



**Composición taxonómica de ositos de agua
(Tardigrada) asociados a briófitos y
líquenes en una plantación de café del
corregimiento de Minca, Sierra Nevada de
Santa Marta**

Beisy Natalia Cantillo Rojas

Universidad Magdalena

Facultad de Ciencias Básicas

Programa de Biología

Santa Marta, Colombia

2020



Composición taxonómica de ositos de agua (Tardigrada) asociados a briófitos y líquenes en una plantación de café del corregimiento de Minca, Sierra Nevada de Santa Marta

Beisy Natalia Cantillo Rojas

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:

Biólogo

Directora:

Anisbeth de Jesús Daza Padilla

Codirectora:

Sigmer Yamuruk Quiroga Cárdenas, *Ph.D.*

Grupo de Investigación Manejo y Conservación de Fauna, Flora y Ecosistemas Estratégicos

Neotropicales MIKU

Línea de Investigación:

Sistemática y biodiversidad de invertebrados

Universidad del Magdalena

Facultad de Ciencias Básicas

Programa de Biología

Santa Marta, Colombia

2020

Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por el Acuerdo Superior N° 11 de 2017 y Acuerdo Académico N° 41 de 2017 para optar al título de **Biólogo**

Jurado

Jurado

Santa Marta, ____ de ____ de _____

*Porque somos hechura de Dios, creados en Cristo
Jesús para buenas obras, las cuales Dios dispuso
de antemano a fin de que las pongamos en práctica.
Efesios 2: 10*

Agradecimientos

Agradezco grandemente a mi Dios por darme las facultades físicas y mentales para estudiar su maravillosa creación, por su amor y misericordia infinita y su increíble inteligencia.

Muchas gracias a mi familia, Dikson Cantillo, Dolfi Rojas y Dikson Ned Cantillo Rojas por traerme a la vida, ser mi apoyo incondicional, enseñarme desde la niñez, amarme, alegrarme en los momentos duros, aconsejarme, corregirme y apoyarme en el estudio de esta hermosa carrera.

Gracias a mi directora Anisbeth Daza por su cariño, apoyo, comprensión y paciencia. Por enseñarme siempre a explotar mis capacidades y a buscar siempre lo mejor. Gracias por los conocimientos que me ha transmitido y su acompañamiento en la elaboración de este trabajo.

Gracias a mi codirector Sigmer Quiroga por brindarme la gran oportunidad de pertenecer a este grupo de investigación, por enseñarme a aprovechar las oportunidades y por su apoyo y asesoría al presentar la propuesta y este trabajo. Por su comprensión y sus grandes consejos, los cuales los atesoro en mi corazón y los pondré en práctica.

Doy gracias a Rosana Londoño por su cariño y acompañamiento en todo el proceso, por transmitirme sus conocimientos, por su paciencia e interés y por el apoyo que siempre he recibido.

Gracias a cada integrante del grupo de investigación MIKU por cada experiencia que he vivido con ellos, las cuales me han hecho crecer personal y profesionalmente, y me han permitido atesorar recuerdos inolvidables. De igual manera a Kevin Ramírez Roncallo y Juan David Ospino, quienes estuvieron al frente de la identificación de las muestras de briófitos y líquenes, muchas gracias.

Contenido

	Pág.
Resumen.....	10
Abstract.....	11
Introducción	12
Materiales y Métodos.....	15
Fase de campo.....	15
Fase de laboratorio	16
Identificaciones taxonómicas	16
Resultados	17
Discusión	43
Conclusión	47
Referencias Bibliográficas	48
Anexos	58

Lista de símbolos

Símbolo	Significado
cm²	Centímetros cuadrados
°	Grados
°C	Grados centígrados
MIKU	Grupo de Investigación en Manejo y Conservación de Fauna, Flora y Ecosistemas Estratégicos Neotropicales
indv	Individuo (s)
msnm	Metros sobre el nivel del mar
µl	Microlitros
µm	Micrómetros
mm	Milímetros
'	Minutos
N	Norte
#	Número
W	Oeste
%	Porcentaje
"	Segundos
SNSM	Sierra Nevada de Santa Marta
vs.	Versus

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Esquema corporal de las clases de tardígrados. (A) Mesotardigrada; (B) Heterotardigrada; (C) Eutardigrada. Modificado de: Jørgensen et al., (2018).....	12
Figura 2. Esquema general de un eutardígrado. Tomado de: Meier et al., (2019).....	13
Figura 3. <i>Pseudechiniscus</i> cf. <i>santomensis</i> . (A) Plano corporal, placa pseudosegmental (flecha); (B) Placas cuticulares dorsales anteriores: placa cefálica con pliegue en forma de W (flecha negra), pliegue transversal de la placa escapular (línea negra), pliegue transversal en la primera placa mediana (flecha blanca); (C) Garras y papila (flecha) del cuarto par de patas; (D) Espuelas de las garras internas del cuarto par de patas (flecha); (E) Ornamentación de las placas cuticulares; (F) Apéndices cefálicos: cirros internos (circulo blanco), papilas cefálicas (estrella), cirros externos (circulo negro), clava (flecha negra), cirro A (flecha blanca).....	22
Figura 4. <i>Milnesium barbadosense</i> . (A) Plano corporal; (B) Aparato bucal y papilas cefálicas (flecha); (C) Garras del primer par de patas con espuela (flechas); (D) Barra cuticular debajo de las garras del segundo par de patas (flecha); (E) Garras del cuarto par de patas.	23
Figura 5. <i>Milnesium cassandrae</i> . (A) Plano corporal; (B) Aparato bucal y papilas cefálicas (flecha); (C) Barra cuticular debajo de las garras del segundo par de patas (flecha); (D) Cutícula dorsal media esculpido con pseudoporos; (E) Garras del cuarto par de patas.....	25
Figura 6. <i>Milnesium kogui</i> . (A) Plano corporal; (B) Aparato bucal; (C) Barra cuticular debajo de las garras del primer par de patas (flecha); (D) Papilas cefálicas (flecha); (E) Garras del cuarto par de patas.	26
Figura 7. <i>Doryphoribius rosanae</i> . (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas; (D) Línea aserrada debajo de las garras del segundo par de patas (flecha); (E) Gibosidades dorso-laterales medio-caudales del cuerpo; (F) Garras del cuarto par de patas	27
Figura 8. <i>Macrobiotus</i> sp. 1. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas con lúnulas lisas (flecha); (D) Garras del cuarto par de patas; (E) Poros de la región anterior del segundo par de patas.....	29

- Figura 9. *Macrobotus* sp. 2. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Poros de la parte lateral del cuerpo y el segundo par de patas; (D) Granulación del cuarto par de patas (flecha); (E) Lúnulas lisas del segundo par de patas (flecha). 31
- Figura 10. *Mesobiotus* sp. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas con lúnulas lisas (flecha); (D) Garras del cuarto par de patas con lúnulas ligeramente dentadas (flecha negra) y granulación del cuarto par de patas (flecha blanca) 33
- Figura 11. *Minibiotus* cf. *bisoctus*. (A) Plano corporal; (B) Detalle del patrón de poros en forma de bandas transversales de la parte dorsal del cuerpo; (C) Aparato bucofaríngeo; (D) Garras del segundo par de patas con lúnulas lisas (flecha); (E) Garras del cuarto par de patas y granulación (flecha).. 35
- Figura 12. *Minibiotus* cf. *taiti*. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas con lúnulas lisas (flecha); (D) Garras del cuarto par de patas y granulación (flechas). 37
- Figura 13. *Paramacrobotus* cf. *derkai*. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas: lúnulas lisas (flecha negra), granulación (flecha blanca); (D) Garras del cuarto par de patas con granulación (flecha blanca). 38
- Figura 14. *Paramacrobotus* grupo *areolatus* sp. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas, señalando las lúnulas (flecha); (D) Garras del cuarto par de patas y granulación (flecha). 40
- Figura 15. *Paramacrobotus* grupo *richtersi* sp. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas con lúnulas lisas (flecha); (D) Garras del cuarto par de patas con lúnulas dentadas (flecha negra) y granulación (flecha blanca). 41
- Figura 16. Discusión de la abundancia y riqueza genérica del presente trabajo con un cafetal de la SNSM a los 1500 msnm (Venencia, 2019) y una zona poco intervenida en la ribera del río Garupal, Cesar a los 600 msnm (Daza, 2013). 45

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Abundancia de tardígrados encontrados en un cafetal de la SNSM a los 600 msnm según su categoría taxonómica.....	18
Tabla 2. Géneros de tardígrados encontrados y abundancia de individuos en las nueve muestras de briófitos y líquenes recolectadas.	19
Tabla 3. Composición del material vegetal (microhábitat) de las muestras vs. los tardígrados encontrados en los microhábitats.	20

Lista de Anexos

	Pag.
Anexo 1. Medidas en micras (μm) y valores de <i>pt</i> de algunas estructuras de los ejemplares de <i>Doryphoribius rosanae</i> encontrados en este estudio.....	58
Anexo 2. Medidas en micras (μm) y valores de <i>pt</i> de algunas estructuras de los ejemplares atribuidos a <i>Macrobiotus</i> sp. 1.....	59
Anexo 3. Medidas en micras (μm) y valores de <i>pt</i> de algunas estructuras de los ejemplares atribuidos a <i>Macrobiotus</i> sp. 2.....	60
Anexo 4. Medidas en micras (μm) y valores de <i>pt</i> de algunas estructuras de los ejemplares de <i>Minibiotus</i> cf. <i>taiti</i> encontrados en este estudio.....	61
Anexo 5. Medidas en micras (μm) y valores de <i>pt</i> de algunas estructuras de los ejemplares de <i>Paramacrobiotus</i> cf. <i>derkai</i> encontrados en este estudio.....	62
Anexo 6. Medidas en micras (μm) y valores de <i>pt</i> de algunas estructuras de los ejemplares atribuidos a <i>Paramacrobiotus</i> grupo <i>richtersi</i> sp.....	63

Resumen

Los tardígrados, comúnmente llamados ositos de agua, son invertebrados microscópicos que poseen la capacidad de sobrevivir a ambientes extremos gracias a un proceso conocido como criptobiosis, lo que ha llamado la atención de investigadores en diferentes campos. Se han descrito aproximadamente 1300 especies de tardígrados en todo el mundo, de las cuales 27 han sido registradas para la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). Los cafetales que allí se encuentran albergan una gran diversidad de microhábitats que permiten el establecimiento de comunidades de tardígrados. Con este trabajo se evaluó la riqueza genérica y abundancia de tardígrados en un cafetal a 600 msnm en la SNSM. Se examinaron nueve muestras de microhábitats previamente recolectadas en un cafetal en el corregimiento de Minca. Los tardígrados fueron fijados y preservados en medio de montaje permanente PVA e identificados a partir de caracteres morfológicos y morfométricos. Se identificaron un total de 664 especímenes pertenecientes a 13 especies, cinco de ellas potencialmente nuevas para la ciencia: *Pseudechiniscus* cf. *santomensis*, *Milnesium barbadosense*, *Milnesium cassandrae*, *Milnesium kogui*, *Doryphoribius rosanae*, *Minibiotus* cf. *bisoctus*, *Minibiotus* cf. *taiti* y *Paramacrobotus* cf. *derkai*. *Milnesium cassandrae* es un nuevo registro para Colombia. Los géneros con mayor abundancia fueron *Pseudechiniscus* (334 indiv.) y *Macrobotus* (157 indiv.). El género *Milnesium* presentó la mayor riqueza de especies, con un total de 3 especies identificadas. Los géneros *Pseudechiniscus*, *Milnesium*, *Macrobotus*, *Minibiotus*, y *Paramacrobotus* se registraron tanto en el presente estudio como en un trabajo previo realizado en un cafetal a 1500 msnm en la SNSM, indicando su amplia distribución altitudinal. Los resultados de este trabajo se convierten en evidencia adicional del alto grado de diversidad de tardígrados en la SNSM.

Palabras claves: tardígrados, taxonomía, microhábitats, cultivo de café.

Abstract

Tardigrades, commonly called water bears, are microscopic invertebrates that have the ability to survive extreme environments thanks to a process known as cryptobiosis, which has drawn the attention of researchers in different fields. Approximately 1,300 species of tardigrades have been described worldwide, of which 27 have been recorded for the Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). The coffee plantations that are found there, harbor a great diversity of micro-habitats for the establishment of tardigrade communities. With this work, the generic richness and abundance of tardigrades were evaluated in a coffee plantation at 600 meters above sea level in the SNSM. Nine samples of microhabitats, previously collected in a coffee plantation in the Minca district, were examined. Tardigrades were fixed and preserved in permanent PVA mounting medium and identified from morphological and morphometric characters. A total of 664 specimens belonging to 8 species and 5 morphospecies that are potentially new species for science were identified: *Pseudechiniscus* cf. *santomensis*, *Milnesium barbadosense*, *Milnesium cassandrae*, *Milnesium kogui*, *Doryphoribius rosanae*, *Minibiotus* cf. *bisoctus*, *Minibiotus* cf. *taiti* and *Paramacrobiotus* cf. *derkai*. *Milnesium cassandrae* it is a new record for Colombia.. The genera with the highest abundance were *Pseudechiniscus* (334 indiv.) and *Macrobiotus* (157 indiv.). The genus *Milnesium* possessed the highest species richness, with a total of 3 species. The genera *Pseudechiniscus*, *Milnesium*, *Macrobiotus*, *Minibiotus*, and *Paramacrobiotus* were recorded both in the present study and in a previous work carried out in a coffee plantation at 1500 meters above sea level in the SNSM, indicating its wide altitudinal distribution. The results of this work become additional evidence of the high degree of tardigrade diversity in the SNSM.

Keywords: tardigrades, taxonomy, microhabitats, coffee plantation.

Introducción

Los tardígrados, llamados comúnmente “ositos de agua”, son un *phylum* de invertebrados microscópicos descubiertos por el zoólogo Johann August Ephraim Goeze en 1773, cuyo tamaño oscila entre 50 y 1200 μm (Fontoura et al., 2017). Debido a que mudan periódicamente la cutícula que recubre su cuerpo, los tardígrados, junto a los artrópodos y onicóforos, conforman el clado Ecdysozoa (Dunn et al., 2014). De acuerdo a Morek et al., (2020), estos organismos se agrupan en tres clases que se diferencian principalmente por la morfología de la cutícula, garras y aparato bucofaríngeo: Mesotardigrada (Figura 1A), Heterotardigrada (Figura 1B) y Eutardigrada (Figura 1C), aunque la validez de esta última ha sido cuestionada (Miller, 2011).

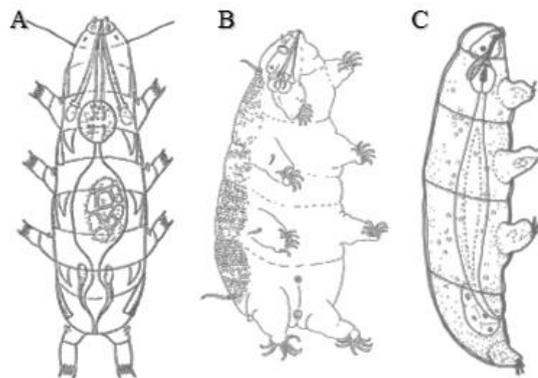


Figura 1. Esquema corporal de las clases de tardígrados. (A) Mesotardigrada; (B) Heterotardigrada; (C) Eutardigrada. Modificado de: Jørgensen et al., (2018).

El plano corporal de estos organismos tiene una simetría bilateral y está constituido por cinco segmentos poco diferenciados. El primer segmento corresponde a la región cefálica que, dependiendo de la clase, puede estar provisto de papilas y lamelas peribucales, papilas y apéndices cefálicos, y cirros; le siguen tres segmentos cada uno con un par de patas terminadas en garras, dígitos o ventosas utilizadas para la movilidad, y un segmento caudal provisto con un cuarto par dirigidas hacia atrás que utilizan para adherirse al sustrato (Nelson et al., 2015).

Actualmente, la taxonomía de los tardígrados se basa en caracteres morfológicos y morfométricos, centrándose en aquellas estructuras esclerotizadas que mantienen su forma y característica como las garras, aparato bucofaríngeo, cutícula y la cáscara de los huevos (Nelson et al., 2015). Las garras tienen una gran importancia taxonómica, debido a que a partir de ellas se pueden distinguir las familias dentro de la clase Eutardigrada e incluso algunos géneros, ya que pueden presentar diversas

configuraciones y accesorios, como la presencia o no de las puntas accesorias, espuelas, forma de las lúnulas que varía entre las especies, entre otros (Ramazzotti y Maucci, 1983; Nelson y Marley, 2000). Por otra parte, las formas y tamaños de las diferentes estructuras del aparato bucofaríngeo (longitud y ancho del tubo bucal, punto de inserción de los soportes de los estiletes en el tubo bucal, forma y número de los placoides, lámina ventral, apófisis, septulum, forma de las furcas de los estiletes) (Figura 2) son caracteres indispensables para la determinación y distinción entre las especies (Nelson y Marley, 2000; Pilato y Binda, 2010; Nelson et al., 2015). Adicionalmente, lo esculpido de la cutícula también es considerado un caracter importante, dado que, por ejemplo, en la mayoría de familias de heterotardígrados, la cutícula exhibe una gama de formas y accesorios (cirros cuticulares) que permite la diferenciación de familias y géneros e incluso especies (Fontoura et al., 2017).

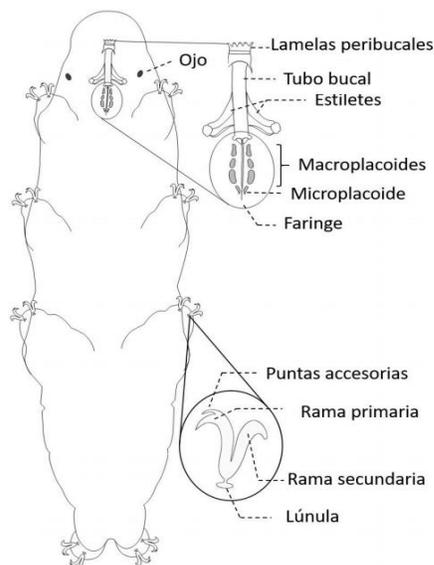


Figura 2. Esquema general de un eutardígrado. Tomado de: Meier et al., (2019).

Durante casi 250 años los tardígrados han atraído la atención de la comunidad científica, debido a su capacidad de sobrevivir a condiciones extremas gracias a un proceso conocido como criptobiosis, donde reducen al mínimo su metabolismo provocando un estado de inactividad en el que pueden permanecer por largos periodos de tiempo (Sømme, 1996). Esta capacidad les permite tolerar la desecación (anhidrobiosis), congelación (criobiosis), disminución de las concentraciones de oxígeno (anoxibiosis), entre otras condiciones ambientales adversas (Bertolani et al., 2004; Guidetti et al., 2011). Por sus mecanismos y simplicidad fisiológica, rápido ciclo de reproducción y su capacidad criptobiótica, a los tardígrados se les ha catalogado como organismos modelo en varios campos,

como la biología del desarrollo (Miller, 2011), biomedicina (Schill et al., 2009), astrobiología (Jönsson, 2007; Horikawa et al., 2012) y evolución (Erdmann y Kaczmarek, 2017).

