el noroeste de Rumania; Cuéllar & Figueroa (2000), Pérez-Bilbao (2012) y Jáimez (2000) reportan la misma especie en diferentes regiones de España. Nieser (2004) registra el género *Paraplea* en Malasia y Singapur y este mismo género es reportado en Cuba por Deler-Hernández (2007), finalmente, Alcocer et al. (2015) registraron el mismo género para México en un ecosistema de estuario.

Para Suramérica, la fauna de los Pleidae está representada por cerca de 13 especies en tres géneros: *Neoplea* distribuido desde Colombia y Brasil hasta el centro de Argentina, *Paraplea* se presenta desde Surinam hasta Ecuador e islas Galápagos y centro de Brasil (Mazzucconi et al., 2008; Melo, 2011), mientras el género *Heteroplea* solo se encuentra registrado en Venezuela (Cook, 2011). En Colombia, están registradas las especies *Neoplea lingula* Roback & Nieser, *N. semipicta* (Horváth), *N. maculosa* (Berg), *N. tenuistyla* (Roback & Nieser) *N. borelii* (Kirkaldy), *N. hyaloderma* Cook, Mondragón-F & Morales y *N. melanosoma* Cook, Mondragón-F & Morales (Roback & Nieser, 1974; Morales-Castaño & Molano-Rendón, 2008; Heckman, 2011; Padilla-Gil, 2013, Cook et al., 2020) y *Paraplea puella* (Roldán, 1988; Padilla-Gil, 2012; SIB, 2021).

Sobre su distribución en el país, el género *Neoplea* se encuentra reportado para los departamentos de Santander, Magdalena, Arauca (SIB, 2021), Quindío (Morales-Castaño & Molano-Rendón, 2008), Nariño (Padilla-Gil, 2013), Córdoba (Cuadrado et al., 2010), Meta (Roback & Nieser, 1974) y el género *Paraplea* en los departamentos de Santander, Boyacá (SIB, 2017), Antioquia (Roldán, 1988; SIB, 2021), Quindío (Morales-Castaño & Molano-Rendón, 2008), Córdoba (Cuadrado et al., 2010), Nariño (Padilla-Gil, 2012), Tolima (Forero et al., 2013) y Meta (Roldán et al., 2010).

Finalmente, y en concordancia con lo que concluyen Barbosa & Rodríguez (2015), muchos países neotropicales, entre ellos Colombia, carecen de registros o información sobre muchos de los grupos del infraorden Nepomorpha, entre ellos los Pleidae. Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue contribuir con información sobre su distribución en Colombia y registrar la ocurrencia del género *Neoplea* en Caldas y Tolima y las especies *N. maculosa* y *N. semipicta* para Córdoba.

## Materiales y métodos

Se revisó material entomológico de diferentes proyectos de investigación depositados en la Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas (CEBUC) registro Humboldt: No 188. Seguidamente, se utilizaron claves especializadas para el grupo, como las de Bachmann & López (1994); Shuch & Slater (1995); Mazzucconi et al., (2008); Heckman (2011); Barbosa & Rodríguez, 2015) y posteriormente, los especímenes se compararon con las descripciones de géneros y especies del grupo reportadas para Colombia. Además, se levantó información secundaria sobre la distribución de los Pleidae en Colombia a partir de diferentes artículos y plataformas con información geográfica del grupo.

Las fotografías presentadas en el trabajo fueron tomadas usando un estereomicroscopio Leica M205C con cámara acoplada MC170HD. También se tomaron micrografías usando un “Scanning Electron Microscope” (SEM). El mapa de distribución fue elaborado usando el software ESRI® ArcMap 10.0.

## Resultados y discusión

### Registros de *Neoplea* Esaki & China, 1928

Se encontraron un total de 57 especímenes depositados en la colección CEBUC (Tablas 1 y 2) todos pertenecientes al género *Neoplea*. Los ejemplares se capturaron mediante trampa de luz negra, la cual es una de las metodologías más efectivas para la recolecta de especímenes de este grupo (Mazzucconi et al., 2008). Como primer resultado de este trabajo, se registra por primera vez el género para Caldas y Tolima, además se amplía su distribución en Córdoba. En este trabajo se reportan dos especies: *N. maculosa* y *N. semipicta*, la primera registrada solamente en Córdoba y la segunda en los tres departamentos mencionados.

*N. maculosa* (Berg, 1879) estuvo representada por 14 hembras (♀) y 15 machos (♂), los caracteres a nivel de especie concuerdan con los propuestos por Bachmann & López (1994), tales como: superficie densa y groseramente punteada, especialmente sobre los hemielitros, con un declive muy pronunciado atrás. Pronoto ancho,

más que los hemiélitros, con lóbulo posterior (postnoto) amplio y continuo con el disco, su borde describe una amplia curva; “sutura” claval muy marcada, último urosternito visible (7°), groseramente punteado en ambos sexos, el de la hembra con una brevísima punta posterior. Este registro amplía su distribución hacia al norte de Colombia con el departamento de Córdoba (Figs. 1 y 3).

La segunda especie registrada fue *N. semipicta* (Horvath, 1918), con 17 hembras (♀) y 11 machos (♂), los caracteres más representativos de esta especie son: pronoto más ancho que los élitros; en vista lateral, la parte posterior de los hemiélitros en declive muy pronunciado. Cabeza, pronoto, y hemiélitros densa y profundamente punteados, escutelo grande, brillante, con pocos puntos, abdomen con las carenas disminuyendo de tamaño hacia atrás. Último urosternito de la hembra visible (7°), con una punta posterior bien marcada, con expansiones aliformes tenues; el del macho con punteado poco grosero (Bachmann & López, 1994). Estos especímenes aportan nuevos registros de distribución encontrándose por vez primera para los departamentos de Caldas, Córdoba y Tolima (Figs. 2 y 4).

A partir de las fuentes de información secundaria se documentan cinco georegistros para el género *Paraplea*, en los siguientes departamentos: Quindío, Meta, Córdoba, Tolima y Nariño (SIB, 2017), lo que indica que es necesario ampliar estudios taxonómicos para el país y confirmar la identificación de estos taxones depositados en las colecciones biológicas de la región. Es importante tener en cuenta que Cook *et al.* (2020) registraron dos nuevas especies de *Neoplea* para Colombia, *Neoplea hyaloderma* y *N. melanosoma* con registros geográficos en el valle interandino del Magdalena. Adicionalmente, se considera importante revisar el registro de la especie *Neoplea borelli* (Kirkaldy, 1899) para Colombia (Tabla 2), ya que Cook *et al.* (2020) señalan que esta especie solo está registrada para Argentina.

**Tabla 1.** Material examinado colección entomológica Programa de Biología de la Universidad de Caldas.

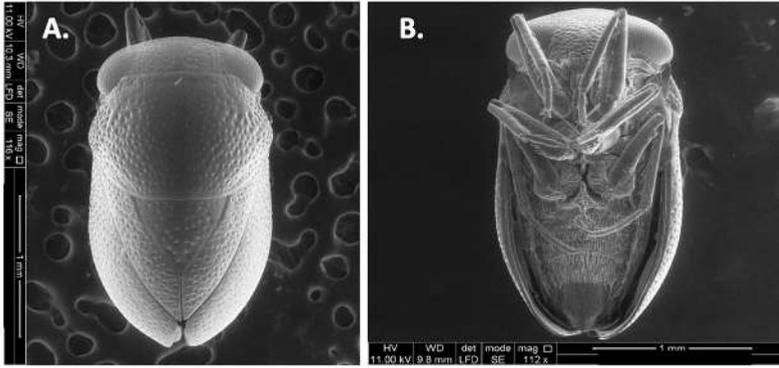
Depto	Municipio	Localidad	Coordenada N.	Coordenada W.	Altitud	Fecha de recolecta	Especie	Sexo	Cantidad	Colección	Colector
Córdoba	San Bernardo del Viento	Paso nuevo, Finca Las Gaviotas	9°18'31,54" N	76°04'41,23" W	28 msnm	22/9/2017	<i>Neoplea maculosa</i>	Hembra	15	CEBUC	Juan Mateo Rivera
Córdoba	San Bernardo del Viento	Paso nuevo, Finca Las Gaviotas	9°18'31,54" N	76°04'41,23" W	28 msnm	22/9/2017	<i>Neoplea maculosa</i>	Macho	9	CEBUC	Juan Mateo Rivera
Caldas	Norcasia	Reserva Natural del Río Manso	5°40'05" N	76°04'41,23" W	220 msnm	21/11/2014	<i>Neoplea semipicta</i>	Hembra	1	CEBUC	Camilo A. Llano
Tolima	Armero Guayabal	Granja Universidad del Tolima	5°05'58" N	74°54'5,99" W	278 msnm	20/5/2017	<i>Neoplea semipicta</i>	Hembra	1	CEBUC	Tito Bacca, Camilo A. Llano, Lucimar G. Dias

Córdoba	San Bernardo del Viento	Paso nuevo, Finca Las Gaviotas	9°18'31,54" N	76°04'41,23" W	28 msnm	22/9/2017	Neoplea semipicta	Hembra	16	CEBUC	Juan Mateo Rivera
Córdoba	San Bernardo del Viento	Paso nuevo, Finca Las Gaviotas	9°18'31,54" N	76°04'41,23" W	28 msnm	22/9/2017	Neoplea semipicta	Macho	10	CEBUC	Juan Mateo Rivera

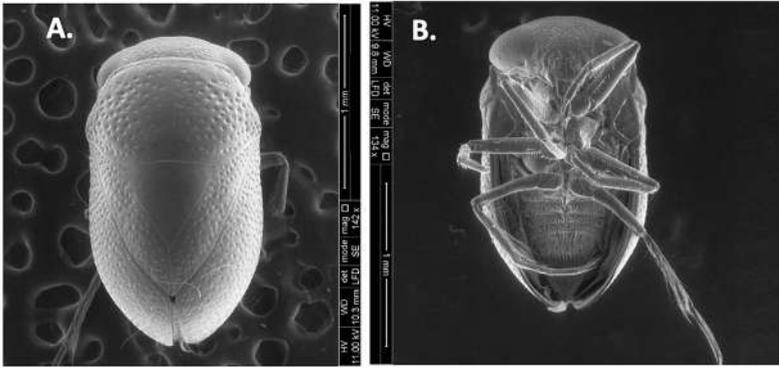
**Tabla 2.** Registros de Neoplea y Paraplea en Colombia con base en información secundaria.

Departamento	Localidad	Fuente	Coordenadas N	Coordenadas W	Altitud	Genero	Especie
QUINDÍO	Quindío	Morales & Rendón, 2008	4°32'00"N	75°42'00" W		<i>Paraplea sp</i>	
META	Orinoco	Rondón, Anzola, Pérez, Ovalle & Álvarez, 2010	6°11'44,5"N	67°28'44,5"W		<i>Paraplea sp</i>	
CÓRDOBA	Ciénaga de Betancí	Cuadrado, Solano & Garcés, 2010	8° 24' 16,37"N	75° 52' 15,55"W		<i>Paraplea sp</i>	
TOLIMA	Río Opia	Forero, Reinoso & Gutiérrez, 2013	4°26'00"N	75°14'00"W		<i>Paraplea sp</i>	
NARIÑO	Tumaco	Padilla, 2012	1°41'13,3"N	78°45'6,6 W	8 msnm	<i>Paraplea</i>	<i>P. puella</i>
META	Villavicencio	Roback & Nieser, 1974	4°08'33"N	73°37'46"W		<i>Neoplea sp</i>	
QUINDÍO	Quindío	Morales & Rendón, 2008	4°32'00"N	75°42'00"W		<i>Neoplea</i>	<i>N. semipicta</i> , <i>N. maculosa</i>
NARIÑO	Tumaco - Hacienda Mar Agrícola	Padilla, 2013	1°41'N	78°45' W	10 msnm	<i>Neoplea</i>	<i>N. borelii</i>
CÓRDOBA	Ciénaga de Betancí	Cuadrado, Solano & Garcés, 2010	8° 24' 16,37"N	75°52'15,55"W		<i>Neoplea sp</i>	
CÉSAR	Chimichagua	S.I.B, 2017	9216626 N	73711691W	29 msnm	<i>Neoplea</i>	
CÉSAR	Chimichagua	S.I.B, 2017	9210208 N	73731377 W	26 msnm	<i>Neoplea</i>	
CÉSAR	Chimichagua	S.I.B, 2017	9199525 N	73880056 W	25 msnm	<i>Neoplea</i>	
SANTANDER	Barrancabermeja - río Magdalena, aguas arriba de la confluencia del río Sogamoso	S.I.B, 2017	7204575 N	739274028 W		<i>Neoplea</i>	
SANTANDER	Barrancabermeja - río Sogamoso a 65 km de la descarga, entre puente Sogamoso y desembocadura del caño San Silvestre	S.I.B, 2017	71964722 N	738768056 W		<i>Neoplea</i>	
SANTANDER	Barrancabermeja - caño El Deseo, antes de la confluencia al caño San Silvestre	S.I.B, 2017	71556944 N	738740833 W		<i>Neoplea</i>	

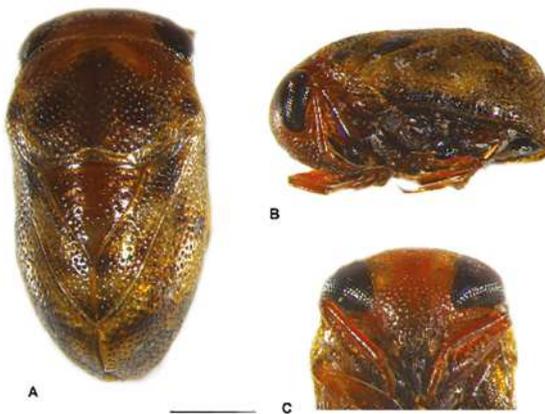
SANTANDER	Barrancabermeja - río Sogamoso antes de la desembocadura al río Magdalena	S.I.B, 2017	71943222 N	739065806 W		<i>Neoplea</i>	
SANTANDER	Puerto Wilches - río Magdalena, aguas abajo de la confluencia del río Sogamoso	S.I.B, 2017	72199889 N	73918675 W		<i>Neoplea</i>	
SANTANDER	Barrancabermeja - caño San Silvestre, antes de la desembocadura al río Sogamoso	S.I.B, 2017	71834944 N	738870056 W		<i>Neoplea</i>	
ARAUCA	Lipa - finca La Barquera	S.I.B, 2017	68134444 N	709898056 W	141 msnm	<i>Neoplea</i>	
ARAUCA	Arauca - Finca La Barquera	S.I.B, 2017	68134444 N	7098980556 W		<i>Neoplea</i>	
CHOCÓ	Quibdó - Cuenca Atrato, corregimiento de Sanceno, ciénaga Plaza Seca	S.I.B, 2017	575416666667 N	76685 W	43 msnm	<i>Neoplea</i>	
CHOCÓ	Uguía - Cuenca Atrato, corregimiento de Marriaga, ciénaga de Marriaga	S.I.B, 2017	8099667 N	76963139 W	5 msnm	<i>Neoplea</i>	
CHOCÓ	Quibdó - Cuenca Atrato, corregimiento de Tagachi, ciénaga La Larga	S.I.B, 2017	6225 N	767333333333 W	32 msnm	<i>Neoplea</i>	
CHOCÓ	Quibdó - Cuenca Atrato, corregimiento de Sanceno, ciénaga La Grande	S.I.B, 2017	5758583 N	76687417 W	50 msnm	<i>Neoplea</i>	
MAGDALENA	El Banco - Ciénaga de zapatosa	S.I.B, 2017	90706889 N	7391942 W	42 msnm	<i>Neoplea</i>	
SANTANDER	Barrancabermeja - río Magdalena, aguas arriba de la confluencia del río Sogamoso	S.I.B, 2017	7204575N	739274028 W		<i>Paraplea</i>	
SANTANDER	Cimitarra - Vereda Puerto Olaya, ciénaga El Encanto	S.I.B, 2017	645668N	7436038 W		<i>Paraplea</i>	
ANTIOQUIA	Medellín - Lago Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe	S.I.B, 2017	626831N	7556161 W	1486 msnm	<i>Paraplea</i>	<i>P. puella</i>
BOYACÁ	Puerto Boyacá - Vereda Velásquez, ciénaga Palagua	S.I.B, 2017	60568249 N	745017205 W	130 msnm	<i>Paraplea</i>	



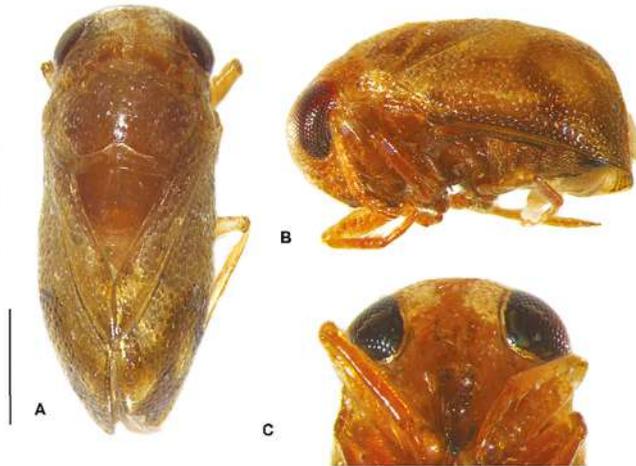
**Figura 1.** Micrografías de *Neoplea maculosa*. Hembra (♀). A) Vista dorsal. B) Vista ventral.



**Figura 2.** Micrografías de *Neoplea semipicta*. Hembra (♀). A) Vista dorsal. B) Vista ventral.



**Figura 3.** *N. maculosa*. A) Vista dorsal; B) Vista lateral; C) Vista frontal.



**Figura 4.** *N. semipicta*. A) Vista dorsal; B) Vista lateral; C) Vista frontal.

### **Descripción de las nuevas localidades de *N. semipicta* y *N. maculosa***

La localidad de río Manso en Caldas está ubicada en una reserva (Reserva Natural del Río Manso), inmersa en una zona de transición que va desde mosaicos de bosque húmedo tropical (Bh-T) y matriz antrópica dominada por pastizales, hasta bosque seco. El sector está localizado al sur del sistema biogeográfico del Magdalena medio (Holdridge, 1987; Arango & Montes, 2009).

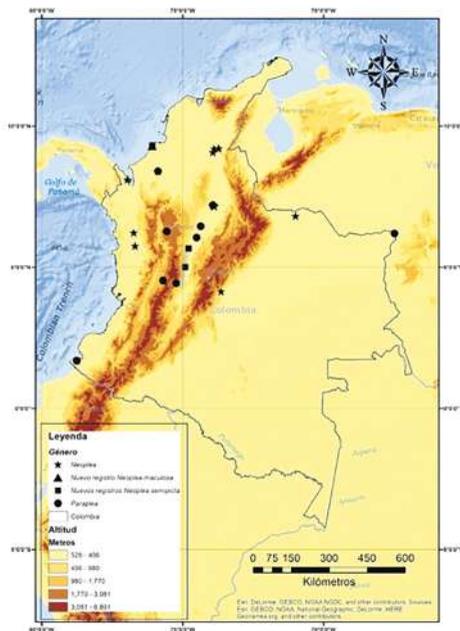
En el Tolima, la localidad de Armero-Guayabal, corresponde al Centro Universitario Regional del Norte - Universidad del Tolima, que está constituido por una matriz agrícola con cultivos anuales o transitorios, principalmente arroz y maíz. Posee una topografía ligeramente ondulada y suelos aluviales transportados por diferentes erupciones volcánicas y es perteneciente al sistema biogeográfico del Magdalena medio (Holdridge, 1987).