Los ositos de agua se consideran un grupo cosmopolita, viviendo en ambientes marinos, dulceacuícolas y terrestres (Fontoura et al., 2017). A los que se encuentran en el ambiente terrestre, se les conoce como limnoterrestres, puesto que habitan en la delgada película de agua que se forma sobre líquenes, briófitos, hojarasca, suelo, entre otros (Miller, 2011). Actualmente, se han descrito alrededor de 1300 especies en todo el mundo (Degma et al., 2009-2020); en Colombia, se han registrado 59 especies de tardígrados, de las cuales 27 han sido encontradas en la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) (Daza et al., 2017; Londoño et al., 2017; Lisi et al., 2019, Lisi et al., 2020), lo que sugiere el alto grado de biodiversidad existente en esta zona, debido a la gran variedad de hábitats presentes en ella, que propician condiciones óptimas para el establecimiento de plantas como briófitos y líquenes, que a su vez permiten la coexistencia de comunidades de microorganismos, como los tardígrados.

La SNSM es uno de los sistemas montañosos costeros más interesantes del planeta, principalmente por la constitución de su biota (Cornelius, 1957), además de su diversidad de climas y características geográficas (Adams, 1973). Estas cualidades propiciaron que a mediados del siglo XIX se iniciara el auge cafetero en esta zona, lo que impulsó la economía de la región (Viloria, 1997). Por debajo de los 1000 msnm, la precipitación anual es de alrededor de 1500 mm, con una temperatura media mensual de 25 °C y una máxima de 32,7 °C, y una humedad relativa promedio de 60 % (Camero, 2002). Dichas condiciones permiten el desarrollo de plantaciones de café, y estas a su vez brindan un ambiente propicio para el crecimiento de briófitos y líquenes, que son microhábitats con la temperatura y humedad necesarias para albergar una gran cantidad de fauna, incluyendo a los tardígrados.

El estudio de los tardígrados en Colombia aún es incipiente, debido a la complejidad que conlleva obtener los equipos necesarios para la caracterización de los organismos, ya que por lo general se hace indispensable observar las estructuras en un microscopio de contraste de fase, además de la escasez de expertos en tardígrados en el país y la dificultad que conlleva manipular organismos tan diminutos; la situación anterior ha conllevado a un desconocimiento acerca de su biología, ecología, taxonomía, biología molecular, entre otras, en el país. Hasta la fecha, solo se han realizado aproximadamente 18 trabajos en el país en diferentes departamentos (Richters, 1911a; 1911b; Heinis, 1914; 1928; Marcus, 1936; Jerez y Narváez, 2001; Jerez et al., 2002; Degma et al., 2008;

Caicedo et al., 2014; Lisi et al., 2014; Londoño et al., 2015; Melo et al., 2015; Daza et al., 2017; Lisi et al., 2017; Londoño et al., 2017; Stec et al., 2018; Lisi et al., 2019; Lisi et al., 2020), de los cuales solo 9 de ellos se han llevado a cabo en la SNSM, centrándose en la taxonomía de estos organismos, principalmente en aquellas especies que habitan en bosques y plantaciones de café en un gradiente altitudinal comprendido aproximadamente entre los 1200 y 2284 msnm (Lisi et al., 2014; Londoño et al., 2015; Daza et al., 2017; Lisi et al., 2017; Londoño et al., 2017; Stec et al., 2018; Lisi et al., 2019; Lisi et al., 2020); sin embargo, hasta el momento no se tiene un registro de las especies que se encuentran en briófitos y líquenes asociados a plantaciones de café a menores altitudes en la región. El objetivo de este trabajo es evaluar la composición taxonómica de tardígrados asociados a epífitas no vasculares (briófitos y líquenes) presentes en una plantación de café en el corregimiento de Minca en la SNSM, Colombia, y determinar la riqueza genérica y abundancia del grupo.

Materiales y Métodos

Fase de campo

Las muestras de briófitos y líquenes fueron recolectadas en el cultivo de café de la finca de los Macías (11°08'15.0" N, 74°07'02.2" W) ubicada en el corregimiento de Minca, SNSM, a 600 msnm. El material vegetal fue extraído de la parte baja del tallo de las plantas de café, utilizando un corazonador de 36 cm² y, posteriormente, fue depositado en bolsas de papel para inducir la deshidratación de la muestra vegetal y promover a que los tardígrados entraran en estado de criptobiosis. En total se recolectaron nueve muestras en tres estaciones dentro del cafetal, es decir, que por cada estación se recolectó un total de tres muestras.

Las muestras se recolectaron en el marco del proyecto “Diversidad de ositos de agua (Tardigrada) asociados a briófitos y líquenes epífitos en cultivos de café de la SNSM, con un enfoque innovador para la apropiación social del conocimiento”, financiado por el Fondo Patrimonial para la Investigación (FONCIENCIAS) Convocatoria 2015-2017 de la Universidad del Magdalena, y llevado a cabo por el Grupo de Investigación en Manejo y Conservación de Fauna, Flora y Ecosistemas Estratégicos Neotropicales “MIKU”. Las muestras vegetales y los especímenes de tardígrados serán depositadas en el Centro de Colecciones Científicas de la Universidad del Magdalena.

Fase de laboratorio

El procesamiento de las muestras se realizó en el laboratorio del grupo de investigación “MIKU” de la Universidad del Magdalena, basándose en la metodología descrita por Londoño et al., (2017). El material vegetal (líquenes y briófitos) recolectado se rehidrató durante 12 horas aproximadamente, tiempo suficiente para lograr la reactivación de los tardígrados. Transcurrido este tiempo, las muestras rehidratadas fueron pasadas por tamices de ojo de malla de 1200 y 35 μm y revisada bajo un estereoscopio Carl Zeiss modelo Stemi 305; la extracción de los individuos y huevos de tardígrados se realizó con micropipetas de 5 a 50 μl .

Los individuos de tardígrados encontrados fueron fijados y preservados individualmente en micropreparados con medio de montaje permanente PVA mounting media # de catálogo 6371A BioQuip Products, Inc. (polivinil alcohol, ácido láctico y fenol), permitiendo el aclarado de los ejemplares, facilitando la observación de las estructuras de importancia taxonómica. Los micropreparados se dispusieron por separado a temperatura ambiente durante aproximadamente dos semanas, lo que permitió el secado del medio de montaje antes de su sellado con barniz transparente para uñas. Cada micropreparado fue rotulado con la información de recolecta y demás datos pertinentes.

Identificación taxonómica

Las observaciones de los ejemplares de tardígrados se realizaron a través de un microscopio de contraste de fase Zeiss AxioLab A1, que permitió la caracterización de las estructuras necesarias para su identificación, así como la obtención del registro fotográfico con la cámara incorporada Zeiss AxioCam ERc5S. Los caracteres morfológicos y morfométricos fueron determinantes para la identificación taxonómica y se obtuvieron a través del programa Zeiss Zen 2.3 (Blue edition) asociado a la cámara; los datos morfométricos se procesaron y analizaron usando las plantillas disponibles en Tardigrada Register (Michalczyk y Kaczmarek 2013, www.tardigrada.net/register), teniéndose en cuenta el índice *pt*, que es la relación entre la longitud de una estructura específica y la longitud del tubo bucal de un individuo, que se expresa como porcentaje (Pilato, 1981).

La identificación taxonómica de los ejemplares se realizaron caracteres morfología, morfometría y métrica de caracteres diagnósticos, tales como apéndices cefálicos y corporales, aparato bucofaríngeo, garras, cutícula, placas cuticulares, poros, granulaciones, entre otros. Para la morfometría se tuvo en cuenta las metodologías propuestas por varios autores que especifican la

manera correcta de medir las diversas estructuras para las diferentes familias de la clase Eutardigrada, como las familias Macrobiotidae (Pilato, 1981; Ramazzotti y Maucci, 1983; Kaczmarek y Michalczyk, 2017) y Milnesiidae (Tumanov, 2006; Michalczyk et al., 2012 para la configuración de las garras).

Para la determinación taxonómica se utilizaron las claves taxonómicas de Ramazzotti y Maucci (1983) para las especies y Nelson (2001) y Pilato y Binda (2010) para la determinación hasta género; adicionalmente, se emplearon descripciones de especies más recientes y revisiones de géneros, como la realizada por Kaczmarek y Michalczyk (2017) para el género *Macrobiotus*, Kaczmarek et al., (2017), Marley et al., (2018) y Guidetti et al., (2019) para *Paramacrobiotus*, Michalczyk et al., (2012) y Morek et al., (2016) para *Milnesium*, Pérez-Pech et al., (2017) para *Doryphoribius* y Vecchi et al., (2016) para el género *Mesobiotus*. De igual manera, se tuvieron en cuenta las abreviaciones de los géneros de tardígrados propuesto por Perry et al., (2019).

A partir de los datos obtenidos en este estudio, se estimó la abundancia (número de individuos) y riqueza genérica (número de géneros) de tardígrados presentes en briófitos y líquenes en un cafetal del corregimiento de Minca, SNSM, ubicado a 600 msnm.

Resultados

Se identificaron 664 especímenes pertenecientes a 7 géneros (Tabla 1): *Pseudechiniscus*, *Milnesium*, *Doryphoribius*, *Macrobiotus*, *Mesobiotus*, *Minibiotus* y *Paramacrobiotus*, para un total de 13 especies identificadas. La clase Eutardigrada tuvo la mayor riqueza genérica con 6 géneros y la Heterotardigrada fue la más abundante con 334 individuos. El género *Pseudechiniscus* tuvo la mayor abundancia, seguido de *Macrobiotus*. Los géneros con menor abundancia fueron *Milnesium* y *Mesobiotus*.

Tabla 1. Abundancia de tardígrados encontrados en un cafetal de la SNSM a los 600 msnm según su categoría taxonómica.

Clase	Familia	Género	Abundancia		
			Clase	Familia	Género
Heterotardigrada	Echiniscidae	<i>Pseudechiniscus</i>	334	334	334
Eutardigrada	Milnesiidae	<i>Milnesium</i>	327	5	5
	Doryphoribiidae	<i>Doryphoribius</i>		57	57
	Macrobotidae	<i>Macrobotus</i>		172	
		<i>Mesobotus</i>		4	
		<i>Minibiotus</i>		23	
		<i>Paramacrobotus</i>		66	
		265			

La familia mayor representación genérica fue Macrobotidae con un total de 4 géneros; las demás familias, Doryphoribiidae, Milnesiidae y Echiniscidae, estuvieron representadas cada una con un solo género (Tabla 1).

La muestra 4 (M4) fue la que registró la mayor abundancia de tardígrados con 261 indiv., seguido de la M3 con 184 y M5 con 115; la de menor abundancia fue la M9 con solo 6 indiv. La M2 no presentó organismos pertenecientes a este taxón (Tabla 2).

La mayor riqueza genérica se presentó en las muestras M3 y M5 con 6 de los 7 géneros del estudio, seguido de la M4 con 4 géneros. El género *Paramacrobotus* estuvo presente en 7 de las 8 muestras con presencia de tardígrados y *Macrobotus* en 6 de estas muestras (Tabla 2).

Tabla 2. Géneros de tardígrados encontrados y abundancia de individuos en las nueve muestras de briófitos y líquenes recolectadas.

	Muestras	Coordenadas	Altitud (msnm)	Microhábitat	Géneros	Total especímenes	Total por muestra
Estación 1	M1	11°08'15.0" N 74°07'02.2" W	624	Briófito/Liquen	<i>Mesobiotus</i>	3	9
					<i>Minibiotus</i>	2	
					<i>Paramacrobotus</i>	4	
	M2			Briófito/Liquen		0	0
	M3			Briófito/Liquen	<i>Pseudechiniscus</i>	80	184
					<i>Milnesium</i>	2	
<i>Doryphoribius</i>		5					
<i>Macrobotus</i>		92					
<i>Minibiotus</i>		4					
<i>Paramacrobotus</i>	1						
Estación 2	M4	11°08'15.0" N 74°07'02.2" W	628	Briófito/Liquen	<i>Pseudechiniscus</i>	251	261
					<i>Macrobotus</i>	5	
					<i>Mesobiotus</i>	1	
					<i>Paramacrobotus</i>	4	
	M5			Briófito/Liquen	<i>Pseudechiniscus</i>	3	115
					<i>Milnesium</i>	3	
					<i>Doryphoribius</i>	1	
					<i>Macrobotus</i>	59	
					<i>Minibiotus</i>	17	
<i>Paramacrobotus</i>	32						
M6	Briófito/Liquen	<i>Macrobotus</i>	8	8			
Estación 3	M7	11°08'12.3" N 74°06'58.3" W	640	Briófito/Liquen	<i>Doryphoribius</i>	51	72
					<i>Macrobotus</i>	6	
					<i>Paramacrobotus</i>	15	
	M8			Briófito/Liquen	<i>Paramacrobotus</i>	9	9
	M9			Briófito	<i>Macrobotus</i>	2	6
<i>Paramacrobotus</i>		4					

Los microhábitats estuvieron mayoritariamente compuestos por briófitos (Tabla 3). Se observó que 4 de las 8 muestras con presencia de tardígrados estaban compuestas por el género *Lejeunea* junto con otros géneros de briófitos y líquenes (M5, M6, M7, M8), cabe resaltar que en estas mismas muestras estuvieron presentes los géneros *Macrobotus* y *Paramacrobotus*.

Tabla 3. Composición del material vegetal (microhábitat) de las muestras vs. los tardígrados encontrados en los microhábitats.

Muestra	Microhábitat		Géneros de tardígrados
	Briófito	Liquen	
M1	<i>Calymperes afzelii</i>	<i>Dichosporidium nigrocinctum</i>	<i>Mesobiotus</i> <i>Minibiotus</i> <i>Paramacrobotus</i>
M2	<i>Lejeunea laetevirens</i>	Physciaceae	
M3	<i>Cryphaea filiformis</i>	Physciaceae <i>Leptogium</i>	<i>Pseudechiniscus</i> <i>Milnesium</i> <i>Doryphoribius</i> <i>Macrobotus</i> <i>Paramacrobotus</i>
M4	<i>Jungermannia</i> <i>Aerolindigia capillacea</i> <i>Rhynchostegium ulicon</i>	Indeterminado	<i>Pseudechiniscus</i> <i>Macrobotus</i> <i>Mesobiotus</i> <i>Paramacrobotus</i>
M5	<i>Frullania riojaneirensis</i> <i>Lejeunea laetevirens</i> <i>Sematophyllum adnatum</i>	Physciaceae	<i>Pseudechiniscus</i> <i>Milnesium</i> <i>Doryphoribius</i> <i>Macrobotus</i> <i>Minibiotus</i> <i>Paramacrobotus</i>
M6	<i>Calymperes palisotii</i> <i>Plagiochila laetevirens</i> <i>Lejeunea laetevirens</i>	Physciaceae	<i>Macrobotus</i>
M7	<i>Lejeunea laeta</i>	<i>Coenogonium</i>	<i>Doryphoribius</i> <i>Macrobotus</i> <i>Paramacrobotus</i>
M8	<i>Lejeunea laeta</i>	<i>Coenogonium</i>	<i>Paramacrobotus</i>
M9	<i>Sematophyllum subpinnatum</i>		<i>Macrobotus</i> <i>Paramacrobotus</i>

Catálogo taxonómico

Clase: Heterotardigrada Marcus, 1927

Orden: Echiniscoidea Richters, 1926

Familia: Echiniscidae Thulin, 1928

Género: *Pseudechiniscus* Thulin, 1911

Pseudechiniscus cf. santomensis

(Figura 4)

Número de individuos: 334

Diagnosis: cuerpo con coloración naranja (poco visible después del montaje), provisto de placas dorsales (Figura 3A), apéndices cefálicos como los cirros internos (Figura 3F, círculo blanco) y externos (Figura 3F, círculo negro), papilas cefálicas (Figura 3F, estrella), clava (Figura 3F, flecha negra) y presencia del cirro A con forma de filamento (Figura 3F, flecha blanca). Placas cuticulares ornamentadas con puntos densos unidos por estrías (Figura 3E). Placa cefálica con pliegue en forma de W (Figura 3B, flecha negra); la placa escapular (Figura 3B, línea negra), y la primera (Figura 3B, flecha blanca) y segunda placa mediana presentan pliegues transversales que las dividen en una parte anterior y otra posterior, carecen de pliegues laterales. Placa pseudosegmental (Figura 3A, flecha) presenta variación en la forma del margen caudal, debido a que se puede encontrar redondas, ovaladas o triangulares. Placa terminal con dos muescas. Cada pata con cuatro garras (Figura 3C, D), las garras internas presentan espuelas (Figura 3D, flecha) y con papilas en el cuarto par de patas (Figura 3C, flecha).

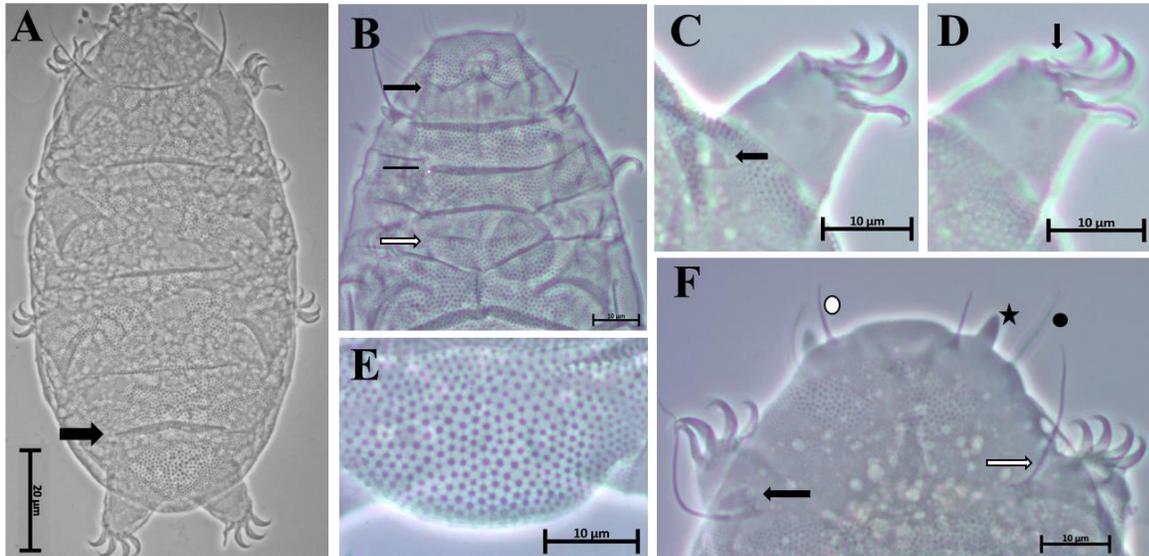


Figura 3. *Pseudechiniscus* cf. *santomensis*. (A) Plano corporal, placa pseudosegmental (flecha); (B) Placas cuticulares dorsales anteriores: placa cefálica con pliegue en forma de W (flecha negra), pliegue transversal de la placa escapular (línea negra), pliegue transversal en la primera placa mediana (flecha blanca); (C) Garras y papila (flecha) del cuarto par de patas; (D) Espuelas de las garras internas del cuarto par de patas (flecha); (E) Ornamentación de las placas cuticulares; (F) Apéndices cefálicos: cirros internos (circulo blanco), papilas cefálicas (estrella), cirros externos (circulo negro), clava (flecha negra), cirro A (flecha blanca).

Distribución: esta especie fue descrita para la localidad de Santo Tomé y Príncipe, África Central y registrada previamente para el Magdalena, en una zona de la SNSM, bajo la denominación cf. por la lejanía con la localidad tipo (Venecia, 2019). De verificarse la especie se ampliaría su rango altitudinal.

Comentarios: entre las muestras recolectadas, varios de los individuos estaban en etapa larval, los cuales se asociaron a la especie *Pseudechiniscus* cf. *santomensis* Fontoura, Pilato & Lisi, 2010, dado que fue la única especie de heterotardígrados que se encontró entre las muestras. En la mayoría de los especímenes su cutícula no exhibió con claridad las divisiones de las placas.

Clase: Eutardigrada Richters, 1926

Orden: Apochela Schuster, Nelson, Grigarick & Christenberry, 1980

Familia: Milnesiidae Ramazzotti, 1962

Género: *Milnesium* Doyère, 1840

Milnesium barbadosense Meyer & Hinton, 2012

(Figura 4)

Número de individuos: 2

Diagnosis: cutícula incolora y lisa (Figura 4A). Sin manchas oculares después del montaje y con presencia de dos papilas cefálicas (Figura 4B, flecha). Aparato bucal tipo *Milnesium* (Figura 4B) con tubo rígido, ancho y corto, más angosto en su parte caudal (49,4% diámetro anterior / 42,3% diámetro posterior), sin placoides, con seis papilas peribucales y lamelas peribucales. Inserción de los soportes de los estiletes en el 66,9 % de la longitud total del tubo bucal. Garras tipo *Milnesium* (Figura 4C, E), con una configuración [3-3] [3-3] (Figura 4C, flechas negras), espuelas más grandes en las garras internas que en las externas en los tres primeros pares de patas, y las espuelas del cuarto par de patas son más grandes en la garra anterior que en la posterior. Ramas primarias con puntas accesorias. Barra cuticular presente bajo las garras de los tres primeros pares de patas (Figura 4D, flecha).

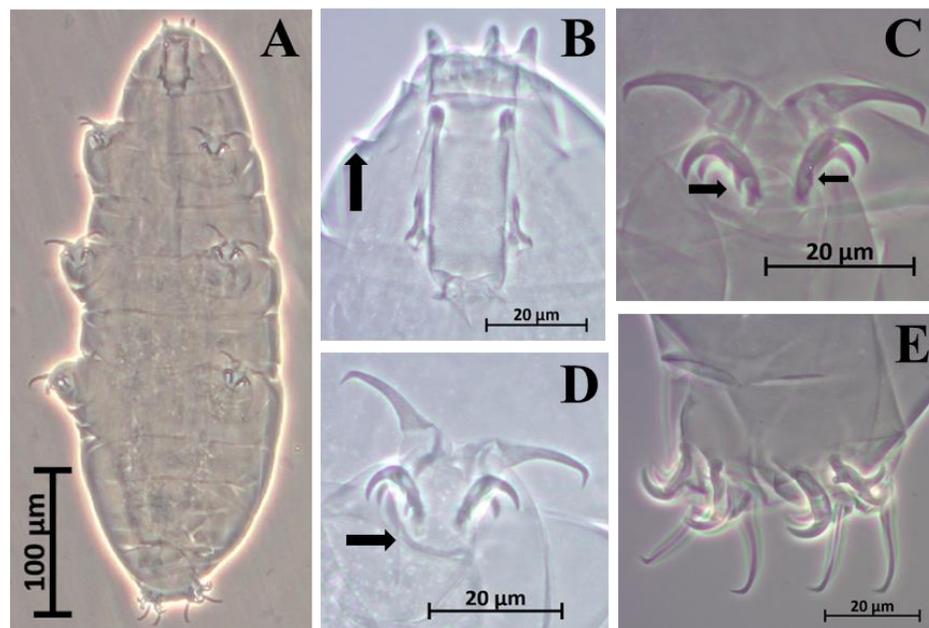


Figura 4. *Milnesium barbadosense*. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucal y papilas cefálicas (flecha); (C) Garras del primer par de patas con espuela (flechas); (D) Barra cuticular debajo de las garras del segundo par de patas (flecha); (E) Garras del cuarto par de patas.

Distribución: *Milnesium barbadosense* fue descrito para la isla Barbados, en las Indias Occidentales y registrado para Iowa, Estados Unidos (Tibbs et al., 2020) y México (Moreno-Talamantes et al.,

2019). En Colombia, fue registrado para los departamentos del Cesar y Magdalena (Londoño et al., 2015, Venecia, 2019).

Comentarios: en los dos especímenes encontrados se dificultó la observación de las lamelas peribucales, por ello no se hace mención de la cantidad de estas estructuras; sin embargo, las demás características morfológicas y morfométricas se ajustaron a la descripción original de la especie.

Milnesium cassandrae Moreno-Talamantes, Roszkowska, García-Aranda, Flores-Maldonado & Kaczmarek, 2019

(Figura 5)

Número de individuos: 2

Diagnosis: cutícula incolora, con presencia de pseudoplacas en la parte dorsal del cuerpo y esculpida con pseudoporos (Figura 5A, D) que se extienden hasta las patas. Sin manchas oculares después del montaje. Presenta dos papilas cefálicas (Figura 5B, flecha), seis papilas peribucales y lamelas peribucales. Aparato bucofaríngeo tipo *Milnesium* (Figura 5B), con tubo bucal rígido, corto y ancho, con forma de embudo, ligeramente más angosto en su parte posterior (48,9% diámetro anterior / 43,7% diámetro posterior); la inserción de los soportes de los estiletes al 67,8 % de la longitud total del tubo bucal. Bulbo faríngeo sin placoides. Garras tipo *Milnesium* (Figura 5C, E) con una configuración [2-3] [3-2], ramas primarias con puntas accesorias pequeñas; presencia de barra cuticular debajo de las garras en los primeros tres pares de patas (Figura 5C, flecha).

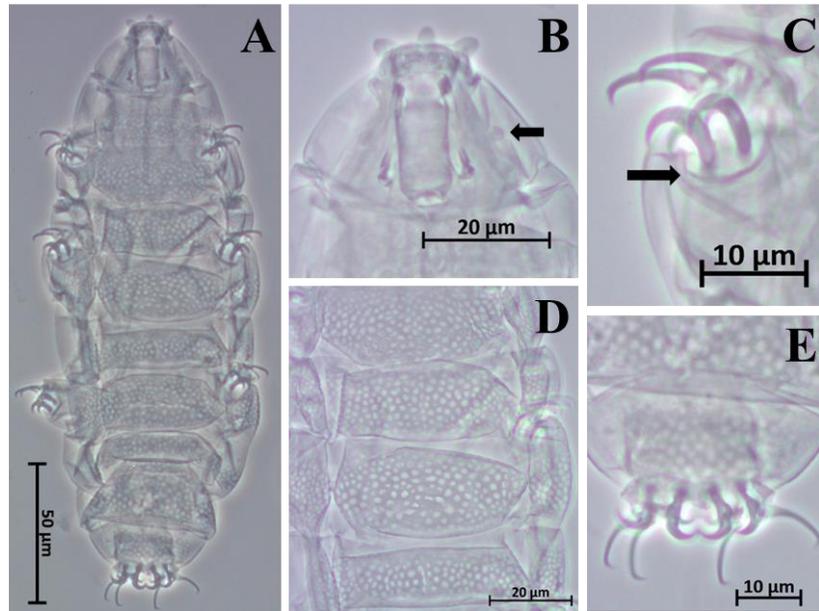


Figura 5. *Milnesium cassandrae*. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucal y papilas cefálicas (flecha); (C) Barra cuticular debajo de las garras del segundo par de patas (flecha); (D) Cutícula dorsal media esculpido con pseudoporos; (E) Garras del cuarto par de patas.

Distribución: esta especie fue descrita en la localidad tipo de Monterrey, Nuevo León, México en el 2019. Este es un nuevo registro para Colombia.

Comentarios: en los especímenes encontrados en el estudio se dificultó la observación de las lamelas peribucales; sin embargo, teniendo en cuenta las correspondencias morfológicas y morfométricas se determinó que los ejemplares pertenecen a la especie *Milnesium cassandrae*.

Milnesium kogui Londoño, Daza, Caicedo, Quiroga & Kaczmarek, 2015

(Figura 6)

Número de individuos: 1

Diagnosis: cutícula transparente y lisa (Figura 6A), sin poros o segmentos marcados. Sin manchas oculares después del montaje, con dos papilas cefálicas laterales (Figura 6D, flecha), y con seis lamelas peribucales y seis papilas peribucales. Aparato bucofaríngeo tipo *Milnesium* (Figura 6B), con tubo bucal corto, grueso y rígido, ligeramente más angosto en su parte caudal (46,9% en su diámetro anterior / 39,0 % en su diámetro posterior); con la inserción de los soportes de los estiletes

al 69,7 % de la longitud total del tubo bucal. Bulbo faríngeo sin placoides. Garras tipo *Milnesium* (Figura 6C, E) con una configuración [2-2] [2-2] con puntas accesorias en las garras primarias; presenta barra cuticular debajo de las garras de los tres primeros pares de patas (Figura 6C, flecha).

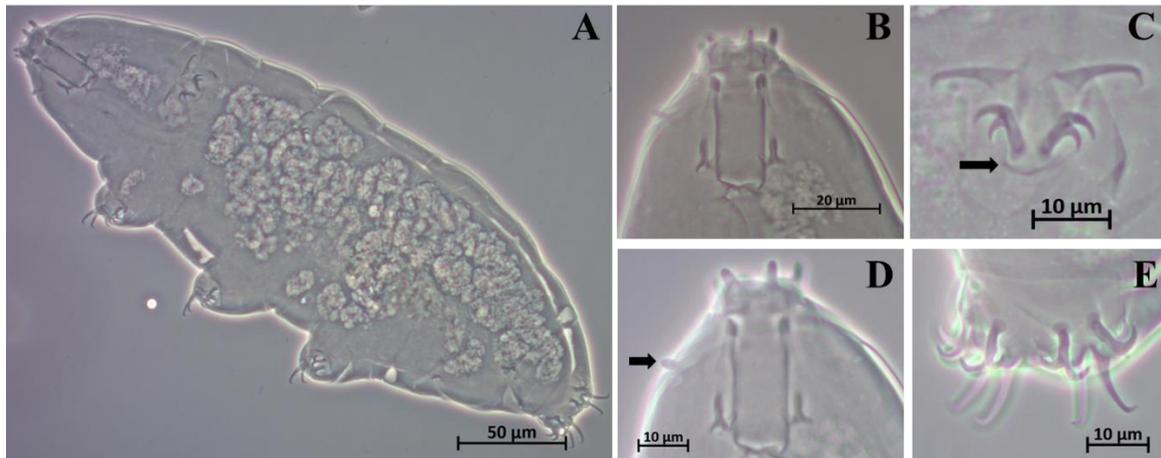


Figura 6. *Milnesium kogui*. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucal; (C) Barra cuticular debajo de las garras del primer par de patas (flecha); (D) Papilas cefálicas (flecha); (E) Garras del cuarto par de patas.

Distribución: *Mil. kogui* fue descrita para la localidad de la SNSM, Magdalena a los 1473 msnm, y registrada previamente también a la altitud de los 1500 msnm (Venencia, 2019) y para Costa Rica (Kaczmarek & Roszkowska, 2016). Con este trabajo se amplía su distribución altitudinal.

Comentarios: el buen estado del ejemplar permitió su correcta identificación a partir de la concordancia de los caracteres morfológicos y morfométricos con la especie *Milnesium kogui*.

Orden: Parachela Schuster, Nelson, Grigarick & Christenberry, 1980

Superfamily: Isohypsibioidea Sands, McInnes, Marley, Goodal-Copestake, Convey & Linse, 2008

Familia: Doryphoribiidae Gąsiorek, Stec, Morek & Michalczyk, 2019

Género: *Doryphoribius* Pilato, 1969

Doryphoribius rosanae Daza, Caicedo, Lisi & Quiroga, 2017

(Figura 7)

Número de individuos: 57

Diagnosis: cuerpo con tonalidad amarillo pálido que después del montaje se percibe incolora. Cutícula dorso-lateralmente reticulada, cubierta con nueve filas de gibosidades (Figura 7A, E), con una configuración antero-posterior IX: 4-6-2-6-2-6-4-2-2, donde las filas II, IV y VI se encuentran alineadas con las patas. Aparato bucofaríngeo tipo *Doryphoribius* (Figura 7B), con tubo bucal angosto, y la inserción de los soportes de los estiletes entre el 69,2 - 72,7 % de la longitud total del tubo bucal. Con presencia de dientes dorsales y ventrales grandes. Dos macroplacoides [2+0], el primero más largo con una ligera constricción en el medio. Microplacoide ausente. Garras asimétricas tipo *Isohypsibius* (Figura 7C, F) grandes y gruesas, con puntas accesorias y lúnulas lisas.

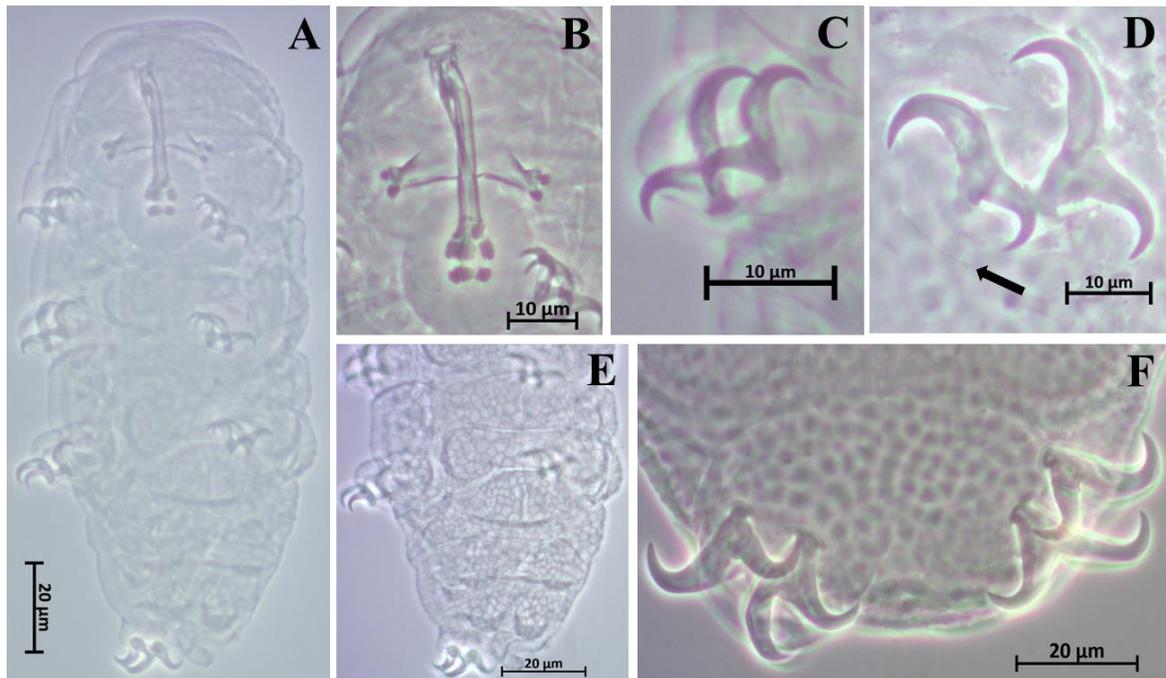


Figura 7. *Doryphoribius rosanae*. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas; (D) Línea aserrada debajo de las garras del segundo par de patas (flecha); (E) Gibosidades dorso-laterales medio-caudales del cuerpo; (F) Garras del cuarto par de patas.

Distribución: esta especie fue descrita en la localidad de la SNSM, Magdalena entre los 60 – 82 msnm, y registrada previamente en el trabajo de Daza (2013) como *Doryphoribius* cf. *huangguoshuensis*, a una altitud similar a la del presente estudio. Con estos dos últimos trabajos se amplía la distribución altitudinal de la especie.

Comentarios: todos los individuos encontrados coincidieron morfológica y morfométricamente con *Doryphoribius rosanae*, sin embargo, en varios de los especímenes se observó una línea aserrada poco evidente en la superficie de los primeros tres pares de patas, cerca de la base de las garras (Figura 7D, flecha). Esta característica no se menciona en la descripción original, por lo que se requiere la observación del material tipo y determinar si es un carácter de la especie, o si se trata de un artificio en la cutícula debido al montaje.

Superfamily: Macrobitoidea Thulin, 1928 in Marley et al. 2011

Familia: Macrobiotidae Thulin, 1928

Género: *Macrobiotus* C.A.S. Schultze, 1834

***Macrobiotus* sp. 1**

(Figura 8)

Número de individuos: 92

Diagnosis: cutícula transparente y lisa (Figura 8A), con poros dispersos ovalados y elípticos a lo largo de todo el cuerpo, más visibles en las regiones anterior, posterior y en las patas (Figura 8E). Aparato bucofaríngeo tipo *Macrobiotus* (Figura 8B), con la inserción de los soportes de los estiletes entre 72,7 – 74,9 % de la longitud total del tubo bucal. Bulbo faríngeo con una configuración de placoides [2+1], es decir, dos macroplacoides y un microplacoide; el primer macroplacoide es más largo que el segundo (secuencia de longitud $1 > 2$) y exhibe una constricción central bien marcada; el segundo macroplacoide tiene una leve constricción en la parte subterminal. Garras tipo *hufelandi* (Figura 8C, D), con puntas accesorias en las garras primarias y con lúnulas lisas (Figura 8C, flecha) y engrosadas en el cuarto par de patas, sin granulación en las patas.

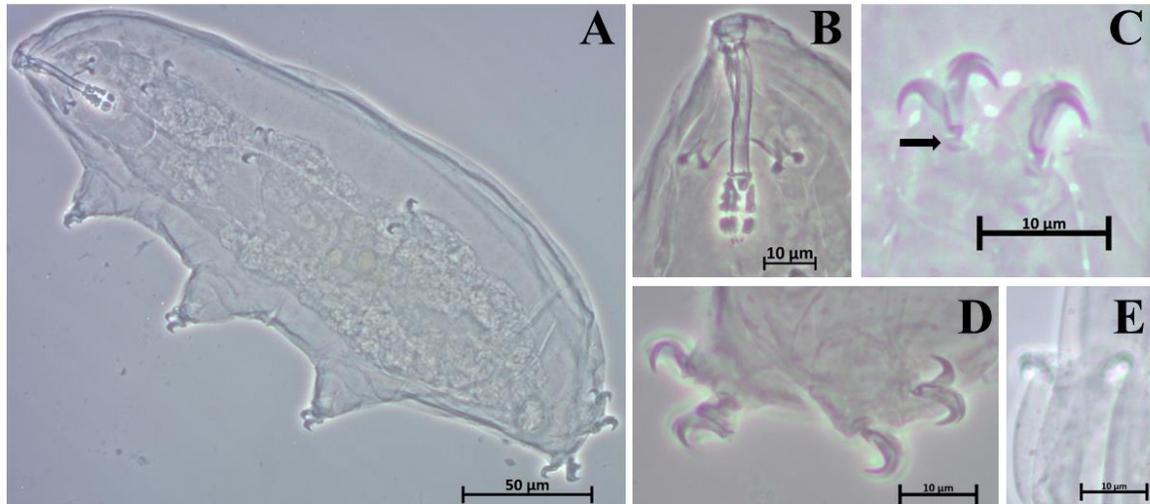


Figura 8. *Macrobiotus* sp. 1. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas con lúnulas lisas (flecha); (D) Garras del cuarto par de patas; (E) Poros de la región anterior del segundo par de patas.