San Bernardo del Viento - vereda Las Gaviotas está ubicada en Córdoba, hace parte de la ecorregión costera Caribe, está caracterizada por ser una matriz mixta de fragmentos de bosque seco con diferentes cultivos de clima cálido (frutales, plátano entre otros) y en algunos sectores presenta bosques de manglares (Hernández *et al.*, 1992). Es importante resaltar que, tanto los bosques secos, como los de manglar hacen parte de los ecosistemas estratégicos objeto de conservación por parte del gobierno colombiano (Pennington *et al.*, 2009), sin embargo, se conoce poco sobre los Nepomorpha de estos ecosistemas y mucho menos sobre sus interacciones ecológicas.

## Aportes a la distribución de los Pleidae de Colombia

El consolidado de los registros geográficos para los Pleidae de Colombia se muestra en la figura 5 y en las tablas 1 y 2. En cuanto a la distribución por géneros y según la propuesta de Hernández et al. (1992), *Neoplea* muestra una amplia distribución con registros en el valle interandino del río Magdalena, en la Llanura Costera del Pacífico y en la planicie del Caribe en la región transandina; en la región cisandina en el departamento de Arauca. En el rango altitudinal los *Neoplea* registrados se ubican en bajas altitudes entre los cinco y los 220m.

*Paraplea* registra una distribución similar a la de *Neoplea*, sin embargo, también presenta registros en la planicie sur de la cordillera occidental. Pero a nivel altitudinal, presenta un rango mayor que *Neoplea* registrándose entre los ocho a los 1846 m de altitud. Así mismo, el mapa de distribución de los Pleidae en Colombia (Fig. 5) también demuestra que muchas áreas del país presentan vacíos de información, donde sobresale la falta de registros en el área oriental y suroriental del país e igualmente en el norte de la planicie Caribe. Por tanto, a futuro es importante aumentar el esfuerzo de muestreo en estas zonas para establecer cómo son los patrones de distribución de este grupo de nepomorphos en Colombia.



**Figura 5.** Mapa de registros geográficos de los géneros de Pleidae: *Neoplea* y *Paraplea* en Colombia.

## Conclusión

Los registros documentados en este estudio aportan nueva información biogeográfica para el género *Neoplea* y demuestra la necesidad de ampliar los estudios y esfuerzos de colecta de Pleidae en la región. Adicionalmente, el trabajo también resalta el papel relevante de las colecciones biológicas para complementar el conocimiento de la biodiversidad del país.

## Agradecimientos

A la Universidad de Caldas y Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas (CEBUC) por facilitar los especímenes para el desarrollo de esta investigación. Al Dr. Tito Bacca y MSc. Milton Montaña por la revisión del documento. A Jhon Faber Marulanda López por la elaboración del mapa, a Gustavo Bolaños del Instituto de investigaciones en estratigrafía de la Universidad de Caldas (IES) por su colaboración con las microfotografías de los especímenes. ITMC agradece al proyecto “La biodiversidad de Boyacá: complementación y síntesis a través de gradientes altitudinales e implicaciones de su incorporación en proyectos de apropiación social de conocimiento y de efectos de cambio climático, suscrito en el Grupo de Investigación Biodiversidad y Conservación, en el departamento de Boyacá Código BPIN 2020000100003 Código SGI 2975”. A Julián A. Salazar por los cuidados de edición.

## Referencias bibliográficas

- Alcocer, J., Merino-Ibarra, M. & Escobar-Briones, E. (2015). *Tendencias de investigación en Limnología tropical: Perspectivas universitarias en Latinoamérica*. Asociación Mexicana de Limnología, A.C., Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, y Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología. México.
- Bachmann, A. O. & López-Ruf, M. L. (1994). Los Pleoidea de la Argentina (Insecta: Hemiptera). *Fauna de agua dulce de la República Argentina*, 35(3), 1-32.
- Barbosa, J.F. & Rodrigues, H.D.D. (2015). The true water bugs (Nepomorpha). En Panizzi & Grazia (Ed.). True bugs (Heteroptera) of the Neotropics (pp. 159-199) (Vol. II). *Sociedade Entomológica do Brasil*.
- Berchi, G. M., Petrovici, M., & Ilie, D. M. (2011). Aquatic and semiaquatic true bugs (Heteroptera: Nepomorpha) of Cefa Nature Park (North - Western Romania). *Analele Universitatii din Oradea Fascicula Biologie*, 18(1), 29-33.
- Cook, J. L. (2011). A new genus and species of Pleidae (Hemiptera) from Venezuela, with notes on the genera of Pleidae. *Zootaxa*, 3067(1), 26-34.
- Cook, J. L., Mondragón-F, S. P., & Morales, I. (2020). Description of two new species of Neoplea Esaki & China (Hemiptera: Pleidae) from Colombia. *Zootaxa*, 4860(1), 055-066.
- Cuadrado-Argel, L. A., Solano-Sánchez, M. C., & Garcés-Villalba, J. D. (2011). Comunidad de dípteros, hemípteros y odonatos de la Ciénaga de Betancí (Córdoba-Colombia). *Actualidades Biológicas*, (1), 186-189.
- Deler-Hernández, A., Megna, Y. S., González-Lazo, D. D. & Cracasés-Torres, C. N. (2007). Insectos acuáticos y áreas prioritarias para la conservación en la cuenca alta del Río Cauto (Santiago de Cuba, Cuba). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 40, 451-461.
- Forero-Céspedes, A. M., Reinoso-Flórez, G. & Gutiérrez, C. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río Opia (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos: water quality assessment of the Opia River (Tolima-Colombia), using macroinvertebrates and physicochemical parameters. *Caldasia*, 35(2), 371-387.
- Gil, D. N. P. (2012). Los hemípteros acuáticos del municipio de Tumaco (Nariño, Colombia): guía ilustrada. *Editorial Universitaria*, Universidad de Nariño.
- Grandova, M. A. (2013). Aquatic Heteroptera (Nepomorpha, Guerromorpha) in small intermittent rivers of Ukraine steppe zone. En Popov A, Grozeva S, Simov N, Tashveva E (Eds) *Advances in Hemipterology. Zookeys*, 319, 107-118.
- Heckman, W.C. (2011). *Encyclopedia of South American Aquatic insects: Hemiptera - Heteroptera. Olympia Washington, USA*.
- Holdridge, L. R. (1987). *Ecología: basada en zonas de vida Life zones ecology*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA (No. IICA-LME 83 IICA-LME 34). IICA, San José (Costa Rica).

- Hernández, J. I., Hurtado, A., Ortiz, R. & Walschburger, T. (1992). Unidades Biogeográficas de Colombia: 105 - 152 En Halffter, G. (Ed.) La Diversidad Biológica en Iberoamérica. *Revista Acta Zoológica Mexicana*, Volumen Especial 1992.
- Mazzucconi, S. A., Ruf, M. L., & Bachmann, A. O. (2008). Gerromorpha y Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) del Parque Provincial Salto Encantado del Valle del Cuñá Pirú, Provincia de Misiones, Argentina. *Lundiana: International Journal of Biodiversity*, 9(1), 57-66.
- Melo, M. C., Dellape, P. M., Carpintero, D. L., & Montemayor, S. I. (2011). Heteroptera (Hemiptera) from the Chaco National Park (Argentina). *Zootaxa*, 2999(1), 1-19.
- Morales-Castaño, I. T., & Rendón, F. M. (2008). Aquatic Heteropterans of Quindío (Colombia): The infraorders Gerromorpha and Nepomorpha. *Revista Colombiana de Entomología*, 34(1), 121-128.
- Nieser, N. (2004). Guide to aquatic Heteroptera of Singapore and peninsular Malaysia III. Pleidae and Notonectidae. *Raffles Bulletin of Zoology*, 52, 79-96.
- Padilla-Gil, D. N. (2013). New records and distribution expansions of aquatic heteropterous from colombia (hemiptera, heteroptera). *Acta Biológica Colombiana*, 18(2), 391-400.
- Pennington, R. T., Lavin, M., & Oliveira-Filho, A. (2009). Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 437-457.
- Papáček, M. (2013). Small aquatic and ripicolous bugs (Heteroptera: Nepomorpha) as predators and prey: The question of economic importance. *European Journal of Entomology*, 98, 1-12.
- Pérez-Bilbao, A., Benetti, C. J., & Garrido, J. (2012). Nuevas aportaciones al conocimiento de los heterópteros acuáticos (Heteroptera: Gerromorpha y Nepomorpha) en humedales de Galicia (NO España). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 36, 87-107.
- Polhemus, J. T., & Polhemus, D. A. (2007). Global diversity of true bugs (Heteroptera; Insecta) in freshwater. En *Freshwater animal diversity assessment* (pp. 379-391). Springer, Dordrecht.
- Roback, S. S., & Nieser, N. (1974). Aquatic Hemiptera (Heteroptera) from the llanos of Colombia. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 126(4), 29-49.
- Rondón, C. A. R., Zapata, A. M., Pérez, D., Morales, Y., Ovalle, H., & Álvarez, J. P. (2010). Caracterización limnológica de humedales de la planicie de inundación del río Orinoco (Orinoquía, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 15(1), 145-166.
- Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, Fondo FEN, Medellín.
- Schuh, R. T., & Slater, J. A. (1995). True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera): classification and natural history. Cornell UNIVERSITY press.
- SIB (Sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia). (2021). <http://datos.biodiversidad.co/>

### a.- Pieza del Mes

Se prosigue con la pieza del mes en el Centro de Museos, en este caso la diseñadora Juana Valentina Bustos y el personal del centro desarrollaron esta actividad en el mes del agua mediante la divulgación de un pequeño y maravilloso grupo de insectos llamados moscas de la piedras (Orden Plecóptera) resaltados durante el mes **de marzo de 2021**. Dichos organismos acuáticos son grandes indicadores del grado de contaminación del agua, habitando cerca a las rocas de ríos y quebradas. La otra pieza siguiente, la correspondiente al **mes de mayo**, ilustró a una madre del **Oso hormiguero gigante** o de las palmeras con su cría.