Comentarios: *Macrobiotus* sp. 1 se comparó con *Mac. alvaroi* Pilato & Kaczmarek, 2007, *Mac. biserovi* Bertolani, Guidi & Rebecchi, 1996, *Mac. caymanensis* Meyer, 2011 y *Mac. santoroi* Pilato & D'Urso, 1976, por las similitudes morfológicas que comparten como la forma del cuerpo, la presencia de poros en la cutícula, carencia de gránulos en las patas, características del aparato bucofaríngeo y las garras.

Macrobiotus sp. 1 comparte caracteres con *Mac. alvaroi*, pero difieren en la longitud de las garras, donde *Mac. sp. 1* exhibe garras más pequeñas en los primeros tres pares de patas (20,4 - 24,8 pt en *Mac. sp. 1* vs. 24,7 - 27,3 pt en *Mac. alvaroi*) y en el cuarto par de patas (20,9 - 25,7 pt en *Mac. sp. 1* y 27,6 - 29,7 pt en *Mac. alvaroi*) con respecto a *Mac. alvaroi*.

Mac. sp. 1 es similar a *Mac. biserovi* y *Mac. caymanensis*, por los caracteres mencionados anteriormente; sin embargo, al compararlo morfométricamente con la primera especie difirió en el diámetro interno del tubo bucal, donde en *Mac. biserovi* tiende a ser más grande (11,6 - 16,87 pt) en comparación con *Mac. sp. 1* (7,8 - 10,7 pt) y en la longitud del primer y segundo macroplacoide (*Mac. sp. 1* con 19,3 - 23,0 / 12,1 - 15,9 pt vs. *Mac. biserovi* con 23,29 - 29,74 / 14,22 - 18,37 pt). Con la segunda especie, *Mac. sp. 1* difirió en el punto de inserción de los soportes de los estiletes (72,7 - 74,9 pt en *Mac. sp. 1* vs. 77,5 - 79,3 pt en *Mac. caymanensis*), el diámetro externo del tubo bucal (11,5 - 13,7 pt en *Mac. sp. 1* vs. 13,7 - 18,2 pt en *Mac. caymanensis*), la longitud del primer y

segundo macroplacoide (19,3 - 23,0 / 12,1 - 15,9 *pt* en *Mac. sp. 1* vs. 21,4 - 28,1 / 13,4 - 18,1 *pt* en *Mac. caymanensis*) y la longitud del microplacoide (4,2 - 4,9 *pt* en *Mac. sp. 1* vs. 5,6 - 8,7 *pt* en *Mac. caymanensis*).

Mac. sp. 1 comparte caracteres con *Mac. santoroi* pero morfométricamente difieren en cuanto a la longitud del primer macroplacoide (4,8- 7,2 μm en *Mac. sp. 1* vs. 9,6 μm en *Mac. santoroi*), segundo macroplacoide (*Mac. sp. 1* entre 2,9 - 5 μm vs. 6 μm para *Mac. santoroi*) y la longitud del microplacoide (1 - 1,4 μm en *Mac. sp. 1* vs. 2,8 μm para *Mac. santoroi*).

Debido a que *Mac. sp. 1* no concordó morfológica y morfométricamente con ninguna de las especies que actualmente están descritas para el género *Macrobotus*, esta fue identificada solo hasta la categoría de morfoespecie, sugiriendo que puede ser una nueva especie para la ciencia.

Macrobotus sp. 2

(Figura 9)

Número de individuos: 80

Descripción: cutícula incolora y lisa (Figura 9A), con poros ovalados y elípticos dispersos a lo largo del cuerpo (Figura 9C), más evidentes en las partes anterior y posterior del cuerpo y en las patas; presenta granulación en todas las patas (Figura 9D, flecha). Aparato bucofaríngeo tipo *Macrobotus* (Figura 9B), con la inserción de los soportes de los estiletes entre el 69,5 - 72,1 % de la longitud total del tubo bucal. Configuración de placoides [2+1], dos macroplacoides en forma de barra con una secuencia de longitud 1 > 2, el primer macroplacoide exhibe una constricción media. Garras tipo *hufelandi* (Figura 9D, E) con puntas accesorias en la rama primaria y con lúnulas lisas (Figura 9E, flecha), más pequeñas en los primeros tres pares de patas y más grandes y gruesas en el cuarto par de patas.



Figura 9. *Macrobiotus* sp. 2. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Poros de la parte lateral del cuerpo y el segundo par de patas; (D) Granulación del cuarto par de patas (flecha); (E) Lúnulas lisas del segundo par de patas (flecha).

Comentarios: *Macrobiotus* sp. 2 es similar a *Mac. canaricus* Stec, Krzywanski & Michalczyk, 2018, *Mac. hufelandi* Schultze, 1834, *Mac. humilis* Binda y Pilato 2001, *Mac. macrocalix* Bertolani & Rebecchi, 1993 y *Mac. maculatus* Iharos, 1973 por la presencia de poros en la cutícula, gránulos en las patas, forma de las estructuras del aparato bucofaríngeo y características de las garras.

Mac. sp. 2 comparte caracteres con *Mac. canaricus*, pero difieren morfométricamente en el punto de inserción de los soportes de los estiletes (69,5 - 72,1 pt en *Mac. sp. 2* vs. 74,3 - 76,8 pt en *Mac. canaricus*), la longitud del segundo macroplacoide (10,7 - 13,7 pt en *Mac. sp. 2* vs. 14,6 - 20,5 pt en *Mac. canaricus*) y la longitud de las garras primarias anteriores del cuarto par de patas (26,0 - 29,3 pt en *Mac. sp. 2* vs. 28,5 - 57,1 pt en *Mac. canaricus*). De igual manera, *Mac. sp. 2* difiere de *Mac. hufelandi*, en la longitud del primer y segundo macroplacoide (4,7 - 7,2 / 2,7 - 4,8 µm en *Mac. sp. 2* vs. 13,1 / 7,6 µm en *Mac. hufelandi*) y en la longitud del microplacoide (*Mac. sp. 2* con 4,2 - 4,9 µm vs. *Mac. hufelandi* con 3,8 µm).

Mac. sp. 2 comparte caracteres con *Mac. humilis*, pero difieren morfométricamente en el punto de inserción de los soportes de los estiletes (69,5 - 72,1 pt en *Mac. sp. 2* vs. 71,1 - 73,3 pt en *Mac. humilis*), la longitud del microplacoide (*Mac. sp. 2* con 4,7 - 6,2 pt vs. *Mac. humilis* con 7,2 - 7,5), la longitud de las garras del primer y segundo par de patas (garras externas primarias del primer y segundo par de patas 23,0 - 24,7 / 24,1 - 28,3 pt en *Mac. sp. 2* vs. 26,9 - 28,3 / 27,5 - 28,7 pt en *Mac.*

humilis) y la longitud de las garras del cuarto par de patas (garra primaria anterior 26,0 - 29,3 *pt* en *Mac. sp. 2* vs. 32,9 - 33,3 *pt* en *Mac. humilis*).

Mac. sp. 2 es similar a *Mac. macrocalix* y *Mac. maculatus*, pero difiere con la primera especie en la morfometría del primer y segundo macroplacoide (4,7 - 7,2 / 2,7 - 4,8 μm en *Mac. sp. 2* vs. 13,9 / 11,9 μm en *Mac. macrocalix*), y en la longitud de la rama anterior primaria y secundaria del cuarto par de patas (6,5 - 9,7 / 4,9 - 7,8 μm en *Mac. sp. 2* vs. 16,5 / 12,3 μm en *Mac. macrocalix*). *Mac. sp. 2* se diferencia de la segunda especie en el punto de inserción de los soportes de los estiletes (69,5 - 72,1 *pt* en *Mac. sp. 2* vs. 77,6 - 79,2 *pt* en *Mac. maculatus*) y en la longitud del primer y segundo macroplacoide (18,9 - 21,6 / 10,7 - 13,7 *pt* en *Mac. sp. 2* vs. 25,5 - 25,6 / 16,8 - 16,9 *pt* en *Mac. maculatus*).

Mac. sp. 2 no coincidió morfológica y morfométricamente con ninguna de las especies que actualmente están descritas para este género, por lo que no se atribuyó a ninguna de ellas, lo que es una potencial nueva especie para la ciencia.

Género: *Mesobiotus* Vecchi, Cesari, Bertolani, Jönsson, Rebecchi & Guidetti, 2016

Mesobiotus sp.

(Figura 10)

Número de individuos: 4

Diagnosis: cutícula lisa e incolora (Figura 10A), con granulación en el cuarto par de patas (Figura 10D, flecha blanca). Aparato bucofaríngeo (Figura 10B) con lamelas y papilas peribucales, tubo bucal rígido cuya longitud se encuentra entre los 36,5 - 45,1 μm y un ancho externo de 21,1 - 23,5 *pt*; con la inserción de los soportes de los estiletes entre 79 - 80,8 % de la longitud total del tubo bucal. Tres macroplacoides ovalados (14,0 / 10,1 / 11,8 - 13,7 *pt*) y un microplacoide grande (10,8 - 13,0) con forma de gota inversa [3+1] (Figura 10B); el primer macroplacoide es más estrecho en su parte anterior, y el tercer macroplacoide exhibe una constricción en su parte subterminal. Garras tipo *hufelandi* gruesas (Figura 10C, D), lúnulas lisas en los primeros tres pares de patas (Figura 10C, flecha) y ligeramente dentadas en el cuarto par de patas (Figura 10D, flecha negra).

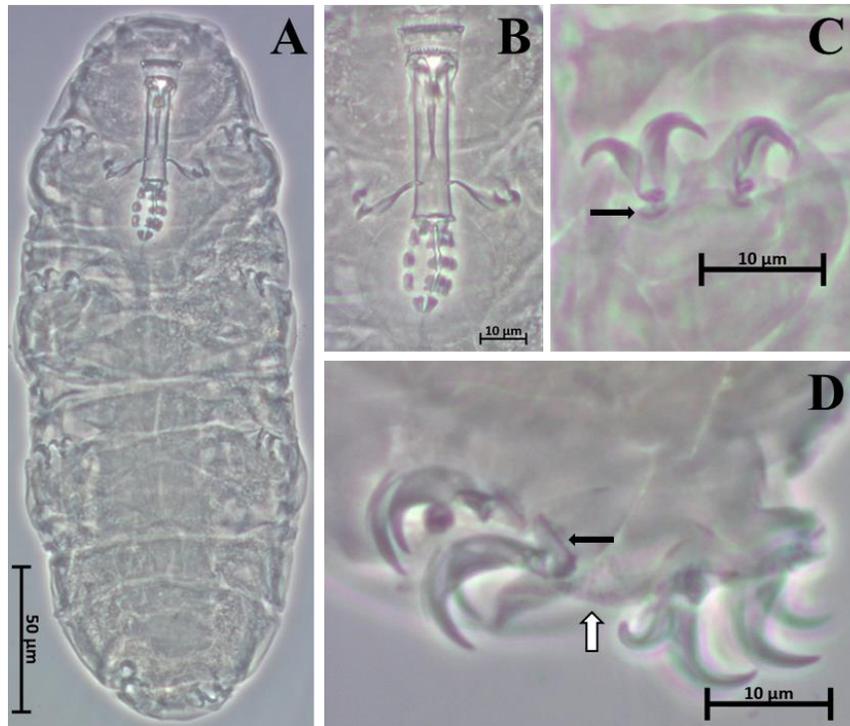


Figura 10. *Mesobiotus* sp. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas con lúnulas lisas (flecha); (D) Garras del cuarto par de patas con lúnulas ligeramente dentadas (flecha negra) y granulación del cuarto par de patas (flecha blanca).

Comentarios: *Mesobiotus* sp. se comparó con *Meb. barbarae* Kaczmarek, Michalczyk & Degma, 2007, *Meb. coronatus* de Barros, 1942, *Meb. philippiniscus* Mapalo, Stec, Mirano-Basco & Michalczyk, 2016, *Meb. pseudopatiens* Kaczmarek & Roszkowska, 2016, *Meb. reinhardti* Michalczyk & Kaczmarek, 2003, *Meb. rigidus* Pilato & Lisi, 2006 y *Meb. szeptyckii* Kaczmarek & Michalczyk, 2009, por sus similitudes en cuanto a las características morfológicas, como la presencia de gránulos en el cuarto par de patas, la forma de las estructuras del aparato bucofaríngeo y las garras.

Meb. sp. comparte caracteres morfológicos con *Meb. barbarae* y *Meb. coronatus*, pero difiere con la primera especie en la morfometría del diámetro externo del tubo bucal (21,1 - 23,5 pt en *Meb.* sp. vs. 12,1 - 16,1 pt en *Meb. barbarae*), la longitud del microplacoide (10,9 - 13,0 pt en *Meb.* sp. vs. 7,1 - 12,2 pt en *Meb. barbarae*) y la longitud de la rama primaria y secundaria de las garras del cuarto par de patas (54,6 - 57,2 / 44,6 - 43,4 pt en *Meb.* sp. vs. 30,0 - 33,4 / 19,9 - 23,3 pt en *Meb. barbarae*). Con la segunda especie se diferencia morfométricamente en el punto de inserción de los soportes de los estiletes (79,0 - 80,8 pt en *Meb.* sp. vs. 74,6 - 75,9 pt en *Meb. coronatus*), la longitud del microplacoide (10,9 - 13,0 pt en *Meb.* sp. vs. 9,4 - 10,6 pt en *Meb. coronatus*) y la longitud de la

garra primaria anterior y posterior del cuarto par de patas (54,6 / 57, 2 pt en *Meb. sp.* vs. 27,3 - 30,5 / 30,6 - 32,6 pt en *Meb. coronatus*).

Meb. sp. es similar a *Meb. philippiniscus* y *Meb. pseudopatiens*, pero difiere con la primera especie en el diámetro externo e interno del tubo bucal (21,1 - 23,5 / 18,0 - 21,1 pt en *Meb. sp.* vs. 11,8 - 17,3 / 11,0 - 16,2 pt en *Meb. philippiniscus*), en la longitud del microplacoide (10,9 - 13,0 pt en *Meb. sp.* vs. 9,1 - 12,3 pt en *Meb. philippiniscus*), la longitud de la rama primaria y secundaria anterior (54,6 / 44,6 pt en *Meb. sp.* vs. 29,9 - 35,2 / 24,7 - 28,6 pt en *Meb. philippiniscus*) y en la longitud de la rama primaria y secundaria posterior (57,2 / 43,4 pt en *Meb. sp.* vs. 33,1 - 38,7 / 24,1 - 33,4 pt en *Meb. philippiniscus*). Con la segunda especie, *Meb. sp.* difiere morfométricamente en el punto de inserción de los soportes de los estiletes (79,0 - 80,8 pt en *Meb. sp.* vs. 73,2 - 76,4 pt en *Meb. pseudopatiens*), en el diámetro externo e interno del tubo bucal (21,1 - 23,5 / 18,0 - 21,1 pt en *Meb. sp.* vs. 13,2 - 16,4 / 8,5 - 11,9 pt en *Meb. pseudopatiens*) y en la longitud del microplacoide (10,9 - 13,0 pt en *Meb. sp.* vs. 7,1 - 10,3 pt en *Meb. pseudopatiens*).

Meb. sp. se diferencia morfométricamente con *Meb. reinhardti*, en el diámetro externo del tubo bucal (21,1 - 23,5 pt en *Meb. sp.* vs. 10,5 - 14,9 pt en *Meb. reinhardti*), en la longitud del tercer macroplacoide (11,8 - 13,7 pt en *Meb. sp.* vs. 16,3 - 19,4 pt en *Meb. reinhardti*) y en la longitud del microplacoide (10,9 - 13,0 pt en *Meb. sp.* vs. 6,9 - 7,5 pt en *Meb. reinhardti*). De igual manera, *Meb. sp.* difiere con *Meb. rigidus* Pilato & Lisi, 2006, en la morfometría del punto de inserción de los soportes de los estiletes (79,0 - 80,8 pt en *Meb. sp.* vs. 76,0 - 77,7 pt en *Meb. rigidus*) y la longitud del microplacoide (10,9 - 13,0 pt en *Meb. sp.* vs. 8,7 - 9,0 pt en *Meb. rigidus*).

Meb. sp. es similar a *Meb. szeptyckii*, pero difiere morfométricamente en el punto de inserción de los soportes de los estiletes (79,0 - 80,8 pt en *Meb. sp.* vs. 74,9 - 77,8 pt en *Meb. szeptyckii*), en el diámetro externo e interno del tubo bucal (21,1 - 23,5 / 18,0 - 21,1 pt en *Meb. sp.* vs. 12,0 - 13,2 / 8,3 - 9,8 pt en *Meb. szeptyckii*), la longitud del segundo macroplacoide (10,1 pt en *Meb. sp.* vs. 7,6 - 8,9 pt en *Meb. szeptyckii*), la longitud del microplacoide (10,9 - 13,0 pt en *Meb. sp.* vs. 5,5 - 7,4 pt en *Meb. szeptyckii*) y la rama primaria y secundaria de las garras del cuarto par de patas (54,6 - 57,2 / 43,4 - 44,6 pt en *Meb. sp.* vs. 24,6 - 31,7 / 17,5 - 25,0 pt en *Meb. szeptyckii*).

Dado que *Meb. sp.* no concordó morfológica y morfométricamente con ninguna de las especies descritas actualmente, no se le atribuyó ninguna de estas, por lo que *Meb. sp.* es una potencial nueva especie para la ciencia.

Género: *Minibiotus* R.O. Schuster, 1980

Minibiotus cf. bisoctus

(Figura 11)

Número de individuos: 2

Diagnosis: cutícula transparente y lisa (Figura 11A), con poros de diversos tamaños y formas (redondeados, trilobulados y polígonos variados). Los poros exhiben un patrón de bandas dorsales bien definidos (Figura 11B), presente también en la parte ventral y en las patas. Granulación en todas las patas (Figura 11E, flecha), poco visible en los primeros tres pares. Tubo bucal angosto (Figura 11C), rígido y con curvatura en la parte anterior (9,5 – 10,5 *pt*), con la inserción de los soportes de los estiletes entre el 66,0 – 66,6 % de la longitud total del tubo bucal, y con presencia de 10 papilas peribucales y ausencia de lamelas peribucales. Tres macroplacoides granulares y un microplacoides poco evidente [3+1]. Garras tipo *hufelandi* delgadas (Figura 11D, E), con puntas accesorias bien pronunciadas. Lúnulas pequeñas y lisas en todas las patas (Figura 11D, flecha).

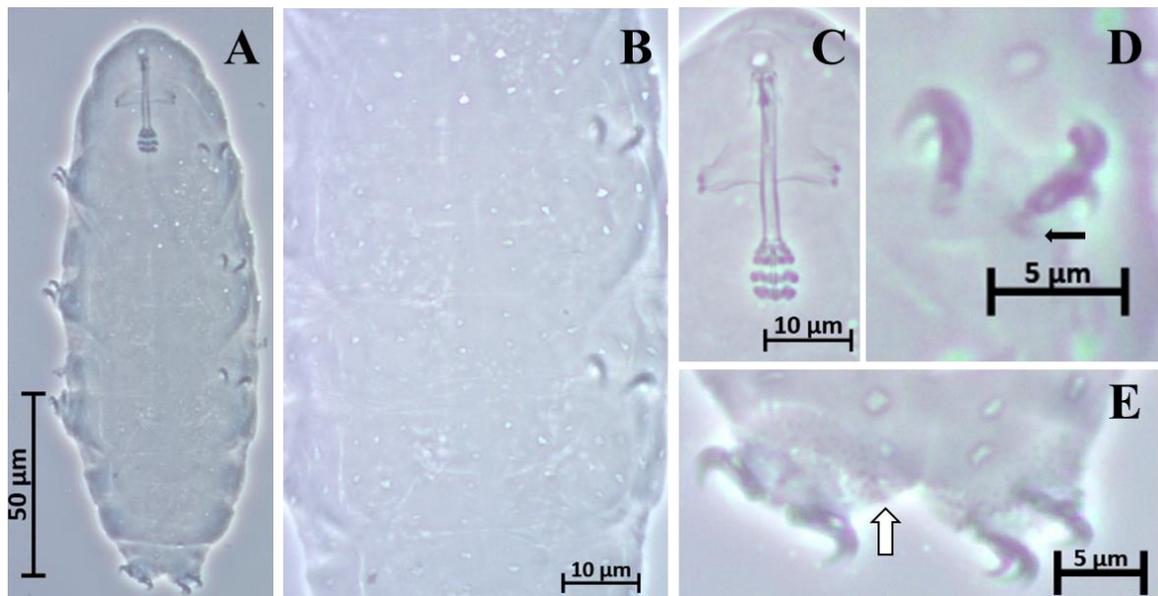


Figura 11. *Minibiotus cf. bisoctus*. (A) Plano corporal; (B) Detalle del patrón de poros en forma de bandas transversales de la parte dorsal del cuerpo; (C) Aparato bucofaríngeo; (D) Garras del segundo par de patas con lúnulas lisas (flecha); (E) Garras del cuarto par de patas y granulación (flecha).

Distribución: esta especie fue descrita en la isla de Snares, Nueva Zelanda y registrada previamente para una zona de la SNSM, Magdalena a la altitud de 1500 msnm (Venencia, 2019). De confirmarse la especie, con este trabajo, se ampliaría su distribución altitudinal.

Comentarios: en los especímenes recolectados, el microplacoide era poco evidente por lo que se dificultó la morfometría de esta estructura. Sin embargo, las demás características morfológicas y morfométricas permitieron atribuirlos a *Min. bisoctus* (Horning, Schuster & Grigarick, 1978). Cabe resaltar que fue dejada como cf. debido a que no se identificaron huevos que confirmen la especie y por la lejanía con la localidad tipo.

Minibiotus cf. taiti

(Figura 12)

Número de individuos: 21

Diagnosis: cutícula incolora y lisa, sin poros (Figura 12A) y con parches de granulación en todas las patas (Figura 12D, flechas). No presenta manchas oculares. Aparato bucofaríngeo con tubo rígido y angosto (Figura 12B), con 10 papilas peribucales y sin lamelas peribucales en su cavidad oral. La inserción de los soportes de los estiletes se encuentra entre el 61,4 - 62,5 % de la longitud total del tubo bucal. Bulbo faríngeo provisto de tres macroplacoides granulares y un microplacoide [3+1]; el primer macroplacoide es redondo, pero se encuentra ligeramente alargado y angosto en su parte anterior; el segundo y el tercero son granulares. Garras tipo *hufelandi* delgadas (Figura 12C, D), lúnulas lisas (Figura 12C, flecha) y un poco engrosadas en el cuarto par de patas.

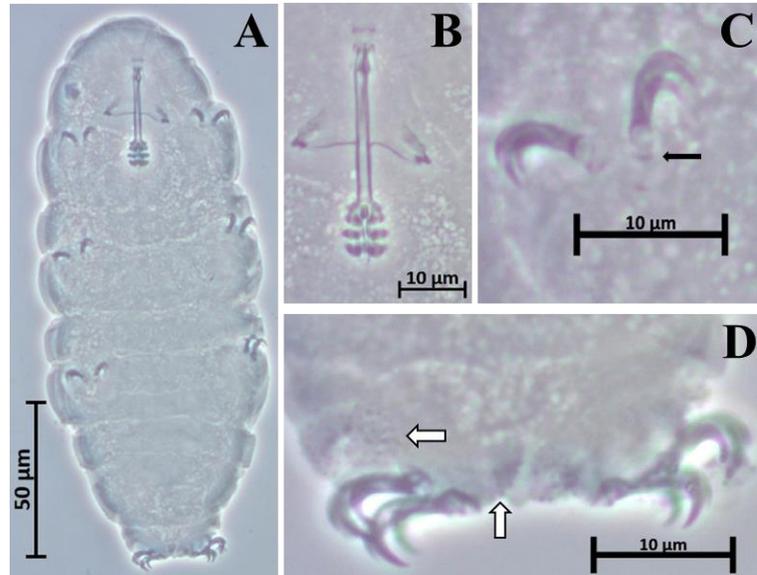


Figura 12. *Minibiotus* cf. *taiti*. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas con lúnulas lisas (flecha); (D) Garras del cuarto par de patas y granulación (flechas).

Distribución: *Min. taiti* fue descrita para la localidad de Nueva Gales del Sur, Australia. De confirmarse la especie, con este trabajo, se ampliaría su distribución.

Comentarios: en algunos especímenes, ciertas estructuras como los parches de granulaciones en los tres primeros pares de patas y el microplacoide, fueron difíciles de observar. La mayoría de los ejemplares en los que no se logró observar estas características presentaban un tamaño mucho menor, lo que podría explicar dicha dificultad. Sin embargo, debidos a las coincidencias en las demás características morfológicas y morfométricas, todos fueron atribuidos a esta especie.

Los ejemplares pertenecientes a *Min. taiti* Claxton, 1998 fueron dejados como cf. debido a que no se encontraron huevos que corroborara la especie, y por la lejanía entre la localidad tipo y la del presente estudio.

Género: *Paramacrobiotus* Guidetti, Schill, Bertolani, Dandekar & Wolf, 2009

Paramacrobotus cf. derkai

(Figura 13)

Número de individuos: 31

Diagnosis: cutícula incolora, lisa (Figura 13A), con granulación en todas las patas (poco evidente) (Figura 13C, D, flechas blancas). Aparato bucofaríngeo tipo *Macrobotus* (Figura 13B), con tres bandas de dientes en su cavidad bucal. La inserción de los soportes de los estiletes se encuentra entre 79,4 – 81,1 % de la longitud total del tubo bucal. Bulbo faríngeo con tres macroplacoides alargados en forma de paleta y sin microplacoides [3+0], correspondiente con las especies pertenecientes al grupo *areolatus*; el segundo macroplacoides es más corto y se encuentra más cercano al primero que al tercer macroplacoides; este último exhibe una constricción en su parte subterminal; apófisis con una ligera forma de corazón invertido. Garras tipo *hufelandi* (Figura 13C, D) delgadas, más robustas en el cuarto par de patas, lúnulas lisas (Figura 13C, flecha negra).

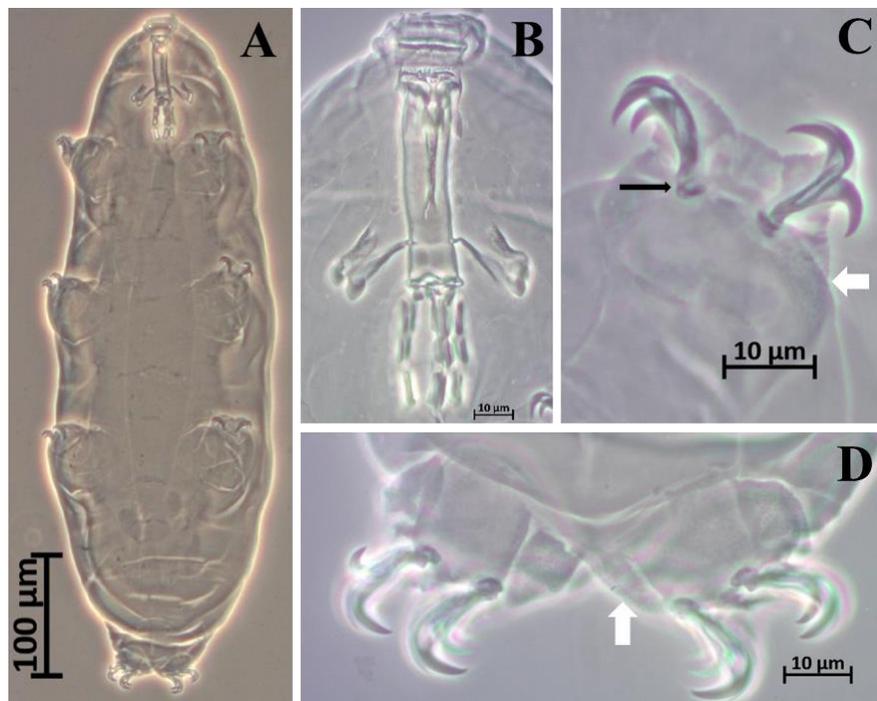


Figura 13. *Paramacrobotus cf. derkai*. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas: lúnulas lisas (flecha negra), granulación (flecha blanca); (D) Garras del cuarto par de patas con granulación (flecha blanca).

Distribución: esta especie fue descrita para la localidad de la Sierra Nevada del Cocuy, y es actualmente considerada como una especie endémica de Colombia (Melo et al., 2015). Con este trabajo se amplía su distribución en el país.

Comentarios: basándose en los caracteres morfológicos (forma de la cutícula, la granulación en las patas, características de los placoides) y morfométricos de los ejemplares encontrados en el presente estudio, estos pueden ser asignados a *Paramacrobotus derkai* (Degma, Michalczyk & Kaczmarek, 2008) o *Paramacrobotus lachowskae* Stec, Roszkowska, Kaczmarek & Michalczyk, 2018; Se descartó este último, debido a que la morfometría de los especímenes, especialmente la de las garras, concordaban más con *Pam. derkai*, al igual que la forma de las apófisis. Sin embargo, esta especie se cataloga como cf. debido a que no se encontraron huevos que permitieran la confirmación de la especie.

***Paramacrobotus* grupo *areolatus* sp.**

(Figura 14)

Número de individuos: 8

Diagnosis: cutícula transparente y lisa (Figura 14A), con granulación en el cuarto par de patas (Figura 14D, flecha). Aparato bucofaríngeo tipo *Macrobotus* (Figura 14B) con la inserción de los soportes de los estiletes entre el 76 - 77,1 % de la longitud total del tubo bucal; con un sistema de crestas transversales. El bulbo faríngeo presenta tres macroplacoides en forma de nuez, aunque el último es ligeramente más alargado; el tercer macroplacoide con constricción en la parte subterminal y está más distanciado del segundo que el segundo del primero. Sin microplacoide. Configuración de placoides [3+0], correspondiente con las especies pertenecientes al grupo *areolatus*. Garras tipo *hufelandi* (Figura 14C, D), donde la rama primaria de las garras está provista de puntas accesorias, con lúnulas lisas en los tres primeros pares de patas (Figura 14C, flecha) y ligeramente dentadas en el cuarto par de patas.

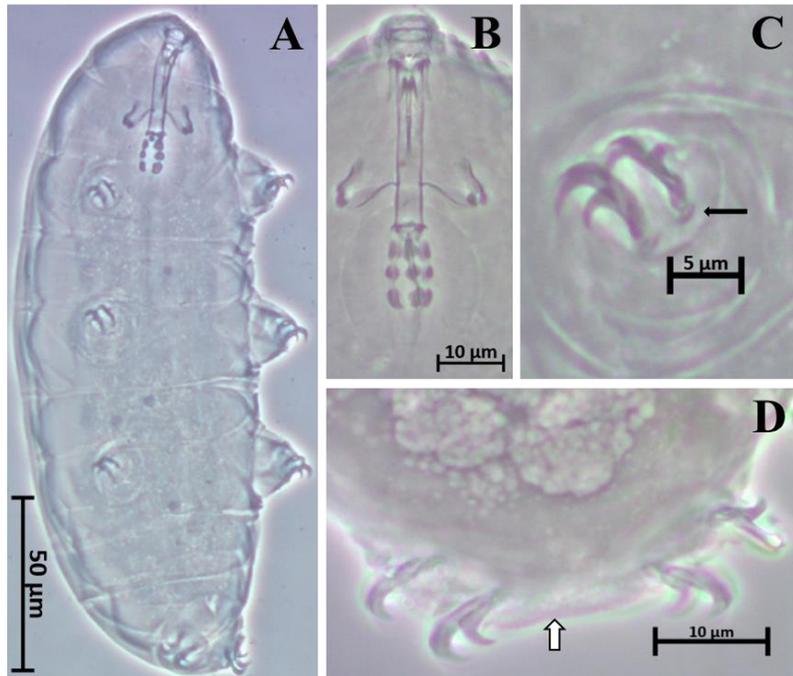


Figura 14. *Paramacrobotus* grupo *areolatus* sp. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas, señalando las lúnulas (flecha); (D) Garras del cuarto par de patas y granulación (flecha).

Comentarios: todos los especímenes encontrados en el estudio pertenecientes a esta morfoespecie concordaron en las características morfológicas y morfométricas; sin embargo, se observó variación en cuanto a la forma de las lúnulas, ya que algunos especímenes presentaban lúnulas lisas y otros con lúnulas ligeramente dentadas, específicamente en el cuarto par de patas. Esto se puede relacionar con el estadio de desarrollo y, por ende, con su tamaño. Cabe resaltar que aquellos que presentaban lúnulas dentadas tenían un mayor tamaño en comparación con el resto.

No se encontraron coincidencias en los caracteres morfológicos ni morfométricos con las especies que actualmente están descritas para el género *Paramacrobotus*, por lo que puede ser una nueva especie para la ciencia.

Paramacrobotus grupo *richtersi* sp.

(Figura 15)

Número de individuos: 31

Diagnosis: cutícula transparente y lisa (Figura 15A) con granulación fina (poco evidente) en el cuarto par de patas (Figura 15D, flecha blanca). Aparato bucofaríngeo tipo *Macrobotus* (Figura 15B), con las tres bandas de dientes en su cavidad bucal y con los soportes de los estiletes insertados entre 80 - 82,8 % de la longitud total del tubo bucal; bulbo faríngeo con una configuración de placoides [3+1], correspondiente con las especies pertenecientes al grupo *richtersi*, con los tres macroplacoides alargados en forma de barra, donde el primer y tercer macroplacoide son más largos que el segundo, y un microplacoide ovalado; el tercer macroplacoide presenta constricción en su parte subterminal. Garras tipo *hufelandi* esbeltas (Figura 15C, D), es decir, delgadas, donde la rama primaria presenta puntas accesorias. Lúnulas lisas en los primeros tres pares de patas (Figura 15C, flecha) y ligeramente dentadas en el cuarto par de patas (Figura 15D, flecha negra) y ligeramente granuladas en el cuarto par de patas (Figura 15D, flecha blanca).

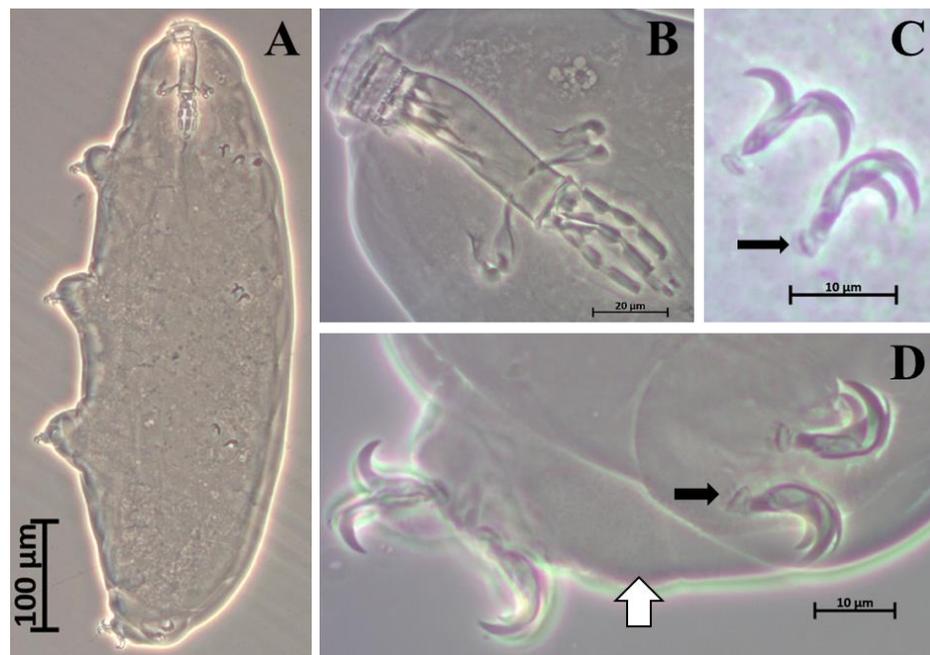


Figura 15. *Paramacrobotus* grupo *richtersi* sp. (A) Plano corporal; (B) Aparato bucofaríngeo; (C) Garras del segundo par de patas con lúnulas lisas (flecha); (D) Garras del cuarto par de patas con lúnulas dentadas (flecha negra) y granulación (flecha blanca).

Comentarios: en la mayoría de los especímenes se observaron lúnulas lisas en todas las patas; sin embargo, en algunos se observaron lúnulas dentadas en el cuarto par de patas. Se presume que es debido al tamaño de los especímenes, ya que en algunas especies cuando los individuos alcanzan un mayor tamaño, se acentúan y/o se desarrollan algunos rasgos característicos (Nelson et al., 2015). Cabe señalar que los especímenes que presentaron lúnulas dentadas en el cuarto par de patas eran de mayor tamaño en comparación con los demás y presentaban las mismas características morfológicas y morfométricas que el resto.

Paramacrobiotus grupo *richtersi* sp. se comparó con *Pam. corgatensis* (Pilato, Binda & Lisi, 2002), *Pam. danielae* (Pilato, Binda, Napolitano & Moncada, 2001), *Pam. gerlachae* (Pilato, Binda & Lisi, 2004), *Pam. magdalenae* (Michalczyk & Kaczmarek, 2006) y *Pam. savai* (Binda & Pilato 2001), por la similitud en cuanto a las características de la cutícula, la granulación en el cuarto par de patas, forma de las estructuras del aparato bucofaríngeo y las garras.

Pam. grupo *richtersi* sp. comparte caracteres con *Pam. corgatensis* y *Pam. danielae*, pero difiere morfométricamente con la primera especie en la longitud del primer macroplacoide (11,5 - 14,1 pt en *Pam.* grupo *richtersi* sp. vs. 13,0 - 19,5 pt en *Pam. corgatensis*) y en la longitud de las garras externas del segundo y tercer par de patas (21,0 - 21,8 pt en *Pam.* grupo *richtersi* sp. vs. 25,5 - 27,5 pt en *Pam. corgatensis*). Con la segunda especie difiere en el punto de inserción de los soportes de los estiletes (80,0 - 82,8 pt en *Pam.* grupo *richtersi* sp. vs. 58,9 - 67,7 pt en *Pam. danielae*) y la longitud del primer y tercer macroplacoide (11,5 - 14,1 / 13,5 - 16,4 pt en *Pam.* grupo *richtersi* sp. vs. 16,0 - 17,4 / 17,1 - 17,7 pt en *Pam. danielae*).