Detalles: Juana Valentina Bustos cel. 3147529124.

### b.- 25 años cumplió el CENTRO MUSEOS de la Universidad de Caldas

El Centro de Museos de la Universidad de Caldas, órgano adscrito a la Vicerrectoría de Proyección, cumple en junio de 2021 veinticinco años de existencia. Sus inicios, una propuesta llevada a cabo por la directora de entonces Cristina Moreno logro unificar los museos de Arqueología, Geología e Historia Natural que venían funcionando independientemente, en la sede Palogrande de la universidad, con el propósito de salvaguardar el patrimonio museístico y cultural del alma mater. A lo largo de este tiempo el Centro de Museos se ha constituido como uno de los abanderados en divulgación cultural mediante la exhibición de sus salas permanentes, la conservación de colecciones, talleres de aprendizaje, curaduría y exposiciones itinerantes dejando honda huella en los entes educativos del eje cafetero, instituciones,

empresas, investigadores nacionales y extranjeros, y sobre todo en el público general que asiduamente visita el centro. Sobra decir que en el ámbito de nuestra diversidad biológica el área de Historia Natural es quizás, la más versátil y avanzada dentro del contexto museológico y de investigación científica; labor reflejada en el material de exhibición acumulado desde 1975, muestras de estudio para investigación y publicaciones dadas a conocer en su boletín científico, la revista más importante y prestigiosa que tiene la Universidad de Caldas.

Para celebrar tan magno evento, las directivas actuales encabezadas por Carolina Tapasco convocaron a los anteriores directores, funcionarios, secretarías, estudiantes, curadores y personal vinculado a lo largo de los años, a dejar sus impresiones sobre la pujante trayectoria del Centro de Museos en los diversos medios de difusión virtuales que dispone la universidad en cuestión.



Detalles: dirección.museo@ucaldas.edu.co, fotos: José Omar López

### c.- Donación de colección entomológica al CENTRO DE MUSEOS

El 28 de julio de 2021, la Institución CONSERVACION INTERNACIONAL liderada por el Dr. José Vicente Rodríguez hizo entrega Oficial al Centro de Museos de una importante colección de insectos y otros invertebrados producto de varias expediciones a la Bota Caucana, concretamente a la zona de Piamonte en el Cauca como parte del programa Natura Amazonas. Las muestras, algo más de 3000 provienen de una región caracterizada por su altísima diversidad biológica desconocida en la actualidad. El propósito primordial es dar a conocer la biota de la región en colaboración con la Universidad de Caldas y el Centro de Museos depositaria de tan fastuosa colección. Esta la componen en especial diversos ordenes en especial de Coleoptera y Lepidoptera, además de promover su estudio a nivel científico con la comunidad de Piamonte junto a los investigadores asociados a Conservación Internacional y la Universidad de Caldas.

En el acto asistieron funcionarios de dicha entidad, parte de las directivas de la universidad, del Centro de Museos y los gestores de la entrega: el Dr. Efraín Reinol Henao y el curador del museo (H.N) el Médico veterinario y zootecnista Julian A. Salazar quienes recalcaron la relevancia del material ya que procede de un enclave andino de piedemonte transicional con la zona amazónica del refugio Putumayo, una de las regiones más ricas en Biodiversidad que tiene Colombia. Los especímenes serán examinados procurando su identidad taxonómica y los resultados se publicaran en uno de los números de esta revista.



**d.- *TRINA GEOMETRINA* (C. & R. Felder,1867) (Lep. HesperIIDae, Pyrgini), una especie monotípica conocida para Colombia**

*Trina geometrina* es un hespérido común, conocido de Colombia y Venezuela. Es una especie monotípica que cuenta la subespecie: *T. geometrina phalaena* (Mabille, 1898) descrita de Bolivia (Mielke, 2004). Anteriormente fue considerada en los géneros *Achlyodes* Hübner, *Paches* Godman & Salvin y *Helias* Fabricius (Mielke op cit.) Entre nosotros no es rara en zonas cálidas, frecuentando espacios abiertos, de matorral ripario y semideciduo del bosque seco tropical pero sin alguna citación en Colombia para este tipo de formación vegetal (Henao & Gantiva, 2020).



Detalles: [julian.salazar\\_e@ucaldas.edu.co](mailto:julian.salazar_e@ucaldas.edu.co), [tilacho30@hotmail.com](mailto:tilacho30@hotmail.com)

**e.- *PSALIDOGNATHUS* Gray, 1831 un raro género de cerambycidos de la zona andina colombiana (Col., Cerambycidae, Prioninae)**

El nombre genérico de este singular grupo de escarabajos hace alusión a las mandíbulas dentadas cruzadas en tijera y fue designado para incluir cierto número de especies que se distinguen por ostentar tres espinas a los lados del protórax, el pronoto arrugado longitudinalmente, prognatos, con antenas mas largas que el cuerpo y vértice con tubérculo espinoso a cada lado, los élitros estrechos en la extremidad y de colores metálicos, entre otras características (Salazar,2005; Santos-Silva & Spooner, 2021). Son conocidos en algunas regiones por su mes de aparición con el apelativo vulgar

de “mayos”, o reiniciando su ciclo anual durante el primer periodo de luvias de abril y mayo momento en el cual abundan los adultos en el piedemonte (Octavio, 1942, Pardo-Locarno,1991). No obstante y debido al cambio climático, estos escarabajos son mas bien raros en la actualidad y es necesario hacerles seguimiento. Por lo anterior se viene preparando un detallado estudio de las especies colombianas (Pardo-Locarno et al., en prep.).



Detalles: *Psalidognathus* sp .Riosucio, Caldas, sept. 2020 julian.salazar\_e@ucaldas.edu.co

#### **f.- Un nuevo registro de *SEMOMESIA TENELLA* STICHEL, 1910 para el piedemonte este de la Cordillera Oriental de Colombia (Lep. Riodinidae)**

Previamente citada para la región amazónica de Colombia (Andrade, Henao & Salazar, 2015), la mariposa *S. tenella* es una de las especies mas pequeñas de *Semomesia* Hübner, género recientemente integrado a *Mesosemia* Hbn (Zhang *et al.*, 2021) y que solamente ocurre en la zona ecuatorial amazónica de Sudamerica. Nielsen & Salazar (2013) registran a *S. croesus* Fabricius en un listado de especies procedentes de la vertiente este de la Cordillera Oriental que muy posiblemente corresponde a la subespecie *lacrimosa* Stichel (Salazar, Nielsen & Pacl, 2017), sin embargo no citaron a *S. tenella*, cuya presencia entonces constituye un nuevo registro para la región. Otro registro también reciente procede de la bota caucana, sector Piamonte.



Detalles: Meta, Acacias, Km 13, 13-VIII-2020, G.Nielsen leg; Cauca, Piamonte, G.Burbano, G. Delgado & E. Henao 25-II-2019. julian.salazar\_e@ucaldas.edu.co

**g.- AMAUTA PAPILIONARIS WALKER un Castnido gigante del piedemonte oriental de Colombia (Lepidoptera: Castniidae)**

Otra gran y vistosa especie similar a *A. cacica cacica* H-Schff., pero restringida a las regiones húmedas del piedemonte de la Cordillera Oriental de Colombia (Fassl, 1918). En nuestro medio es rara y poco citada, excepto Apolinar (1945) quien ilustra un macho proveniente de la legendaria colección del Museo Instituto La Salle, en Bogotá. Mucho tiempo después Gonzalez & Salazar (2004) han confirmado su presencia para Colombia por dos machos procedentes de Muzo, Boyaca, pertenecientes a la subespecie *A. papilionaris amethystina* Houlbert y depositados en museos del exterior. Recientemente fue encontrada en el piedemonte este de la Cordillera Oriental (Piamonte-Las Chorreras, bota caucana, Dpt del Cauca E. R. Henao com.pers) por un ejemplar masculino (aquí figurado) que se aproxima más a la subespecie peruana *A. papilionaris lionela* Lamas, 1995 presente en el área amazónica de Iquitos (Vinciguerra & Racheli, 2006), con la banda amarillenta del ala anterior paralela al borde algo mas delgada. Al igual existe otra, la tiponominal *A. papilionaris papilionaris* Walker descrita de "Bogotá" sin mas datos (Houlbert, 1918). Como se mencionó en la nota de *A. cacica cacica*, en la actualidad, algunos autores consideran el género *Amauta* Houlbert, 1918, como sinónimo de *Telchin* Hübner, 1825, por recientes estudios filogenéticos que involucran también a ésta y otras entidades relacionadas (Moraes & Duarte, 2014; Vinciguerra, 2016). Esta especie, al igual, tienen como plantas nutricias de sus orugas a miembros de la familia Heliconiaceae (ver Miller & Sourakov, 2009).



Foto y Detalles: julian.salazar\_e@ucaldas.edu.co

#### **h.- Un nuevo registro de *ALESA ESMERALDA* SALAZAR & CONSTANTINO, 2007 para Colombia (Lepidoptera: Riodinidae)**

La fotografía que acompaña esta nota atestigua por primera vez el registro visual al vivo de Alesa esmeralda Salazar & Constantino, una de las 6 especies del género mas extraordinarias de la región Neotropical (Salazar & Constantino, 2007; Warren et al., 2007). Dicha hazaña lograda por uno de nosotros (L.M.Constantino) se realizo en un área muy cercana a la localidad tipo: San Juan de Villalobos, a 1700 m, 5 de enero de 2019, Cauca (bota caucana) El espécimen, un macho en todo su esplendor, muestra los detalles que la diferencian ostensiblemente de su pariente *A. prema* Godart que habita en regiones bajas y onduladas del bosque húmedo tropical amazónico, en tanto esmeralda solo es propia de zonas nubladas montañosas entre los 1500 y 1700 msnm en la vertiente este de la Cordillera Oriental hacia el sur.