Pam. grupo *richtersi* sp. es similar a *Pam. gerlachae*, pero se diferencian en la morfometría del punto de inserción de los soportes de los estiletes (80,0 - 82,8 pt en *Pam.* grupo *richtersi* sp. vs. 79,0 - 79,4 pt en *Pam. gerlachae*), en la longitud del primer, segundo y tercer macroplacoide (11,5 - 14,1 / 11,0 - 13,2 / 13,5 - 16,4 pt en *Pam.* grupo *richtersi* sp. vs. 12,9 - 16,1 / 10,6 - 12,3 / 14,7 - 17,5 pt en *Pam. gerlachae*) y la longitud de las garras externas del segundo y tercer macroplacoide (21,0 - 22,8 pt en *Pam.* grupo *richtersi* sp. vs. 27,6 - 31,3 pt en *Pam. gerlachae*). De igual manera, difiere con *Pam. magdalenae*, en el diámetro externo del tubo bucal (20,1 - 25,0 pt en *Pam.* grupo *richtersi* sp. vs. 16,1 - 22,2 pt en *Pam. magdalenae*) y en la longitud del primer macroplacoide (11,5 - 14,1 pt en *Pam.* grupo *richtersi* sp. vs. 12,5 - 17,5 pt en *Pam. magdalenae*).

Pam. grupo *richtersi* sp. comparte caracteres con *Pam. savai*, pero se diferencian morfométricamente en el punto de inserción de los soportes de los estiletes (80,0 - 82,8 pt en *Pam.* grupo *richtersi* sp. vs. 79,2 - 79,6 pt en *Pam. savai*), en la longitud del primer y tercer macroplacoide (11,5 - 14,1 / 13,5 - 16,4 pt en *Pam.* grupo *richtersi* sp. vs. 13,4 - 16,9 / 14,2 - 17,1 pt en *Pam. savai*) y en la longitud de las garras del primer y segundo par de patas (22,5 - 23,6 / 22,8 pt en *Pam.* grupo *richtersi* sp. vs. 23,1 - 23,4 / 23,7 - 24,1 pt en *Pam. savai*).

Dado que *Pam.* grupo *richtersi* sp, no coincidió morfológica y morfométricamente con ninguna de las especies que actualmente se han descrito para el género, se catalogó hasta el nivel de morfoespecie, por lo que se sugiere que es una nueva especie.

Discusión

En este estudio se encontraron los siguientes géneros previamente registrados para la SNSM: *Pseudechiniscus*, *Milnesium*, *Doryphoribius*, *Macrobiotus*, *Mesobiotus*, *Minibiotus* y *Paramacrobiotus* (Daza, 2013; Lisi et al., 2014; Londoño et al., 2015; Daza et al., 2017; Londoño et al., 2017; Stec et al., 2018; Venencia, 2019)

Son muy pocos los estudios taxonómicos de tardígrados realizados en cultivos, siendo este el primero realizado en un cafetal a los 600 msnm. En un estudio realizado en México, en un cultivo de cítricos, se identificaron tres géneros, *Mesobiotus*, *Milnesium* y *Ramazottius* (Anguas-Escalante et al., 2018). En el mismo país, en una selva mediana subperenifolia y un cultivo de cítricos, solo los géneros *Echiniscus*, *Milnesium*, *Mesobiotus* y *Macrobiotus* fueron registrados (Cutz-Pool, et al., 2019). Dichos datos representan una baja riqueza genérica de tardígrados en comparación con la del presente trabajo, en el que se registra la presencia de 7 géneros, lo que evidencia la alta diversidad de tardígrados en esta región de la SNSM.

Entre las muestras recolectadas se determinó que los géneros *Macrobiotus* y *Paramacrobiotus* estuvieron presentes en la mayoría de las muestras recolectadas, esto podría indicar el buen estado en que se encuentran estos microhábitats, debido a que trabajos como el de González-Reyes et al., (2016) considera a *Macrobiotus* como un género bioindicador de la buena calidad ambiental.

Aparentemente no existe relación entre el microhábitat y la distribución de los tardígrados, confirmando lo propuesto por varios autores como Guil (2015), quien afirma que la distribución de los tardígrados no es homogénea, en términos espaciales, ecológicos y taxonómicos; sin embargo, con el número de muestras que se recolectaron y la metodología implementada en el estudio no es posible asegurar dicha conjetura.

Aquellas muestras donde se obtuvo el menor número de individuos de tardígrados y aquella donde no se encontró ningún organismo perteneciente a este taxón, solo estaban constituidas por briófitos, a diferencia de las otras muestras donde además habían líquenes; lo que contrasta con el trabajo de Cutz-Pool, et al., (2019) en el que las mayores abundancias se obtuvieron para las muestras que solo tenían musgos. Cabe señalar que este supuesto requiere de más análisis, debido a que existen otros factores como el tiempo de establecimiento del musgo, que pueden influenciar en estos resultados.

El género de hepática *Lejeunea* estuvo presente en cuatro de las ocho muestras donde se encontraron tardígrados; este estuvo representadas por dos especies, *Lejeunea laetevirens* y *Lejeunea laeta*, hepáticas foliosas que se caracteriza por asociarse o mezclarse con otras hepáticas y musgos, donde además la forma oblicua de sus hojas y el grosor de su cutícula (Reiner- Drehwald, 2000; Álvaro et al., 2019), entre otras características, podría permitir el buen asentamiento de los tardígrados o su preferencia. Sin embargo, aún no se tiene mucha información acerca de la preferencia de los tardígrados por estos microhábitats, por lo que es necesario realizar investigaciones dirigidas a este campo.

Al discutir la abundancia y riqueza genérica de los tardígrados del presente estudio con un trabajo realizado en un cafetal a los 1500 msnm en el mismo flanco del área de estudio en la SNSM (Venencia, 2019) y un trabajo en un área rural poco intervenida en la ribera del río Garupal, Cesar (Daza, 2013), cuya altitud es similar a la del presente estudio; existieron tanto similitudes como diferencias en varios aspectos (Figura 16); por ejemplo, los géneros *Pseudechiniscus*, *Milnesium* y *Minibiotus* en el cafetal a los 600 msnm presentaron una menor abundancia en comparación con el cafetal de 1500 msnm, especialmente los dos últimos géneros. Para el caso de *Macrobiotus* y *Paramacrobiotus*, los valores obtenidos en el presente estudio superaron los encontrados en la zona poco intervenida y en el cafetal a los 1500 msnm; asimismo, la abundancia del género *Doryphoribius* en el cafetal a 600 msnm superó a la encontrada en la zona poco intervenida. Los géneros *Doryphoribius* y *Mesobiotus* que estuvieron presentes tanto en el cafetal a los 600msnm como en la zona poco intervenida.

Por otra parte, se resalta aquellos géneros encontrados en la zona poco intervenida y en el cafetal a 1500 msnm (*Echiniscus*, *Diphascaon*, *Itaquascaon* y *Calcarobiotus*) (Daza, 2013; Venecia, 2019), pero que no se encontraron en el cafetal a 600 msnm. Esto puede deberse a diferentes variables que pueden influenciar en la presencia o no de estos géneros como: altitud, exposición al sol, temperatura y humedad del microhábitat, la velocidad del viento, especie de musgo o líquen que componen el microhábitat (Guil, 2015), las características físicas y químicas del sustrato, la disponibilidad de alimento y en sí mismo el estado del ecosistema (Daza, 2013). Asimismo, ambos cafetales registraron un total de 7 géneros, de los cuales, solo cinco se encontraron en las dos plantaciones (*Pseudechiniscus*, *Milnesium*, *Macrobiotus*, *Minibiotus*, y *Paramacrobiotus*), lo que indica la amplia distribución altitudinal que posiblemente puedan tener estos géneros.

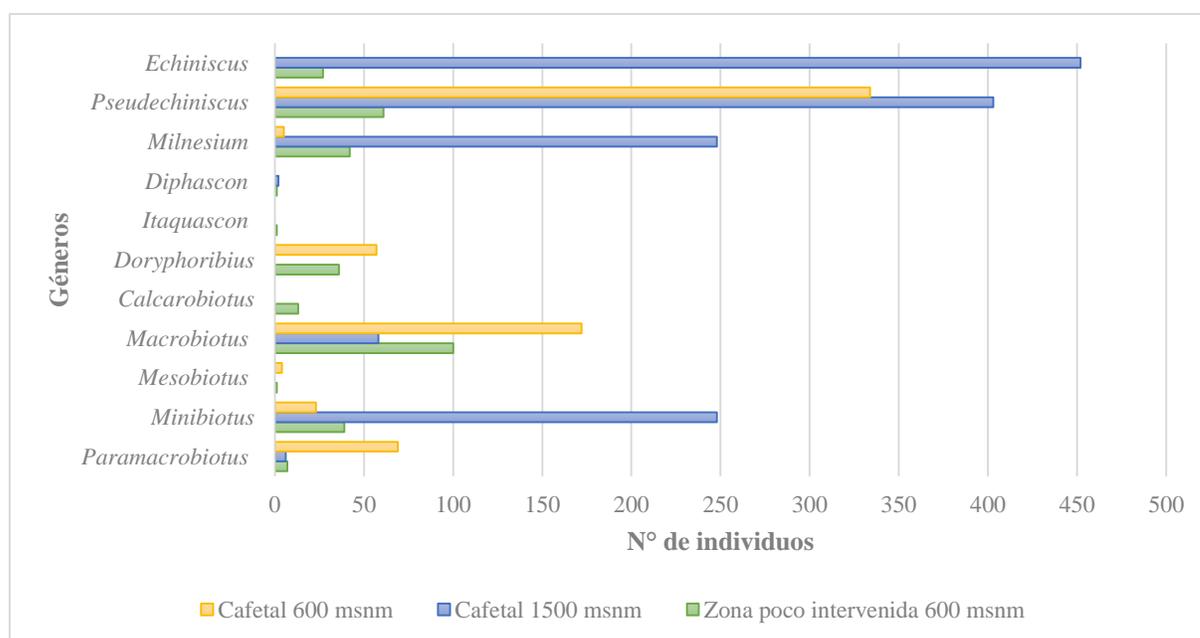


Figura 16. Discusión de la abundancia y riqueza genérica del presente trabajo con un cafetal de la SNSM a los 1500 msnm (Venecia, 2019) y una zona poco intervenida en la ribera del río Garupal, Cesar a los 600 msnm (Daza, 2013).

El género *Milnesium* presentó la mayor riqueza de especies con *Mil. barbadosense*, *Mil. cassandrae* y *Mil. kogui*, y según Kaczmarek et al., (2011) este género presenta un amplia distribución altitudinal, por lo que se puede encontrar tanto a elevaciones altas como bajas, como se evidencia en los trabajos de Caicedo et al., (2014), Lisi et al., (2014) y Londoño et al., (2015), donde registran la presencia de este género desde los 22 hasta los 2284 msnm. Cabe resaltar que *Mil. barbadosense* y *Mil. kogui* estuvieron presentes en los trabajos de Londoño et al., (2015) y Venecia (2019). Pese a

que *Milnesium* fue el género con mayor riqueza de especies, fue uno de los más bajos en cuanto a abundancia, ya que solo se obtuvieron 5 individuos en total.

En cuanto a la distribución de los géneros presentes en el estudio con respecto a la del resto del país, *Pseudechiniscus* ha sido registrado para los departamentos del Magdalena, Santander, Antioquia, Tolima, Cesar y Cundinamarca (Heinis, 1914; Jerez y Narváez, 2001; Richters, 1911; Daza, 2013; Caicedo et al., 2014); y el género *Milnesium* para los departamentos de Antioquia, Santander, Bogotá, Cauca, Cesar y Magdalena (Heinis, 1914; Jerez y Narváez, 2001; Daza, 2013; Caicedo et al., 2014; Londoño et al., 2015; Melo et al., 2015). *Mesobiotus* se ha registrado previamente para los departamentos de Antioquia, Santander y Tolima (Meyer, 2013) y para el Magdalena en el presente estudio; *Macrobiotus* para los departamentos del Magdalena, Cauca, Antioquia, Bogotá, Cundinamarca, Santander, Cesar y Tolima (Richters, 1911; Heinis, 1914; Jerez y Narváez, 2001; Daza, 2013; Lisi et al., 2014;). Este último es uno de los géneros que más ha sido registrado en Colombia.

Minibiotus cf. *bisectus*, *Minibiotus* cf. *taiti* y *Paramacrobiotus* cf. *derkai* fueron catalogadas como cf., debido a que no se identificaron huevos y pese a que los caracteres morfológicos y morfométricos coinciden, es importante la determinación de los huevos para una correcta identificación de las especies, dado que, dentro de estos géneros, muchas de las especies pueden compartir algunos rasgos morfológicos y morfométricos similares, pero la ornamentación de los huevos permite su diferenciación.

Conclusión

A partir del análisis de las muestras de briófitos y líquenes recolectadas en una plantación de café a 600 msnm en el corregimiento de Minca - SNSM, se registró un total de 7 géneros de tardígrados *Pseudechiniscus*, *Milnesium*, *Doryphoribius*, *Macrobiotus*, *Mesobiotus*, *Minibiotus* y *Paramacrobiotus*. Se identificaron 8 especies, *Pseudechiniscus* cf. *santomensis*, *Milnesium barbadosense*, *Mil. cassandrae*, *Mil. kogui*, *Doryphoribius rosanae*, *Minibiotus* cf. *bisoctus*, *Min.* cf. *taiti* y *Paramacrobiotus* cf. *derkai* y 5 morfoespecies, las cuales podrían ser potencialmente nuevas especies para la ciencia. Las especies *Milnesium cassandrae* es registrada por primera vez para el departamento del Magdalena en la Sierra Nevada de Santa Marta.

Los géneros que presentaron mayor abundancia fueron *Pseudechiniscus* con un total de 334 indiv. y *Macrobiotus* con 157 indiv. El género *Milnesium* obtuvo la mayor riqueza con un total de 3 de especies. El género *Paramacrobiotus* estuvo presente en siete de las ocho muestras donde se encontraron tardígrados, seguido de *Macrobiotus* en seis de las mismas, presentado una prevalencia en la mayoría de los microhábitats. Los géneros *Pseudechiniscus*, *Milnesium*, *Macrobiotus*, *Minibiotus* y *Paramacrobiotus* se registran tanto para este estudio como para otro realizado en un cafetal a los 1500 msnm en la SNSM, lo que da indicios sobre las capacidades de distribución de estos géneros en un gradiente altitudinal.

Aunque han sido muy pocos los estudios realizados en Colombia y aún más en la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), se tiene suficiente evidencia de la gran diversidad de tardígrados asociados a este sistema montañoso costero, desde las zonas bajas a 600 msnm (comprobado por el presente estudio) hasta los 2284 msnm donde se han realizado estudios faunísticos de tardígrados.

Con este trabajo se aportó al conocimiento de la tardigradofauna de la SNSM a una altitud de 600 msnm, de manera que, actualmente, son 61 especies registradas para Colombia, y 29 especies para la SNSM. Es necesario aumentar los estudios de tardígrados en el país y esta zona para contribuir de manera significativa al conocimiento de los ositos de agua, a fin de tener la suficiente materia prima para impulsar a los investigadores de nuestro país a desarrollar posteriores investigaciones aplicadas con estos organismos.

Referencias Bibliográficas

Adams, M. (1973). Ecological Zonation and the Butterflies of the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *The Journal of Natural History*, 7: 699–718.

Álvaro, W., Becerra D. & Cárdenas, K. (2019). Catálogo comentado de musgos, hepáticas y antoceros acuáticos del río Teatinos (Boyacá, Colombia). *Mutis*, 9: 49-61. DOI: 10.21789/22561498.1564

Anguas-Escalante, A., Pérez-Pech, W. A., Guidetti, R., Cutz-Pool, L. Q. & Ortiz-León, H. (2018). Tardígrados asociados a una plantación de cítricos de traspatio en la comunidad de El Palmar en Quintana Roo, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 73: 20–26.

Bertolani R. & Rebecchi L. (1993). A revision of the *Macrobotus hufelandi* group (Tardigrada, Macrobiotidae), with some observations on the taxonomic characters of eutardigrades. *Zoologica Scripta*, 22: 127–152. <https://doi.org/10.1111/j.1463-6409.1993.tb00347.x>

Bertolani, R., Guidi, A. & Rebecchi, L. (1996). Tardigradi della Sardegna e di alcune piccole isole circumsarde. *The Journal of Integrative Biogeography*, 18: 229–247.

Bertolani, R., Guidetti, R., Jönsson, K. I., Altiero, T., Boschini, D. & Rebecchi, L. (2004). Experiences with dormancy in tardigrades. *Journal of Limnology*, 63: 16–25.

Binda, M.G. & Pilato, G. (2001). *Macrobotus savai* and *Macrobotus humilis*, two new species of tardigrades from Sri Lanka. *Bolletino delle Sedute dell'Accademia Gioenia di Scienze naturali in Catania*, 34: 101–111.

Caicedo, M., Londoño, R. & Quiroga, S. (2014). Catálogo taxonómico de los ositos de agua (Tardigrada) de la cuenca baja de los ríos Manzanares y Gaira, Santa Marta, Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas*, 18: 197–209.

Camero, E. (2002). Fauna del suelo en bosque y cafetales de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Acta Biológica Colombiana. Universidad Nacional de Colombia*, 7: 17–28.

- Claxton, S. (1998). A revision of the genus *Minibiotus* (Tardigrada: Macrobiotidae) with descriptions of eleven new species from Australia. *Records of the Australian Museum*, 50: 125–160.
- Cornelius, H. (1957). Las glaciaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta. *Revista Académica Colombiana Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 9: 469–482.
- Cutz-Pool, L., Crisanto, J., Pérez-Pech, W., Anguas-Escalante, A. & Guidetti, R. (2019). Caracterización de la Fauna de Tardígrados (Ecdysozoa: Tardigrada) de Liqueen y Musgo en Dos Sitios con Diferente uso de Suelo, en Quintana Roo, México. *Tecnologico Nacional de México*, 193–200.
- Daza, A. (2013). Inventario taxonómico de los ositos de agua (Tardigrada) del sector medio de la ribera del río Garupal, Cesar, Colombia. Tesis de pregrado. Universidad del Magdalena, 35 pp.
- Daza, A., Caicedo, M., Lisi, O. & Quiroga, S. (2017). New records of tardigrades from Colombia with the description of *Paramacrobiotus sagani* sp. nov. and *Doryphoribius rosanae* sp. nov. *Zootaxa*, 4362: 29–50.
- De Barros, R. (1942). Tardígrados do estado de São Paulo, Brasil. II. Gênero "*Macrobiotus*". *Revista Brasileira de Biologia*, 2: 373–386.
- Degma, P., Michalczyk, Ł. & Kaczmarek, Ł. (2008). *Macrobiotus derkai*, a new species of Tardigrada (Eutardigrada, Macrobiotidae, *huziori* group) from the Colombian Andes (South America). *Zootaxa*, 1731: 1–23.
- Degma, P., Bertolani, R. & Guidetti, R. (2009-2020). Actual checklist of Tardigrada species. Version 38th Edition: 18-08-2020. DOI: 10.25431/11380_1178608. Accessed date 7/09/2020.
- Dunn, C., Giribet, G., Edgecombe, G. & Hejnol, A. (2014). Animal phylogeny and its evolutionary implications. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45: 371–395. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-120213-091627>

- Erdmann, W. & Kaczmarek, Ł. (2017). Tardigrades in space research past and future. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 47: 545–553. <https://doi.org/10.1007/s11084-016-9522>
- Fontoura, P., Pilato, G. & Lisi, O. (2010). First record of Tardigrada from São Tomé (Gulf of Guinea, Western Equatorial Africa) and description of *Pseudechiniscus santomensis* sp. nov. (Heterotardigrada: Echiniscidae). *Zootaxa*, 2564: 31–42.
- Fontoura, P., Bartel, P., Jørgensen, A., Mobjerg, R. & Guidberg, J. (2017). A dichotomous key to the genera of the Marine Heterotardigrades (Tardigrada). *Zootaxa*, 4294: 1–45.
- González-Reyes, A., Acosta, X., Corronca, J., Rocha, M., Doma, I. & Repp, E. Y. (2016). Evaluación de la diversidad en comunidades de tardígrados (Ecdysozoa: Tardigrada) en hábitats urbano y rural de la ciudad de Salta (Argentina). *Iheringia. Série Zoologia*, 106. DOI: 10.1590/1678-4766e2016026
- Grothman, G. T., Johansson, C., Chilton, G., Kagoshima, H., Tsujimoto, M. & Suzuki, A. C. (2017). Gilbert Rahm and the status of Mesotardigrada Rahm, 1937. *Zoological Science*, 34: 5–10. <https://doi.org/10.2108/zs160109>
- Guidetti, R., Altiero, T. & Rebecchi, L. (2011). On dormancy strategies in tardigrades. *Journal of Insect Physiology*, 57: 567–576.
- Guidetti, R., Cesari, M., Bertolani, R., Altiero, T. & Rebecchi, L. (2019). High diversity in species, reproductive modes and distribution within the *Paramacrobotus richtersi* complex (Eutardigrada, Macrobiotidae). *Zoological letters*, 5: 1– 28.
- Guil, N. (2015). Los tardígrados terrestres de la Sierra de Guadarrama: diversidad, taxonomía y filogenia. Universidad Complutense de Madrid, 1- 781.
- Guil, N., Jørgensen, A. & Kristensen, R. (2019). An upgraded comprehensive multilocus phylogeny of the Tardigrada tree of life. *Zoologica Scripta*, 48: 120 - 137. <https://doi.org/10.1111/zsc.12321>
- Heinis, F. (1914). Die Moosfauna Columbiens In Voyage d’exploration scientifique en Colombie. *Mémoires de la Société des Sciences Naturelles de Neuchatel*, 5: 675–730.

Heinis, F. (1928). Die Moosfauna des Krakatau. *Treubia*, 10: 231–244.

Horikawa, D. D., Yamaguchi, A., Sakashita, T., Tanaka, D., Hamada, N., Yukuhiro, F., Kuwahara, H., Kunieda, T., Watanabe, M., Nakahara, Y., Wada, S., Funayama, T., Katagiri, C., Higashi, S., Yokobo, S., Kuwabara, M., Rothschild, L. J., Okuda, T., Hashimoto, H. & Kobayashi, Y. (2012). Tolerance of Anhydrobiotic Eggs of the Tardigrade *Ramazzottius varieornatus* to Extreme Environments. *Astrobiology*, 12: 283–289.

Horning, D., Schuster, R. & Grigarick, A. (1978). Tardigrada of New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 5: 185–280.

Iharos, G. (1973) Neuere Daten zur Kenntnis der Tardigraden-Fauna von Neuguinea. *Opuscula Zoologica*, Budapest, 11: 65–73.

Jerez, J. & Narváez, E. (2001). Tardígrados (Animalia: Tardigrada) de la Reserva El Diviso-Santander, Colombia. *Biota Colombiana*, 2: 145–151.

Jerez, J., Narváez, E. & Restrepo, R. (2002). Tardígrados en musgos de la Reserva el Diviso (Santander, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 28: 199–206.

Jönsson, K. I. (2007). Tardigrades as a Potential Model Organism in Space Research. *Astrobiology*, 7: 757–766.

Jørgensen, A., Kristensen, R. M. & Møbjerg, N. (2018). Phylogeny and Integrative Taxonomy of Tardigrada. *The Manual of Environmental Chemistry*, 95–114. doi: 10.1007 / 978-3-319-95702-9_3

Kaczmarek, Ł., Michalczyk, Ł. & Degma, P. (2007). Description of a new Tardigrade, *Macrobiotus barbarae* (Eutardigrada: Macrobiotidae) from the Dominican Republic. *Annales Zoologici*, 57: 363–369.

Kaczmarek, Ł. & Michalczyk, Ł. (2009). Two new species of Macrobiotidae, *Macrobiotus szeptyckii* (*harmsworthi* group) and *Macrobiotus kazmierskii* (*hufelandi* group) from Argentina. *Acta zoologica cracoviensia*, 52: 87–99. DOI:10.3409/azc.52b_1-2.87-99

Kaczmarek, Ł., Bartłomiej, G., Welnicz, W. & Michalczyk, Ł. (2011). Ecological factors determining Tardigrada distribution in Costa Rica. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 49: 78–83. DOI: 10.1111/j.1439-0469.2010.00603.x

Kaczmarek, Ł. & Roszkowska, M. (2016). A new eutardigrade from Costa Rica with taxonomical and zoogeographical remarks on Costa Rican tardigrades. *New Zealand Journal of Zoology*, 43: 234–245.

Kaczmarek, Ł. & Michalczyk, Ł. (2017). The *Macrobotus hufelandi* group (Tardigrada) revisited. *Zootaxa*, 4363: 101–123.

Kaczmarek, Ł., Gawlak, M., Bartels, P., Nelson, D. & Roszkowska, M. (2017). Revision of the genus *Paramacrobotus* Guidetti et al., 2009 with the description of a new species, redescriptions and a key. *Annales zoologici*, 67: 627–656.

Lisi, O., Londoño, R. & Quiroga, S. (2014). Tardigrada from a sub-Andean forest in the Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) with the description of *Itaquascon pilato* sp. nov. *Zootaxa*, 3841: 551–562.

Lisi, O., Daza, A., Londoño, R. & Quiroga, S. (2017). Echiniscidae from the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, new records and a new species of *Bryodelphax* Thulin, 1928 (Tardigrada). *ZooKeys*, 703: 1–14.

Lisi, O., Daza, A., Londoño, R., Quiroga, S. & Pilato, G. (2019). *Meplitumen aluna* gen. nov., sp. nov. an interesting eutardigrade (Hypsibiidae, Itaquasconinae) from the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *ZooKeys*, 865: 1–20.

Lisi, O., Londoño, R., Quiroga, S. (2020). Description of a new genus and species (Eutardigrada: Richtersiidae) from Colombia, with comments on the family Richtersiidae. *Zootaxa*, 4822 (4): 531–550. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4822.4.4>

Londoño, R., Daza, A., Caicedo, M., Quiroga, S. & Kaczmarek, Ł. (2015). The genus *Milnesium* (Eutardigrada: Milnesiidae) in the Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia), with the description of *Milnesium kogui* sp. nov. *Zootaxa*, 3955: 561–568.

Londoño, R., Daza, A., Lisi, O. & Quiroga, S. (2017). New species of waterbear *Minibiotus pentannulatus* (Tardigrada: Macrobiotidae) from Colombia. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88: 807–814.

Marcus, E. (1936). Tardigrada. En: De Gruyter W. (Ed.), *Das Tierreichs*, 66: 1–340.

Marley, N. J., Kaczmarek, Ł., Gawlak, M., Bartels, P., Nelson, D., Roszkowska, M., Stec, D. & Degma, P. (2018). A clarification for the subgenera of *Paramacrobotus* Guidetti, Schill, Bertolani, Dandekar and Wolf, 2009, with respect to the International Code of Zoological Nomenclature. *Zootaxa*, 4407: 130–134.

Mapalo, M., Stec, D., Mirano-Basco, D. & Michalczyk, L. (2016). *Mesobiotus philippinicus* sp. nov., the first limnoterrestrial tardigrade from the Philippines. *Zootaxa*, 4126: 411–426. DOI: 10.11646/zootaxa.4126.3.6

Meier, M., Rocha, A., Kun, M. & Messuti, M. (2019). Claves para la identificación de géneros y especies de tardígrados (Tardigrada) limnoterrestres presentes en el Parque Nacional Nahuel Huapi y sus alrededores (Patagonia, Argentina). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 78(4): 55–64. <https://doi.org/10.25085/rsea.780407>

Melo, J., Beltrán-Pardo, E., Bernal, J. & Kaczmarek, Ł. (2015). New records of tardigrades from Colombia (Guatavita, Cundinamarca Department). *Turkish Journal of Zoology*, 38. DOI:10.396/zoo-1405-13

Meyer, H. (2011). Tardigrada of Grand Cayman, West Indies, with descriptions of two new species of eutrdigrade, *Doryphoribius tessellatus* (Hypsibiidae) and *Macrobiotus caymanensis* (Macrobiotidae). *Zootaxa*, 2812: 28–40.

Meyer, H. & Hinton, J. (2012). Terrestrial Tardigrada of the Island of Barbados in the West Indies, with Description of *Milnesium barbadosense* sp. n. (Eutardigrada: Apochela: Milnesiidae). *Caribbean Journal Science*, 46: 194–202.

Meyer, H. (2013). Terrestrial and freshwater Tardigrada of the Americas. *Zootaxa*, 3747: 1–71.

Michalczyk, Ł. & Kaczmarek, Ł. (2003). A description of the new tardigrade *Macrobiotus reinhardti* (Eutardigrada: Macrobiotidae, *harmsworthi* group) with some remarks on the oral cavity armature within the genus *Macrobiotus* Schultz. *Zootaxa*, 331: 1–24.

Michalczyk, Ł. & Kaczmarek, Ł. (2006). A new species *Macrobiotus magdalenae* (Tardigrada: Eutardigrada: Macrobiotidae, *richtersi* group) from Costa Rican rain forest (Central America). *New Zealand Journal of Zoology*, 33: 189–196. <http://dx.doi.org/10.1080/03014223.2006.9518444>

Michalczyk, Ł., Welnicz, W., Frohme, M. & Kaczmarek, Ł. (2012). Redescriptions of three *Milnesium* Doyère, 1840 taxa (Tardigrada: Eutardigrada: Milnesiidae), including the nominal species for the genus. *Zootaxa*, 3154: 1–20.

Michalczyk, Ł. & Kaczmarek, Ł. (2013). The Tardigrada Register: a comprehensive online data repository for tardigrade taxonomy. *Journal of Limnology*, 72: 175–181.

Miller, W. (2011). Tardigrades. *American Scientist; Research Triangle Park Tomo 99*, 5: 384–391.

Morek, W., Gašiorek, P., Stec, D., Blagden, B. & Michalczyk, Ł. (2016). Experimental taxonomy exposes ontogenetic variability and elucidates the taxonomic value of claw configuration in *Milnesium* Doyère, 1840 (Tardigrada: Eutardigrada: Apochela). *Contributions to Zoology*, 85: 173–200.

Morek, W., Ciosek, J. & Michalczyk, Ł. (2020). Description of *Milnesium pentapapillatum* sp. nov., with an amendment of the diagnosis of the order Apochela and abolition of the class Apotardigrada (Tardigrada). *Zoologischer Anzeiger*, 288: 107–117. <https://doi.org/10.1016/j.jcz.2020.07.002>

Moreno-Talamantes, A., Roszkowska, M., García-Aranda, M., Flores-Maldonado, J. & Kaczmarek, Ł. (2019). Current knowledge on Mexican tardigrades with a description of *Milnesium cassandrae*

sp. nov. (Eutardigrada: Milnesiidae) and discussion on the taxonomic value of dorsal pseudoplates in the genus *Milnesium* Doyère, 1840. *Zootaxa*, 4691 (5): 501-524. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4691.5.5>

Nelson, D. & Marley N. (2000). The biology and ecology of lotic Tardigrada. *Freshwater Biology*, 44: 93–108.

Nelson, D. (2001). Tardigrada. En: Thorp, J. & Covich, A. (Eds.). Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. San Diego, Estados Unidos. *Academic Press*, 527–550.

Nelson, D., Guidetti, R. & Rebecchi, L. (2015). *Phylum* Tardigrada. En: Thorp, J. & Rogers, D. (Eds.). Ecology and General Biology: Thorp and Covich's Freshwater invertebrates. San Diego, Estados Unidos. *Academic press*, 347–380.

Pérez-Pech, W. A., Anguas-Escalante, A., Cutz-Pool, L. Q. & Guidetti, R. (2017). *Doryphoribius chetumalensis* sp. nov. (Eutardigrada: Isohypsibiidae) a new tardigrade species discovered in an unusual habitat of urban areas of Mexico. *Zootaxa*, 4344: 345–356.

Perry, E., Miller, W. & Kaczmarek, Ł. (2019). Recommended abbreviations for the names of genera of the phylum Tardigrada. *Zootaxa*, 4608 (1): 145- 154. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4608.1.8>

Pilato, G. & D'Urso, V. (1976). Contributo alla conoscenza dei Tardigradi d'Australia. *Animalia*, 3: 135–45.

Pilato, G. (1981). Analisi di nuovi caratteri nello studio degli Eutardigradi. *Animalia*, 8: 51–57.

Pilato, G., Binda, M., Napolitano, A. & Moncada, E. (2001). Notes on South American tardigrades with the description of two new species: *Pseudechiniscus spinirectus* and *Macrobiotus danielae*. *Tropical Zoology*, 14: 223–231. <https://doi.org/10.1080/03946975.2001.10531154>

Pilato, G., Binda, M. & Lisi, O. (2002). Notes on tardigrades of the Seychelles with the description of two new species. *Bollettino delle sedute dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali, Catania*, 35: 503–517.

- Pilato, G., Binda, M. & Lisi, O. (2004). Notes on tardigrades of the Seychelles with the description of three new species. *Italian Journal of Zoology*, 71: 171–178. <https://doi.org/10.1080/11250000409356569>
- Pilato, G. & Lisi, O. (2006). *Macrobiotus rigidus* sp. nov., new species of eutardigrade from New Zealand. *Zootaxa*, 1109: 49–55.
- Pilato, G. & Kaczmarek, Ł. (2007). *Macrobiotus alvaroi*, a new species of eutardigrade (Tardigrada, Macrobiotidae) of the *polyopus* group from Costa Rica (Central America). *Zootaxa*, 1479: 1–7.
- Pilato, G. & Binda, M. G. (2010). Definition of families, subfamilies, genera and subgenera of the Eutardigrada, and keys to their identification. *Zootaxa*, 2404: 1–54.
- Ramazzotti, G. & Maucci, W. (1983). Il Phylum Tardigrada. En: *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia Dott. Marco de Marchi*. Verbania, Italia. Volumen 41.
- Reiner- Drehwald, M. (2000). Las Lejeuneaceae (Hepaticae) de Misiones, Argentina VI. *Lejeunea* y *Taxilejeunea*. *Tropical Bryology*, 19: 81-131.
- Richters, F. (1911a). Südamerikanische Tardigraden. *Zoologischer Anzeiger*, 38: 273–277.
- Richters, F. (1911b). Faune des mousses, Tardigrades. *Campagne. Arctique de 1907. Duc d'Orléans*, 1–20.
- Schill, R. O., Mali, B., Dandekar, T., Schnölzer, R. D. & Frohme, M. (2009). Molecular mechanisms of tolerance in tardigrades: New perspectives for preservation and stabilization of biological material. *Biotechnology Advances*, 27: 348–352.
- Schultze, C. (1834). *Macrobiotus hufelandii* animal e crustaceorum classe novum, reviviscendi post diuturnam asphyxian et ariditaten potens, etc. *C. Curths, Berlin* 6 pp.
- Stec, D., Krzywanski, L. & Michalczyk, Ł. (2018). Integrative description of *Macrobiotus canaricus* sp. nov. with notes on *M. recens* (Eutardigrada: Macrobiotidae). *European Journal of Taxonomy*, 452: 1–36. ISSN 2118-9773 <https://doi.org/10.5852/ejt.2018.452>

- Stec, D., Roszkowska, M., Kaczmarek, Ł. & Michalczyk, Ł. (2018). *Paramacrobotus lachowskiae*, a new species of Tardigrada from Colombia (Eutardigrada: Parachela: Macrobiotidae). *New Zealand Journal of Zoology*, 45:43–60. Doi:10.1080/03014223.2017.1354896
- Sømme, L. (1996). Anhydrobiosis and cold tolerance in tardigrades. *European Journal of Entomology*, 93: 349–357.
- Tibbs, L., Cortés, B. & Miller, W. (2020). "Tardigrades del condado de Hardin, Iowa: Siete nuevos registros de Iowa, EE.UU." *Transacciones de la Academia de Ciencias de Kansas*, 123 (1-2): 203-212. <https://doi.org/10.1660/062.123.0117>
- Tumanov, D. (2006). Five new species of the genus *Milnesium* (Tardigrada, Eutardigrada, Milnesiidae). *Zootaxa*, 1122: 1–23.
- Vecchi, M., Cesari, M., Bertolani, R., Jönsson, K. I., Rebecchi, L. & Guidetti, R. (2016). Integrative systematic studies on tardigrades from Antarctica identify new genera and new species within Macrobiotidea and Echiniscoidea. *Invertebrate Systematics*, 30: 303–322.
- Venencia, D. (2019). Ositos de agua (Tardigrada) asociados a líquenes y briófitos epífitos de un cafetal en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, Colombia. Tesis de pregrado. Universidad del Atlántico, 1-86.
- Viloria, J. (1997). *Café caribe: la economía cafetera de la Sierra Nevada de Santa Marta*. Centro de investigaciones económicas del Caribe Colombiano. Cartagena de Indias, Colombia: Banco de la república.

Anexos

Anexo 1. Medidas en micras (μm) y valores de *pt* de algunas estructuras de los ejemplares de *Doryphoribius rosanae* encontrados en este estudio.