Detalles: Luis M. Constantino y Julian A. Salazar, [luismiguel.constantino@gmail.com](mailto:luismiguel.constantino@gmail.com), [julian.salazar\\_e@ucaldas.edu.co](mailto:julian.salazar_e@ucaldas.edu.co)

### **i.- *MACRODONTIA* LACORDAIRE, 1830 un raro género de cerambycidos de zonas tropicales de Colombia (Col., Cerambycidae, Prioninae)**

El género *Macrodonia* otro grupo de escarabajos prioninos, los mas grandes que se pueden encontrar en la región neotropical; refiere a sus enormes mandíbulas con notables denticulaciones que le han valido el nombre genérico. Se reconocen por tener la antenas con el primer segmento mas corto que el espacio interocular, el escapo no muy elongado y en prisma triangular, el pronoto rectangular, espinoso lateralmente y el notable desarrollo de las mandíbulas en los machos que les otorga un gran dimorfismo sexual respecto a las hembras. El género incluye en la actualidad 11 especies, de las cuales cuatro se conocen para Colombia (Bleuzen, 1994; Salazar, 2004). Una de ellas, la mas conocida, *M. cervicornis* L., afecta cultivos de palmas como *Attalea maripa* Aub-Mart en las región amazónica de Sudamérica. Como acontece con *Psalidognathus*, el género *Macrodonia* y sus especies han sufrido los embates del cambio climático y la deforestación, afectando poblaciones en numero, siendo escasas hoy en dia por eso se hace necesario hacerles monitoreo.

A.



B.



Detalles: Cundinamarca: *Macrodonia dejeani* Gory (A)., San Antonio del Tequendama, vda La María, 1600 msnm, E.R. Henao leg , 11 de mayo 2021; *Macrodonia cervicornis* L (B), Leticia-Km 20, Amazonas L. Constantino leg; Cauca, Piamonte, Miraflores-Guayuyaco, R. Rosero leg. [julian.salazar\\_e@ucaldas.edu.co](mailto:julian.salazar_e@ucaldas.edu.co)

**j. CHARAXES OCHSENHEIMER, 1816 versus PSEUDOCHARAXES SALAZAR & CONSTANTINO, 2000 un curioso caso de analogía en mariposas tropicales (Lepidoptera: Charaxidae)**

El género *Charaxes* Ochs., está constituido por mariposas de tamaño mediano a grande, cuerpo robusto y vuelo poderoso, con las alas delanteras en su mayor parte piuntiagudas y las traseras de bordes lisos o dentados, o bien; con dos semicaudas características. Estas notables mariposas pertenecen al lado de otros géneros emparentados como *Agrias* Dbl (*sensu stricto*) y *Prepona* Bsd a la familia Charaxidae (*sensu* A.H. Rydon com ep.) distribuidas principalmente en regiones tropicales del mundo. El género es casi enteramente africano con más de 250 especies que habitan las regiones etiópica e indoaustrialiana y una especie: *Charaxes jasius* L., presente en la zona mediterránea (Aduse-Poku et al., 2009; Rydon, 1971). Es uno de los componentes típicos de los diversos hábitats africanos como la sabana o las selvas húmedas y son adictas a libar compuestos orgánicos en descomposición (Rydon, 1964; Williams, 1969; Henning, 1988). De ellas, el Centro de Museos hizo en su momento un singular muestrario en una exposición especial llamada MARIPOSAS DE AFRICA realizada entre diciembre de 2011 a mayo de 2012 divulgando parte del material que se tenía acumulado por intercambio junto a otros rholoceros del viejo continente (Salazar, 2012). Al analizar de nuevo la gran diversidad de *Charaxes*, algunas de sus especies recuerdan sorprendentemente en su morfología alar a ciertos miembros neotropicales del género *Pseudocharaxes* (Salazar & Constantino, 2000; Dias, 2021) tanto en apariencia alar, como en su patrón de coloración (vgr. *Pseudocharaxes xenocrates* Westwod Figs.a,c -Colombia *versus* *Charaxes zelica* Butler Fig.b. -Uganda y *Ch. bipunctatus* Rothschild Fig.c -Ghana).

A este respecto se viene preparando un artículo para el boletín detallando las especies que se tienen coleccionadas y su analogía con las neotropicales (Salazar, en prep.).

**A.**



**B.**



C.



D.



Detalles. julian.salazar\_c@ucaldas.edu.co

### **k.- *PROMETHEUS* HÜBNER, 1824 un género mimético de Castnidos Neotropicales (Lepidoptera: Castniidae)**

Conocido hasta hace poco con los nombres sinónimos de *Gazera* Herrich-Schäffer y los establecidos por José Oititica: *Duboisvalia*, *Tosxampila* y *Zegara* (Morales & Duarte, 2014); el género *Prometheus* Hbn, constituye un grupo de castnidos neotropicales especializado en imitar especies diurnas de mariposas, en especial *Heliconiinae*, *Ithomiinae* y *Acraeinae*. El género es diversificado en el bosque húmedo tropical donde son abundantes dichas especies de mariposas venenosas y gracias a su patrón aposemático de coloración similar pasan inadvertidas para los predadores. Ya, autores de antaño o modernos, notaron el fenómeno con algunas especies comunes de *Prometheus* vgr., *P. heliconioides* H-Schff Fig.c., (simulando aquí al erebido *Notophyson heliconides* Swn Fig. d), *P. zagraeoides* Fldr., *P. ecuadoria* Ww. (Haase, 1896; Poulton, 1898, Watson & Whalley, 1975; Whalley, 1989, Ichita, 2010.). En nuestro medio Vélez & Salazar (1991) divulgaron en su ocasión a *P. zagraeoides* (Fig.a) involucrado en un anillo mimético acompañado de *Lycorea cleobaea atergatis* Dbl. (*Danainae*) y el papilionido *Pterourus zagraeus ascolius* Fldr reproducido aquí en el ejemplo (Fig.b), en tanto Salazar (2017) hace lo propio con *Prometheus ecuadoria extensa* Pfeiffer con diversos modelos de mariposas parecidos en su patrón procedentes del suroriente colombiano. Recientemente, Constantino & Constantino (2020) en un estudio sobre el mimetismo de *Heliconius hecalesia* Hewitson ilustran también otro anillo mimético considerando a *Prometheus polymorpha* Miller (identificada como *P. personata* Walker), junto a *ithominos* y *heliconinos* con un patrón alar similar presentes en Chocó biogeográfico de Colombia.



Detalles. julian.salazar\_e@ucaldas.edu.co

### **L.- Descubrimiento e ilustración del tipo de *PREPONA NEOTERPE PHOTIDIA* FRUHSTORFER, 1912 para Colombia (Lepidoptera: Nymphalidae)**

*Prepona neoterpe photidia* es una rara y enigmática entidad descrita por Hans Fruhstorfer para la revista *Entomologische Rundschau* de 1912 (vol 29 (6): 45) publicación alemana dirigida por Karl Grünberg, con una escueta y corta descripción sin figuras. En ella el autor menciona la localidad de su hallazgo: el Río Negro en Colombia, a 800 m de altitud; hace la parte descriptiva y la relaciona con otras especies emparentadas como *P. lygia* Fruhstorfer, *P. garleppiana* Staudinger, *Archeoprepona meander pseudomeander* Fruhstorfer y *P. neoterpe neoterpe* Honrath, refiriéndola como una raza local de esta última que habita el norte de Sudamérica. Teniendo esto como base, y a pesar de nuestras indagaciones; varios especialistas nos informaron en su momento que el tipo se hallaba aparentemente perdido pues se ignoraba en que colección mundial existía o hubiese sobrevivido al presente (Martin, 1922; G. Lamas, S. Attal, G. Seraphin com ep.,). Es recientemente, para sorpresa, en un estudio metódico y completo realizado por los colegas mexicanos José de Jesús García,

Alonso Turrent, Bernardo Lopez y Roberto G. de la Maza revisando las poblaciones de *Prepona Boisduval* pertenecientes al complejo *deiphile* de America Tropical para la Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterologia; pudieron localizar el tipo femenino de *photidia*, la redescubrieron de nuevo y publicaron por vez primera su ilustración con los datos originales dados por Fruhstorfer (ver figura adjunta). Dicho logro debido a la amabilidad de Jaume Casaponsa quien la tiene depositada en su coleccion particular de Madrid ha permitido el uso de la fotografia divulgada en la publicación original para ser reproducida aquí. Al presente esta subespecie; el único representante del complejo *deiphile* en Colombia, no se conoce en colecciones nacionales y no ha sido reportada de nuevo en nuestro medio desde 1912 (Salazar, 1990). La localidad de Rio Negro es ambigua, probablemente corresponde a una zona de piedemonte de la Cordillera Oriental que drena sus aguas al Rio Guayuriba, o bien a otra región desconocida del Parque Nacional Natural Chiribiquete a 20 km del Rio Vaupés tal como cita otro de los rotulos que acompañan el ejemplar.



Detalles. [julian.salazar\\_e@ucaldas.edu.co](mailto:julian.salazar_e@ucaldas.edu.co)  
 (Fotos cortesía Jaume Casaponsa)

**m.- *PREPONA PRAENESTE* HEWITSON, 1859 a los 162 años de su descripción, vigencia y descubrimiento (Lepidoptera: Nymphalidae)**

*P. praeneste* es sin duda la mariposa charaxina más bella y rara que aún se puede encontrar en Colombia y otros países andinos de Sudamérica. El tipo descrito y figurado en su momento por el afamado naturalista inglés William Chapman Hewitson para sus Ilustraciones de nuevas especies de mariposas exóticas provino de la “Nueva Granada” (hoy Colombia pero sin mayor información de localidades). Dada su gran rareza, en la actualidad muy pocas poblaciones colombianas se han divulgado (Salazar, 1990; Salazar & Constantino, 2001, Salazar, 1995, 2013a, 2013b), al extremo de que Constantino (2007) la propuso como una especie vulnerable en una de las categorías de amenaza basadas en la Union Internacional de Especies en Peligro de Extinción. No obstante, nuestro colega ha tenido la suerte de hacer un seguimiento de *praeneste* con la subespecie *virago* Biedermann, 1938 en ciertos lugares de la Cordillera Occidental, logrando increíbles imágenes de la especie al natural atraída por señuelos (ver portada de la presente edición). En nuestro medio la hembra es extremadamente rara pues solo conocemos una depositada en una colección privada y se necesita mas monitoreo en pro de una adecuada conservación.

Detalles: Luis M. Constantino y Julian A. Salazar, [luismiguel.constantino@gmail.com](mailto:luismiguel.constantino@gmail.com), [julian.salazar\\_e@ucaldas.edu.co](mailto:julian.salazar_e@ucaldas.edu.co)

**Autores Boletín 26 (1) 2022**

Daniela Martínez Torres: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Email: [sdmartinezt@unal.edu.co](mailto:sdmartinezt@unal.edu.co) [orcid.org/0000-0001-8865-927X](https://orcid.org/0000-0001-8865-927X)

Sebastián Galvis Jiménez: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Email: [sgalvisjimenez@gmail.com](mailto:sgalvisjimenez@gmail.com) [orcid.org/0000-0002-6041-7903](https://orcid.org/0000-0002-6041-7903)

Fabiola Ospina Bautista: Grupo de Investigación en Ecosistemas Tropicales, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. Email: [Fabiola.Ospina@ucaldas.edu.co](mailto:Fabiola.Ospina@ucaldas.edu.co) [orcid.org/0000-0003-2498-1459](https://orcid.org/0000-0003-2498-1459)

Jaime Estévez Barón: Grupo de Investigación en Ecosistemas Tropicales, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. Email: [pablo.lobe19@gmail.com](mailto:pablo.lobe19@gmail.com) [orcid.org/0000-0002-5525-1291](https://orcid.org/0000-0002-5525-1291)

Jeison Yaima Yate: MVZ, MSc. Programa de Maestría en Ciencias Pecuarias, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima. E-mail: [jayaimay@ut.edu.co](mailto:jayaimay@ut.edu.co) [orcid.org/0000-0001-8635-3306](https://orcid.org/0000-0001-8635-3306)

Edgar Díaz Rivera: MVZ, MSc. Laboratorio de Parasitología Veterinaria, Grupo de investigación END, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. E-mail: [ediazr@ut.edu.co](mailto:ediazr@ut.edu.co) [orcid.org/0000-0003-3317-9759](https://orcid.org/0000-0003-3317-9759)

Natalia Escobar Escobar: University of Cundinamarca, Faculty of Agricultural Sciences, Green Area Research Group. Fusagasugá, Colombia. Email: [nataliaescobar@ucundinamarca.edu.co](mailto:nataliaescobar@ucundinamarca.edu.co) [orcid.org/0000-0002-2206-1432](https://orcid.org/0000-0002-2206-1432)

Mónica Castro: University of Cundinamarca, Faculty of Agricultural Sciences, Green Area Research Group. Fusagasugá, Colombia.

Yesica Baquero: University of Cundinamarca, Faculty of Agricultural Sciences, Green Area Research Group. Fusagasugá, Colombia. Email: [jbaquero@ucundinamarca.edu.co](mailto:jbaquero@ucundinamarca.edu.co) [orcid.org/0000-0002-4765-9852](https://orcid.org/0000-0002-4765-9852)

Daniela Hoyos: University of Quindío, Armenia, Colombia. Email: [dhoyosb@uqvirtual.edu.co](mailto:dhoyosb@uqvirtual.edu.co) [orcid.org/0000-0001-7210-3541](https://orcid.org/0000-0001-7210-3541)

Juan Sebastián Arana Rivera: Master(c) Comprehensive Project Management Universidad Surcolombiana, Environmental Engineer from Corporación Universitaria

del Huila, CORHUILA, Technologist in Ecological Agricultural Production from SENA. Email: jsarana1993@hotmail.com orcid.org/0000-0002-4618-3012

Santiago Gutierrez Quintero: Research Group Efecto Ambiental, Master in Ecology and Strategic Ecosystems Management - Universidad Surcolombiana, Biologist - Universidad de Caldas, Professor of the Environmental Engineering Program - Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA. Email: santiago.gutierrez@corhuila.edu.co orcid.org/0000-0002-8769-1988

Natalia Álvarez: BA in Modern Languages, MA in Translation. Department of Modern Languages. Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA, Neiva, Colombia. Email: natalia.alvarez@corhuila.edu.co orcid.org/0000-0002-1130-6027

Rubén Darío Valbuena Villareal: Docente Universidad Surcolombiana (Neiva/Colombia), Programa íctico y pesquero del alto Magdalena, Grupo de Investigación GINACUA. E-mail: rubendario@usco.edu.co orcid.org/0000-0002-3244-7742

Ana María Restrepo: Ingeniera Agrónoma, Manizales, Caldas, Colombia, E-mail: anitmarie@hotmail.com orcid.org/0000-0002-9596-320X

Laura Bernal Arias: Estudiante Ingeniería Agronómica, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia, E-mail: laura.501421149@ucaldas.edu.co orcid.org/0000-0002-4608-5383

Wilber Gómez Vargas: Instituto Colombiano de Medicina Tropical-Universidad CES, Sabaneta, Colombia. E-mail: wgomez@ces.edu.co orcid.org/0000-0001-9790-7415

Giovani Zapata Úsuga: Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. E-mail: giovani.zapata@udea.edu.co

Yesica Yulieth Gómez: Ingeniera Agrónoma, Laboratorio de Entomología, Universidad de Caldas-LEUC, Edificio Facultad de Ciencias Agropecuarias. Manizales, Colombia. E-mail: yesicagomez27@hotmail.com. orcid.org/0000-0003-1144-7265

José David Rubio: Ingeniero Agrónomo, M. Sc.; consultor agronómico de cultivo de palma de aceite. E-mail: josed.rubio@gmail.com orcid.org/0000-0002-1321-7239

Luis Fernando Vallejo: Biólogo, M. Sc.; Ph. D., Laboratorio de Entomología, Universidad de Caldas-LEUC, Edificio Facultad de Ciencias Agropecuarias. Manizales, Colombia. E-mail: luis.vallejo\_e@ucaldas.edu.co orcid.org/0000-0002-0610-1270

Luis David Montoya: Biólogo-Investigador privado. E-mail: [Oxybelisluda@gmail.com](mailto:Oxybelisluda@gmail.com) orcid.org/0000-0003-2739-2158

Luis Carlos Pardo Locarno: PhD, Docente, Programa de Agronomía, Universidad del Pacífico, Buenaventura, Valle, Colombia. E-mail: [lcparado@uipacifico.edu.co](mailto:lcparado@uipacifico.edu.co) orcid.org/0000-0002-4464-9771

Jeny Tatiana Bernal: Estudiante de Biología, Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia, E-mail: [tatianazuluagapleidae@gmail.com](mailto:tatianazuluagapleidae@gmail.com) orcid.org/0000-0003-4225-540X

Camilo Andrés Llano Arias: Profesor Cátedra, Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Grupo de Investigación Bionat, Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia, E-mail: [camiloandresllanoarias@gmail.com](mailto:camiloandresllanoarias@gmail.com) orcid.org/0000-0001-5812-7360

Irina Morales: Profesora Asociada, Laboratorio de Entomología, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá, Colombia, E-mail: [irina.morales@uptc.edu.co](mailto:irina.morales@uptc.edu.co) orcid.org/0000-0003-2456-5674

**EL BOLETÍN CIENTÍFICO DEL CENTRO DE MUSEOS** de la Universidad de Caldas es una revista especializada para la divulgación de trabajos resultantes de la investigación en **HISTORIA NATURAL** relacionada en ciencias biológicas afines. La revista se publica dos veces al año con las siguientes temáticas: Artículos principales (hasta 30 páginas manuscritas) relacionados con Mastozoología, Ornitología, Herpetología, Entomología, Botánica y Conservación.

Artículos enfocados a la conservación de colecciones biológicas o a diversos aspectos de Museología en Historia Natural.

Comunicaciones cortas como revisiones de libros, reconocimientos de trayectoria profesional, anuncios de cursos y eventos que tengan que ver con Historia Natural.

Sin excepción todo artículo presentado en este boletín debe ser original y no publicado en ninguna otra revista o medio electrónico existente.

## PAUTAS GENERALES

Los artículos pueden ser escritos en español o inglés y serán publicados en el idioma en que sean enviados, pero no se aceptarán aquellos que estén publicados o sometidos a otra revista.

Los manuscritos serán revisados por, al menos uno o dos especialistas en el tema y podrán consultar con el director para su aceptación o no en la revista. Aquellos artículos ceñidos fielmente a las instrucciones indicadas aquí serán más favorecidos para su publicación.

Se debe enviar un original y dos copias de los trabajos, con letra de tamaño grande (12 o 14 puntos), alineados a la izquierda, en papel tamaño carta, con márgenes de 3 cm en todos los lados y a doble espacio (incluyendo título, palabras clave, resúmenes, textos, tablas y bibliografía).

Además se debe enviar el material en medio magnético (Disquete, Disco Compacto) y grabado en archivo MS-Word. En lo posible, todos los manuscritos deben llevar un título, un resumen y un índice de palabras clave en español (ideal si se incluye una versión en inglés), excepto en los de reconocimiento. No es indispensable que las páginas vayan numeradas.