CARACTER	N	RANGO		MEDIA		DS		
		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	
Longitud del cuerpo	7	276 – 435	–	351		58		
Tubo bucofaringeo	Longitud del tubo bucal	24,2 – 41,4	–	34,5	–	5,5	–	
	Punto de inserción de los soportes de los estiletes	17,6 – 29,5	69,2 – 72,7	24,5	71,1	3,9	1,2	
	Ancho externo del tubo bucal	2,9 – 6,0	12,1 – 14,4	4,6	13,3	1,0	1,0	
	Ancho interno del tubo bucal	1,7 – 3,6	6,7 – 8,7	2,7	7,7	0,6	0,8	
	Longitud de la lámina ventral	6	17,6 – 23,5	51,3 – 58,2	20,0	55,2	2,3	2,8
Placoides	Macroplacoides 1	4,2 – 8,0	16,2 – 19,6	6,2	17,9	1,3	1,4	
	Macroplacoides 2	2,4 – 4,7	10,0 – 12,5	4,0	11,4	0,8	0,8	
	Fila de los placoides	7,4 – 13,0	28,6 – 34,0	10,8	31,2	2,0	2,1	
I Garra	Base externa	5,0 – 8,2	19,9 – 23,9	7,1	21,0	1,1	1,5	
	Rama primaria externa	5	8,2 – 12,5	32,3 – 35,2	11,0	34,0	1,7	1,1
	Rama secundaria externa	5	6,4 – 10,2	26,6 – 28,6	9,0	27,6	1,6	0,8
	Base interna	5	5,4 – 6,8	15,7 – 18,8	6,0	16,9	0,7	1,3
	Rama primaria interna	6	6,8 – 12,3	27,5 – 30,8	10,0	29,1	2,0	1,3
	Rama secundaria interna	6	4,8 – 8,9	19,6 – 23,6	7,4	21,5	1,5	1,7
II Garra	Base externa	6	5,2 – 8,6	21,5 – 22,6	7,4	22,0	1,2	0,4
	Rama primaria externa	6	8,4 – 14,2	34,7 – 38,3	12,2	36,5	2,0	1,4
	Rama secundaria externa	6	7,1 – 11,4	25,8 – 31,5	9,3	27,9	1,6	2,2
	Base interna	4	4,5 – 6,6	17,4 – 18,4	5,9	17,9	1,0	0,5
	Rama primaria interna	5	6,8 – 11,5	28,1 – 31,6	9,6	29,6	1,7	1,4
	Rama secundaria interna	4	6,3 – 7,5	20,3 – 21,0	7,1	20,6	0,6	0,3
III Garra	Base externa	5	7,6 – 10,0	24,2 – 25,2	8,8	24,5	0,9	0,4
	Rama primaria externa	5	8,9 – 14,7	34,9 – 36,7	11,9	35,7	2,2	0,7
	Rama secundaria externa	5	8,9 – 11,0	24,9 – 30,2	9,8	27,5	1,0	2,4
	Base interna	6	5,1 – 6,3	16,5 – 23,9	5,8	17,8	0,4	3,0
	Rama primaria interna	6	9,4 – 12,0	26,3 – 30,5	10,5	29,0	1,1	1,7
	Rama secundaria interna	4	6,9 – 8,3	20,7 – 22,2	7,6	21,6	0,6	0,6
IV Garra	Base anterior	4	5,9 – 7,2	18,7 – 19,0	6,6	18,9	0,6	0,1
	Rama primaria anterior	4	10,0 – 11,9	30,1 – 32,7	11,0	31,9	0,8	1,2
	Rama secundaria anterior	3	7,3 – 8,2	23,0 – 23,8	7,9	23,4	0,5	0,4
	Base posterior	6	7,1 – 9,6	23,1 – 24,2	8,6	23,6	0,9	0,4
	Rama primaria posterior	6	10,4 – 13,8	31,4 – 35,0	12,2	33,6	1,3	1,3
	Rama secundaria posterior	5	8,6 – 10,7	27,1 – 27,9	9,7	27,6	0,7	0,3

Anexo 2. Medidas en micras (μm) y valores de *pt* de algunas estructuras de los ejemplares atribuidos a *Macrobiotus* sp. 1.

CARACTER	N	RANGO		MEDIA		DS	
		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>
Longitud del cuerpo	8	228 – 430	–	316		89	
Tubo bucofaringeo	Longitud del tubo bucal	8	23,8 – 31,6	–	28,0	–	2,6 –
	Punto de inserción de los soportes de los estiletes	8	17,3 – 23,7	72,7 – 74,9	20,7	73,8	2,1 0,7
	Ancho externo del tubo bucal	8	2,7 – 4,2	11,5 – 13,7	3,6	12,9	0,5 0,7
	Ancho interno del tubo bucal	8	2,0 – 3,4	7,8 – 10,7	2,5	9,0	0,5 1,0
	Longitud de la lámina ventral	8	13,3 – 17,7	55,2 – 58,0	15,7	56,2	1,5 0,9
Placoides	Macroplacoide 1	7	4,8 – 7,2	19,3 – 23,0	5,8	20,9	0,8 1,5
	Macroplacoide 2	8	2,9 – 5,0	12,1 – 15,9	4,0	14,3	0,7 1,2
	Microplacoide	8	1,0 – 1,4	4,2 – 4,9	1,2	4,4	0,1 0,2
	Fila de Macroplacoides	7	8,2 – 12,9	34,6 – 41,4	10,3	37,2	1,5 2,3
	Fila de los placoides	6	11,1 – 15,0	42,5 – 48,1	12,6	44,6	1,4 2,0
I Garras	Rama primaria externa	2	6,3 – 6,6	22,9 – 24,2	6,4	23,5	0,2 0,9
	Rama secundaria externa	2	4,8 – 5,4	17,6 – 19,8	5,1	18,7	0,4 1,6
	Rama primaria interna	3	4,8 – 6,2	20,3 – 22,8	5,7	21,6	0,7 1,2
	Rama secundaria interna	3	4,0 – 5,3	15,2 – 19,4	4,5	17,1	0,7 2,1
II Garra	Rama primaria externa	1	5,3 – 5,3	20,3 – 20,3	5,3	20,3	– –
	Rama secundaria externa	1	4,8 – 4,8	18,5 – 18,5	4,8	18,5	– –
	Rama primaria interna	2	4,9 – 5,4	20,4 – 20,7	5,1	20,6	0,4 0,2
	Rama secundaria interna	2	3,9 – 4,2	16,0 – 16,2	4,0	16,1	0,2 0,1
III Garra	Rama primaria externa	1	7,7 – 7,7	24,8 – 24,8	7,7	24,8	– –
	Rama secundaria externa	1	6,0 – 6,0	19,4 – 19,4	6,0	19,4	– –
	Rama primaria interna	2	6,2 – 7,6	20,8 – 24,3	6,9	22,6	1,0 2,5
	Rama secundaria interna	2	5,0 – 5,6	16,7 – 17,9	5,3	17,3	0,4 0,8
IV Garra	Rama primaria anterior	3	6,3 – 7,4	24,3 – 27,3	7,0	26,2	0,6 1,6
	Rama secundaria anterior	3	5,1 – 6,5	19,7 – 23,7	5,9	21,8	0,7 2,0
	Rama primaria posterior	2	6,1 – 7,0	23,7 – 25,7	6,6	24,7	0,6 1,4
	Rama secundaria anterior	2	5,0 – 5,2	17,6 – 20,9	5,1	19,3	0,2 2,3

Anexo 3. Medidas en micras (μm) y valores de *pt* de algunas estructuras de los ejemplares atribuidos a *Macrobiotus* sp. 2.

CARACTER	N	RANGO		MEDIA		DS	
		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>
Longitud del cuerpo	11	235 – 417	–	362		70	
Tubo bucofaringeo	Longitud del tubo bucal	11	24,6 – 35,2	–	30,1	–	3,1 –
	Punto de inserción de los soportes de los estiletes	11	17,1 – 25,2	69,5 – 72,1	21,4	71,0	2,4 0,9
	Ancho externo del tubo bucal	11	2,4 – 4,2	9,9 – 12,0	3,3	11,0	0,5 0,7
	Ancho interno del tubo bucal	11	1,5 – 3,3	6,2 – 9,4	2,3	7,6	0,5 1,1
	Longitud de la lámina ventral	11	12,6 – 19,3	50,7 – 58,7	16,1	53,6	2,0 2,2
Placoides	Macroplacoide 1	11	4,7 – 7,2	18,9 – 21,6	6,1	20,2	0,8 0,8
	Macroplacoide 2	11	2,7 – 4,8	10,7 – 13,7	3,7	12,1	0,6 0,9
	Microplacoide	11	1,2 – 1,9	4,7 – 6,2	1,7	5,5	0,2 0,5
	Fila de Macroplacoides	11	8,3 – 13,3	32,6 – 37,8	10,6	35,2	1,4 1,8
	Fila de los placoides	11	7,9 – 15,8	31,9 – 44,9	12,5	41,2	2,1 3,5
I Garras	Rama primaria externa	2	7,7 – 8,1	23,0 – 24,7	7,9	23,9	0,3 1,2
	Rama secundaria externa	2	6,1 – 6,2	17,6 – 19,4	6,1	18,5	0,1 1,2
	Rama primaria interna	2	7,5 – 8,3	23,6 – 23,9	7,9	23,8	0,6 0,2
	Rama secundaria interna	2	5,8 – 7,0	18,6 – 19,8	6,4	19,2	0,8 0,9
II Garra	Rama primaria externa	9	6,2 – 8,8	24,1 – 28,3	7,5	25,5	0,8 1,3
	Rama secundaria externa	9	5,1 – 7,1	18,8 – 24,3	6,0	20,6	0,7 1,6
	Rama primaria interna	9	5,8 – 8,3	21,9 – 25,8	7,1	24,0	0,8 1,1
	Rama secundaria interna	9	4,5 – 6,7	15,8 – 20,3	5,5	18,7	0,8 1,4
III Garra	Rama primaria externa	0	–	–	–	–	– –
	Rama secundaria externa	0	–	–	–	–	– –
	Rama primaria interna	0	–	–	–	–	– –
	Rama secundaria interna	0	–	–	–	–	– –
IV Garra	Rama primaria anterior	9	6,5 – 9,7	26,0 – 29,3	8,1	27,1	1,0 1,0
	Rama secundaria anterior	9	4,9 – 7,8	19,6 – 22,8	6,3	20,9	1,0 1,1
	Rama primaria posterior	9	6,8 – 10,4	26,7 – 31,3	8,7	29,0	1,3 1,5
	Rama secundaria anterior	9	5,0 – 8,1	19,7 – 24,7	6,8	22,6	1,0 1,6

Anexo 4. Medidas en micras (μm) y valores de *pt* de algunas estructuras de los ejemplares de *Minibiotus cf. taiti* encontrados en este estudio.

CARACTER	N	RANGO		MEAN		SD	
		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>
Longitud del cuerpo	5	183 – 287	–	237		49	
Tubo bucofaringeo	Longitud del tubo bucal	5	23,7 – 27,4	–	25,9	–	1,6 –
	Punto de inserción de los soportes de los estiletes	5	14,7 – 16,9	61,4 – 62,5	16,0	61,9	1,0 0,4
	Ancho externo del tubo bucal	5	2,0 – 2,4	8,0 – 9,1	2,2	8,4	0,2 0,4
	Ancho interno del tubo bucal	5	0,9 – 1,0	3,8 – 3,9	1,0	3,8	0,1 0,0
	Longitud de la lámina ventral	3	11,7 – 12,4	44,2 – 45,6	12,1	44,9	0,3 0,7
Placoides	Macroplacoide 1	5	1,4 – 2,5	5,8 – 9,1	2,0	7,7	0,4 1,7
	Macroplacoide 2	5	1,7 – 2,1	7,3 – 7,8	1,9	7,4	0,1 0,2
	Macroplacoide 3	4	2,0 – 2,5	8,3 – 9,5	2,3	8,8	0,2 0,6
	Microplacoide	2	0,9 – 1,0	3,5 – 3,7	0,9	3,6	0,1 0,1
	Fila de Macroplacoides	3	6,8 – 8,1	25,8 – 30,3	7,3	28,3	0,7 2,3
	Fila de los placoides	0	–	–	–	–	– –
I Garras	Rama primaria externa	3	6,5 – 7,2	26,3 – 29,1	6,9	27,5	0,4 1,4
	Rama secundaria externa	3	6,3 – 6,8	24,5 – 28,7	6,5	26,2	0,3 2,2
	Rama primaria interna	3	7,2 – 7,8	7,2 – 29,3	7,4	21,9	0,3 12,7
	Rama secundaria interna	3	6,6 – 7,0	6,9 – 29,5	6,8	20,4	0,2 11,9
II Garra	Rama primaria externa	2	6,0 – 6,8	22,5 – 25,0	6,4	23,8	0,6 1,8
	Rama secundaria externa	2	5,0 – 5,2	18,7 – 19,0	5,1	18,9	0,2 0,2
	Rama primaria interna	2	6,8 – 6,8	24,7 – 25,5	6,8	25,1	0,0 0,6
	Rama secundaria interna	2	4,9 – 5,1	17,9 – 19,2	5,0	18,6	0,1 0,9
III Garra	Rama primaria externa	2	5,6 – 5,9	23,6 – 23,8	5,7	23,7	0,2 0,2
	Rama secundaria externa	2	4,1 – 4,2	16,7 – 17,9	4,2	17,3	0,1 0,9
	Rama primaria interna	2	5,5 – 5,5	22,1 – 23,2	5,5	22,7	0,0 0,8
	Rama secundaria interna	2	3,6 – 3,9	14,4 – 16,6	3,7	15,5	0,3 1,5
IV Garra	Rama primaria anterior	3	6,4 – 7,5	27,0 – 27,7	7,1	27,4	0,6 0,4
	Rama secundaria anterior	3	4,8 – 5,7	20,2 – 21,3	5,4	20,7	0,5 0,6
	Rama primaria posterior	0	–	–	–	–	– –
	Rama secundaria anterior	0	–	–	–	–	– –

Anexo 5. Medidas en micras (μm) y valores de *pt* de algunas estructuras de los ejemplares de *Paramacrobiotus cf. derkai* encontrados en este estudio.

CARACTER	N	RANGO		MEDIA		DS	
		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>
Longitud del cuerpo	5	369 – 547	–	470		64	
Tubo bucofaringeo	Longitud del tubo bucal	5	36,1 – 53,7	–	45,9	–	6,3 –
	Punto de inserción de los soportes de los estiletes	5	28,7 – 43,5	79,4 – 81,1	36,9	80,3	5,3 0,7
	Ancho externo del tubo bucal	5	7,0 – 12,2	19,3 – 22,8	9,8	21,3	1,9 1,5
	Ancho interno del tubo bucal	5	5,6 – 10,6	15,4 – 19,7	8,3	17,9	1,8 1,8
	Longitud de la lámina ventral	3	29,2 – 34,0	61,0 – 63,5	30,9	62,6	2,7 1,4
Placoides	Macroplacoide 1	5	5,5 – 8,6	15,1 – 17,9	7,6	16,5	1,3 1,1
	Macroplacoide 2	5	3,3 – 6,8	9,1 – 12,6	5,2	11,2	1,2 1,3
	Macroplacoide 3	5	5,2 – 8,9	14,5 – 16,8	7,5	16,2	1,4 1,0
	Fila de los placoides	5	16,2 – 27,4	45,0 – 52,6	22,9	49,5	4,2 3,1
I Garras	Rama primaria externa	2	9,1 – 11,6	21,7 – 25,1	10,4	23,4	1,8 2,4
	Rama secundaria externa	2	6,7 – 8,5	15,8 – 18,5	7,6	17,1	1,3 1,9
	Rama primaria interna	2	8,9 – 11,6	21,6 – 24,7	10,3	23,2	1,9 2,2
	Rama secundaria interna	2	6,7 – 8,6	16,1 – 18,6	7,7	17,3	1,4 1,8
II Garra	Rama primaria externa	1	10,3 – 10,3	22,5 – 22,5	10,3	22,5	– –
	Rama secundaria externa	1	7,7 – 7,7	16,8 – 16,8	7,7	16,8	– –
	Rama primaria interna	1	10,0 – 10,0	22,1 – 22,1	10,0	22,1	– –
	Rama secundaria interna	1	7,6 – 7,6	16,8 – 16,8	7,6	16,8	– –
III Garra	Rama primaria externa	2	12,3 – 12,6	26,3 – 26,6	12,5	26,5	0,2 0,2
	Rama secundaria externa	2	9,3 – 9,8	20,0 – 20,5	9,6	20,3	0,4 0,3
	Rama primaria interna	2	11,2 – 12,1	24,2 – 25,1	11,6	24,7	0,6 0,7
	Rama secundaria interna	2	8,1 – 9,6	17,5 – 20,1	8,9	18,8	1,1 1,8
IV Garra	Rama primaria anterior	1	13,1 – 13,1	28,3 – 28,3	13,1	28,3	– –
	Rama secundaria anterior	1	8,5 – 8,5	18,4 – 18,4	8,5	18,4	– –
	Rama primaria posterior	2	13,2 – 14,9	27,9 – 29,0	14,1	28,4	1,3 0,8
	Rama secundaria posterior	2	10,4 – 10,7	20,0 – 22,9	10,6	21,5	0,2 2,1

Anexo 6. Medidas en micras (μm) y valores de *pt* de algunas estructuras de los ejemplares atribuidos a *Paramacrobotus* grupo *richtersi* sp.

CARACTER	N	RANGO		MEDIA		DS	
		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>
Longitud del cuerpo	5	337 – 494	–				
Tubo bucofaríngeo	Longitud del tubo bucal	5	25,5 – 46,2	–	37,0 –	7,4 –	
	Punto de inserción de los soportes de los estiletes	5	20,4 – 37,5	80,0 – 82,8	30,2 81,6	6,2 1,2	
	Ancho externo del tubo bucal	5	5,1 – 11,5	20,1 – 25,0	8,6 22,9	2,3 1,8	
	Ancho interno del tubo bucal	5	4,3 – 10,1	17,0 – 21,8	7,4 19,8	2,0 1,8	
	Longitud de la lámina ventral	5	14,3 – 28,7	56,0 – 63,6	22,5 60,4	5,2 2,9	
Placoides	Macroplacoide 1	4	2,9 – 5,8	11,5 – 14,1	4,8 12,9	1,3 1,2	
	Macroplacoide 2	3	4,2 – 5,8	11,0 – 13,3	5,0 12,3	0,8 1,1	
	Macroplacoide 3	5	3,5 – 7,5	13,5 – 16,4	5,7 15,4	1,5 1,2	
	Microplacoide	4	2,6 – 3,3	7,1 – 7,2	2,9 7,2	0,3 0,1	
	Fila de Macroplacoides	4	17,7 – 21,3	46,1 – 47,6	18,7 46,8	1,7 0,6	
	Fila de los placoides	5	13,3 – 29,3	52,3 – 63,5	22,7 60,7	5,8 4,7	
I Garras	Rama primaria externa	3	6,0 – 9,0	22,5 – 23,6	7,8 23,2	1,6 0,6	
	Rama secundaria externa	3	3,8 – 6,3	14,8 – 16,4	5,3 15,6	1,3 0,8	
	Rama primaria interna	3	5,9 – 8,7	21,2 – 23,0	7,5 22,3	1,5 1,0	
	Rama secundaria interna	3	3,9 – 6,1	14,9 – 16,1	5,2 15,4	1,2 0,6	
II Garra	Rama primaria externa	1	8,7 – 8,7	22,8 – 22,8	8,7 22,8	– –	
	Rama secundaria externa	1	6,4 – 6,4	16,9 – 16,9	6,4 16,9	– –	
	Rama primaria interna	1	8,3 – 8,3	21,8 – 21,8	8,3 21,8	– –	
	Rama secundaria interna	1	5,9 – 5,9	15,5 – 15,5	5,9 15,5	– –	
III Garra	Rama primaria externa	1	9,7 – 9,7	21,0 – 21,0	9,7 21,0	– –	
	Rama secundaria externa	1	7,5 – 7,5	16,3 – 16,3	7,5 16,3	– –	
	Rama primaria interna	1	9,3 – 9,3	20,2 – 20,2	9,3 20,2	– –	
	Rama secundaria interna	1	7,0 – 7,0	15,2 – 15,2	7,0 15,2	– –	
IV Garra	Rama primaria anterior	1	6,1 – 6,1	23,9 – 23,9	6,1 23,9	– –	
	Rama secundaria anterior	1	3,7 – 3,7	14,5 – 14,5	3,7 14,5	– –	
	Rama primaria posterior	4	6,8 – 10,8	23,4 – 26,8	9,3 25,6	1,7 1,6	
	Rama secundaria anterior	4	4,6 – 8,4	16,8 – 18,2	6,5 17,7	1,5 0,7	