Cuando los trabajos sean resultado de investigaciones sobre especies en particular que necesiten ejemplares testigo de colecciones, es importante indicar el lugar (museo, herbario o institución ojalá registrada ante el Instituto Alexander Von Humboldt) donde se encuentren depositados los especímenes. Así mismo, se debe indicar el colector o colectores, las fechas de captura y los sitios de recolección estrictamente. Igualmente, al referir material conservado o depositado en el Museo de Historia de Natural, Universidad Caldas debe citarse esta institución abreviadamente (MHN-UC) que lo diferencia del material contenido en el Museo de Historia Natural, Universidad del Cauca, puesto que tiene siglas abreviadas parecidas (MHN-UCC) y que han sido empleadas de modo confuso en otros números del boletín.

## De los artículos principales

El manuscrito de los artículos principales o el relacionado con la conservación de colecciones biológicas se debe dividir del siguiente modo secuencial: el título, el resumen y las palabras clave debajo de cada resumen, los nombres y apellidos de los autores omitiendo el segundo apellido o mencionándolo con la letra inicial, la dirección institucional de cada autor y el correo electrónico para correspondencia, la introducción, la metodología y los materiales empleados, los resultados, su discusión, los agradecimientos, la bibliografía citada en el texto, las tablas y la figuras respectivas usadas.

De las abreviaciones y estilo Los nombres científicos de especies se escriben en *itálica*. Es recomendable escribir el nombre completo por primera vez en el texto, pero en adelante se abrevian en lo posible. Por ninguna razón se deben dividir las palabras en el margen derecho en ningún lugar del manuscrito.

Se debe usar el sistema métrico y sus abreviaciones para todas las medidas y utilizar cifras decimales que en los artículos en español van separadas con comas y en los de inglés con puntos (ej: 0,010 y 0.010).

## De las Referencias

Los nombres de los autores consultados en las referencias y que son mencionados en el texto deben citarse con letras mayúsculas y bajo las siguientes indicaciones o ejemplos:

“MARTÍNEZ (2000)” si el nombre del autor es parte de la oración, y “(MARTÍNEZ, 2000)” si no lo es

“(MUÑOZ, 1999, 2000)” para dos artículos de un autor citados a la vez.

“(MUÑOZ, 1999a, 1999b)” para dos artículos por el mismo autor en el mismo año

“(ALBERICO *et al.*, 2000; BERTH *et al.*, 2001; CALLEJAS *et al.*, 2002; JORDAN *et al.*, 2003; SALAZAR *et al.*, 2003)”, para dos o más publicaciones de autores diferentes.

Deberán citarse en orden alfabético y luego cronológico o cuando aparezca un grupo de citas bibliográficas del mismo autor en años distintos. Los diversos autores se separan por punto y coma. Cuando la referencia corresponda a una cita de dos autores, los apellidos se conectan por el símbolo “&” y si la publicación es de más autores, debe mencionarse únicamente el primer autor en mayúsculas seguidos por “*et al.*”: “(MUÑOZ *et al.*, 2001)”.

Se pueden mencionar datos no publicados, comunicaciones personales o por vía electrónica y artículos recientemente aceptados, en este caso deben enviar copia de la carta de aceptación al director de la revista para su verificación.

La lista bibliográfica mencionada al final del artículo debe ser en orden alfabético, con base en el primer apellido de los autores siempre en mayúsculas y luego el cronológico, siguiendo los siguientes ejemplos:

### Artículo publicado en revista

PECK, S.B. & FORSYTH, A., 1982.- Composition, structure and competitive behavior in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (*Coleoptera: Scarabaeidae*). *Canadian J. Zool.*, 60 (7): 1624-1634.

### Capítulo en volumen editado

LÓPEZ, H. & MONTENEGRO, O., 1993.- Mamíferos no voladores de Carpanta: 165-187 (en) ANDRADE, G.I (ed.) *Carpanta: Selva Nublada y Páramo*. Fundación Natura, Bogotá.

### Citación de Libro

HILTY, S.L. & BROWN, W.L., 1986.- *A Guide to the Birds of Colombia*. Princeton Un. Press.

### Citación de Tesis

ÁLVAREZ, J.A., 1993.- Inventario de las mariposas (*Lepidoptera, Rhopalocera*), con anotaciones ecológicas para dos zonas del departamento de Risaralda, Colombia: Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá.

En lo posible se deben abreviar los nombres de las revistas citadas y escribirlos en itálica, así mismo el título de los libros pero estos se escriben completamente sin abreviar. Para efectos de esta revista en la bibliografía o cuando se cite el Boletín Científico Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas debe abreviarse como “*Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*”.

### De las comunicaciones cortas

En ellas se incluye las Novedades en Historia Natural, las Revisiones Bibliográficas, los homenajes biográficos etc. que pueden escribirse sin el uso de subtítulos en la introducción, materiales o métodos, resultados o discusión.

### Tablas

Deben citarse en el texto, identificadas y enumeradas consecutivamente con números arábigos. El encabezamiento debe ser conciso y descriptivo e ir sobre éstas. Las abreviaturas o símbolos se deben explicar al pie de la tabla. Las tablas deben salvarse como parte del texto y estar separadas en páginas diferentes después de las referencias bibliográficas. Deben explicarse por sí solas y no duplicar lo planteado en el texto. Es imprescindible digitarlas todas de acuerdo con el menú del Word “Insertar Tabla”, en celdas distintas (no se aceptarán cuadros con valores separados por la herramienta ENTER o colocadas como figura).

### Figuras

Incluyen gráficos y fotografías, los cuales deben citarse apropiadamente en el texto y estar identificados y enumerados consecutivamente, usando números arábigos. El título de la

figura debe ser conciso y descriptivo y se debe colocar debajo de la figura. Es importante cerciorarse de que cada gráfico o figura estén citados en el texto. Si se utilizaron figuras, datos publicados o inéditos provenientes de otra fuente, deben contener la fuente de donde fueron extraídos y referenciarla.

Las unidades, letras, números y símbolos deben ser claros y uniformes en todas las ilustraciones y de tamaño suficiente para que sigan siendo legibles, incluso después de la reducción necesaria para su publicación. Los títulos y explicaciones detalladas se deben incluir en los pies o epígrafes y no sobre las propias ilustraciones.

Los puntos de las curvas en los gráficos estadísticos se deben representar con marcadores contrastantes como círculos, cuadrados, triángulos o rombos (reellenos o vacíos). Así mismo, las curvas se deben identificar, de forma tal que el exceso de información no comprometa la comprensión del gráfico.

En el caso de gráficos de barras, se deben usar diferentes efectos de relleno (puntillados, líneas horizontales, verticales, diagonales, etc.). Se deben evitar los colores grises ya que dificultan la visualización en la impresión y no se debe usar fuente de letra en nebrilla en las figuras.

Para enviar las figuras en medio digital se deben escanear a una resolución de mínimo 300 dpi, o se pueden digitalizar por medio de una cámara fotográfica.

## **De la Correspondencia**

Todo material para publicar debe enviarse a:

Comité Editorial

Boletín Científico Museo de Historia Natural

Centro de Museos, Universidad de Caldas

Apartado aéreo 275, Manizales- Colombia

Carrera 23 No 58-65 Sede Palogrande

Telefax 8851374

E-mail: julianmantis@gmail.com

Los manuscritos que no se ciñan a las normas indicadas arriba se devolverán a sus autores con recomendaciones pertinentes para una adecuada publicación. A cada autor a quien se le publique se le enviarán copias del Boletín Científico del Museo de Historia Natural correspondientes al número donde aparece su trabajo publicado.

El Boletín Científico se encuentra indexado en los siguientes *abstracts* internacionales:

Biosis: Biological Abstract y Zoological Record Bibliography of Neotropical Butterflies (Association For Tropical Lepidoptera)- Abstracts

Icom: Conseil International des Musées- Abstract

The **BOLETÍN CIENTÍFICO del CENTRO DE MUESEOS** of the Universidad de Caldas is a specialized journal, whose purpose is to disclose research results in **NATURAL HISTORY** related to similar biological sciences. The journal is published twice a year with the following topics: Main articles (up to 30 printed pages) related to Mastozoology, Ornithology, Herpetology, Entomology, Botany, and Conservation.

Articles aimed at the conservation of biological collections or at diverse aspects of Museology in Natural History.

Short communications such as book revisions, acknowledgements of professional trajectory, course and event announcements related to Natural History.

Without exceptions, all articles presented to this journal should be original. They must not be published in another journal or electronic means.

## GENERAL GUIDELINES

The articles can be written in Spanish or English and will be published in their original language. However, articles that have been published in other journals will not be included.

The texts will be revised by at least one or two specialists and their concept will influence the director's decision regarding publication. The articles that strictly follow these indications will be favored.

The original, two copies, a CD copy of the text with letter size 12 or 14, letter size pages, with 3 cm margins on all sides and doubled spaced (including title, key words, abstract, texts, tables and bibliography) in MSWord format should be sent.

Whenever possible, all of the texts should have a title, abstract and key words in both Spanish and English, except in the acknowledgments texts. When the texts are research results on particular species that require witness samples of collections, it is important to indicate the place (museum, herbarium or institution, preferably one that is registered in the Alexander Von Humboldt Institute) where the specimens are deposited. The collectors, the capturing dates and the recollection sites should also be indicated.

In addition, when referring to conserved or deposited material from the Museum of Natural History of the Universidad de Caldas, the institution should be cited using the abbreviation (MHN-UC), which differentiates it from the material found at the Museum of Natural History, Universidad del Cauca (MHN-UCC), to clear up the confusion, since they have been used interchangeably in previous volumes of the journal.

Main articles Main articles and those related to the conservation of biological collections should have the following order: title, abstract and key words, authors' full names, institutional address and electronic mail address, introduction, methodology and materials, results, discussion, acknowledgments, bibliography, tables and graphs.

## Abbreviations and style

The scientific names of the species should be written in italics. It is advisable to write the complete name the first time it appears in the text, but from then on it should be abbreviated.

Words should not be divided anywhere in the text. The metric system and its abbreviations must be used for all measurements, separating the decimal numbers with periods.

## Bibliography

The name of the authors consulted in the bibliography and that are mentioned in the text, should be cited in capital letters and under the following specifications:

MARTINEZ (2000), if the author's name is part of the sentence, and (MARTINEZ, 2000) if not.

(MUÑOZ, 1999, 2000) for two articles of the same author cited simultaneously.

(MUÑOZ, 1999a, 1999b) for two articles of the same author from the same year.

(ALBERICO *et al.*, 2000; BERTH *et al.*, 2001; CALLEJAS *et al.*, 2002; JORDAN *et al.*, 2003; SALAZAR *et al.*, 2003), for two or more publications of different authors. They should be cited in alphabetical order, first, and then in chronological order. The diverse authors should be separated by semicolons.

When the reference corresponds to a citation of two authors, the last names should be connect by the “&” symbol, and if the publications belong to more than two authors, the last name of the first author goes in capital letters followed by “*et al.*”: (MUÑOZ, *et al.*, 2001).

Unpublished information, personal communications, electronic mails, and recently accepted articles can be mentioned. In the last case, the acceptance letter should be sent to the director for its verification.

The bibliographical list mentioned a the end of the article should be in alphabetical order according to the last name of the authors, always in capital letters and then in chronological order, as in the following examples:

### Journal article

PECK, S.B. & FORSYTH, A., 1982.-Composition, structure and competitive behavior in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (*Coleoptera: Scarabaeidae*). *Canadian J. Zool.*, 60 (7):1624-1634.

### Book chapter

LÓPEZ, H. & MONTENEGRO, O., 1993-Non—flying mammals of Carpanta: 165-187 (in) ANDRADE, G.I. (ed.) *Carpanta: Selva Nublada y Páramo*. Fundación Natura, Bogotá.

## Book

HILTY, S.L. & BROWN, W.L., 1986-*A Guide to the Bird of Colombia*. Princeton Un. Press.

## Thesis

ÁLVAREZ, J.A., 1993-Butterfly (*Lepidoptera, Rhopalocera*) inventory, with ecological notes for two zones of the department of Risaralda, Colombia: Thesis, Universidad Nacional de Colombia, Science Faculty, Bogotá.

Whenever possible the name of the cited journals should be abbreviated and written in italics, additionally, the book titles should be written completely, without any abbreviations. When citing the Boletín Científico Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas should be abbreviated as follows: "*Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U de Caldas*".

## Short communications

These include novelties in Natural History, Bibliographical Revisions, Bibliographical Tributes, which can be written without subtitles (introduction, materials and methods, results, discussion).

## Charts

They must be mentioned in the text, identified and enumerated consecutively with Arabic numbers. The heading must be concise and descriptive and must be placed above the charts. The abbreviations or symbols must be explained below the chart. The charts must be saved as part of the text and be separated on different pages after the bibliographical references. They must explain themselves, and not repeat what was mentioned in the text. It is essential that they are created with the Word menu "Insert Chart", with different cells (charts with values separated by the ENTER key or as figures will not be accepted).

## Figures

They include graphs and photographs, which must be mentioned appropriately in the text. They must be identified and enumerated consecutively, using Arabic numbers. The title of the figure must be concise and descriptive and it should be placed underneath the figure.

It is important to make sure that each graph or figure is mentioned in the text. If figures, published or unpublished data originating from another source were used, they must contain the original source, and it must be referenced.

The units, letters, numbers and symbols must be clear and uniform in all the illustrations and of a size big enough for their legibility, even after the necessary reduction made for their

publication. The titles and detailed explanations must be included underneath, and not in the illustrations themselves.

The points of the curves in statistical graphs should be represented with contrasting markers such as circles, squares, triangles or rhombuses (filled or empty). Additionally, the curves should be clearly identified, so that the excess of information does not jeopardize the understanding of the graph.

In the case of bar graphs, different filling effects must be used (dotted or horizontal, vertical, diagonal lines, etc.). The gray colors should be avoided since they hinder the visualization of the printed form, and bold letters should not be used in the figures.

In order to send the figures in digital form, they should be scanned in a resolution of minimum 300 dpi, or whenever possible, digitized by means of a camera.

## **Correspondence**

Materials can be sent to:

Comité Editorial

Boletín Científico Museo de Historia Natural

Centro de Museos, Universidad de Caldas

A. A. 275, Manizales, Caldas, Colombia

Carrera 23 # 58-65 Sede Palogrande

Telefax: 8851374

E-mail: [julianmantis@gmail.com](mailto:julianmantis@gmail.com)

The texts that do not follow the indicated norms will be returned to their authors with the appropriate comments for its publication.

Each author whose article is published will receive a copy of the Boletín Científico del Museo de Historia Natural Journal, corresponding to the number in which it is included.

The Boletín Científico Journal is indexed in the following international abstracts:

Biosis: Biological Abstract and Zoological Record.

Bibliography of Neotropical Butterflies (Association for Tropical Lepidoptera)-Abstracts.

Icom: Conseil International des Musées- Publication Abstract.





**BOLETÍN CIENTÍFICO  
CENTRO DE MUSEOS  
MUSEO DE HISTORIA NATURAL**

**FORMATO DE SUSCRIPCIÓN**

Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados  
Universidad de Caldas. Calle 65 N° 26 - 10  
A.A. 275 Manizales - Colombia  
Tel: 8781500 ext 11222  
emails: [revistascientificas@ucaldas.edu.co](mailto:revistascientificas@ucaldas.edu.co)  
[museo@ucaldas.edu.co](mailto:museo@ucaldas.edu.co)

Nombre / <i>Name</i>	
Cédula / <i>Identificación number</i>	
Dirección / <i>Address</i>	
Ciudad / <i>City</i>	
Departamento / <i>State</i>	
	Código Postal / <i>Zip Code</i>
País / <i>Country</i>	
Teléfono / <i>Phone Number</i>	
Profesión / <i>Profession</i>	
Institución / <i>Employer</i>	
Email	
Dirección de envío / <i>Mailing Address</i>	

**Suscriptores Nacionales por un año. (2) Ejemplares**

Último ejemplar recibido / *Last issue mailed:*

Año / <i>Year</i>	Volumen / <i>Volume</i>	Número / <i>Number</i>	Fecha / <i>Date</i>
-------------------	-------------------------	------------------------	---------------------

# REVISTAS CIENTÍFICAS UNIVERSIDAD DE CALDAS

FACULTAD	REVISTA	INDEXADA EN
CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES	BOLETÍN CIENTÍFICO CENTRO DE MUSEOS MUSEO DE HISTORIA NATURAL	PUBLINDEX+ <b>A2</b> Scopus, SciELO, EBSCOhost, Zoological Record, Index Copernicus, Gale Cengage Learning, Latindex
ARTES Y HUMANIDADES	 Revista <b>KEPES</b>	PUBLINDEX+ <b>A1</b> Scopus, EBSCOhost, Gale Cengage Learning, Latindex
	 <b>ph</b> DISCUSIONES FILOSÓFICAS	PUBLINDEX+ <b>C</b> Scopus, SciELO, EBSCOhost, Philosopher's index, Index Copernicus, Gale Cengage Learning, Latindex
	Revista de Latinoamericana de Estudios Educativos	PUBLINDEX+ <b>C</b> Redalyc, EBSCOhost, Gale Cengage Learning, Latindex, DOAJ, MIAR, REDIB
	REVISTA COLOMBIANA DE LAS <b>ARTES ESCÉNICAS</b>	EBSCOhost, Latindex
CIENCIAS AGROPECUARIAS	 Luna <b>Azul</b>	PUBLINDEX+ <b>C</b> Scopus, SciELO, Redalyc, EBSCOhost, DOAJ, Index, Copernicus, Gale Cengage Learning, Latindex
		Emerging Source Citation Index, EBSCOhost, CAB Abstracts, Gale Cengage Learning, Latindex, REDIB
	<b>AGRONOMÍA</b>	EBSCOhost, CAB Abstracts, Latindex

FACULTAD	REVISTA	INDEXADA EN
CIENCIAS PARA LA SALUD		PUBLINDEX* <b>B</b> SciELO, Redalyc, EBSCOhost, Lilacs, DOAJ, Gale Cengage Learning, Latindex, REDIB
	<b>Biosalud</b> REVISTA CIENCIAS BÁSICAS	SciELO, EBSCOhost, Lilacs, Gale Cengage Learning, Latindex, REDIB
CIENCIAS JURÍDICAS	<b>JURÍDICAS</b>	PUBLINDEX* <b>B</b> Scopus, EBSCOhost, Gale Cengage Learning, Latindex, DOAJ, REDIB, MIAR
		Emerging Sources Citation Index, EBSCOhost, Gale Cengage Learning, Latindex, DOAJ, Clase, REDIB, MIAR, SciELO, Clacso, Ulrich's
		EBSCOhost, Emerging Source Citation Index, Index Copernicus, Gale Cengage Learning, Latindex, MIAR
	Revista Latinoamericana de Estudios de <b>Familia</b>	Emerging Source Citation Index, EBSCOhost, Latindex, REDIB, MIAR
	<b>CULTURA Y DROGA</b>	Emerging Source Citation Index, EBSCOhost, REDIB, CLASE, CLACSO, MIAR
INGENIERÍAS	Revista <b>[VECTOR]</b>	EBSCOhost, Gale Cengage Learning, Latindex

\* convocatoria Publindex 875 de 2020



**Revistas  
Científicas**  
UNIVERSIDAD DE CALDAS



Esta revista se terminó de imprimir  
en el mes de julio de 2021

Manizales - Colombia