

# Tardígrados en musgos de la Reserva El Diviso (Santander, Colombia)

Tardigrades in mosses of "El Diviso" Natural Reserve (Santander, Colombia)

JAVIER HERNANDO JEREZ J.<sup>1</sup>, ELIANA XIMENA NARVÁEZ P.<sup>1</sup>, RICARDO RESTREPO M.<sup>2</sup>

Revista Colombiana de Entomología 28 (2): 199-206 (2002)

**Resumen.** A nivel nacional, los trabajos en taxonomía y ecología de invertebrados poco conocidos o de difícil estudio son escasos, tal es el caso del phylum Tardigrada. Para determinar la presencia de individuos y tipos pertenecientes al phylum Tardigrada, se tomaron muestras de musgos lignícolas en cuatro estaciones ubicadas entre los 1795 y 2100 m de altitud en la Reserva El Diviso, propiedad de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). Las muestras se hidrataron en cajas de Petri por 24-72 horas, para reanimar y extraer los tardígrados. Los tardígrados obtenidos se montaron en Hoyer y se identificaron empleando microscopía de contraste de fase. Se determinaron 14 especies de tardígrados, de las cuales 13 pertenecen a la clase Eutardigrada y una a la clase Heterotardigrada, para un total de tres órdenes, cinco familias y ocho géneros. Para Colombia se registraron, por primera vez, siete especies: *Macrobiotus islandicus*, *M. richtersi*, *M. areolatus*, *M. cf occidentalis*, *Minibiotus intermedius*, *Isohypsibius prosostomus*, *Calohypsibius verrucosus*, un género: *Itaquascon* y una familia Calohypsibidae. En lo referente a la similitud de las estaciones de muestreo se presentó un comportamiento diferencial en la distribución de los tardígrados, debido a la composición de la vegetación superior que en gran parte condiciona las características microclimáticas donde se establecen los musgos, encontrándose especies de tardígrados propias en cada una de las estaciones de muestreo.

**Palabras clave:** Clave. Microhábitats. Taxonomía.

**Summary.** At the national level, research on the taxonomy and ecology of invertebrate phyla, poorly known or difficult to study, is scarce, and the phylum Tardigrada is an example. To determine the presence and types of Tardigrada, we took samples of lignicolous mosses from four stations at 1795 – 2100 meters in the "El Diviso Reserve" that belongs to the Regional Autonomic Corporation for the Defense of the Bucaramanga Plateau. The samples were hydrated, in Petri dishes for 24 – 72 hours, to revive and extract the specimens. They were mounted in Hoyer and identified using phase contrast microscopy. We found and determined 14 tardigrades species, 13 of which belong to Eutardigrada class and one to Heterotardigrada, for a total of three orders, five families and eight genera. Seven species are reported in Colombia for the first time: *Macrobiotus islandicus*, *M. richtersi*, *M. areolatus*, *M. cf occidentalis*, *Minibiotus intermedius*, *Isohypsibius prosostomus*, *Calohypsibius verrucosus*. A genus, *Itaquascon* and a family, Calohypsibidae are also reported. Regarding the similarity of the sampling stations a differential behavior was presented in the distribution of the tardigrades. This is a consequence of the composition of the superior vegetation that largely conditions the microclimatic characteristics where the mosses settle down, therefore species of tardigrades characteristic to each of the sampling stations were found.

**Key words:** Key. Microhabitats. Taxonomy.

## Introducción

Las primeras observaciones de tardígrados fueron realizadas por Goeze (1773), quien se refirió a ellos como "Kleiner Wasser Bär" (pequeños osos de agua) (Ramazzotti y Maucci 1982). Los tardígrados son micro-metazoos con simetría bilateral; poseen cuatro pares de patas que usualmente terminan en uñas. El cuerpo es generalmente convexo sobre el lado dorsal y plano en el lado ventral. Se encuentran indistintamente divididos en cabeza o segmento cefálico, tres segmentos del tronco cada uno con un par de patas y un segmento caudal con el cuarto par de patas dirigido posteriormente. La longitud del cuerpo oscila entre 50µm en juveniles y 1200µm en adultos (excluyendo el cuarto par de patas); los adultos

maduros varían entre 250µm y 500µm con pocas especies que exceden los 500µm (Nelson 1991). Los tardígrados exhiben una variedad de colores desde el blanco hasta el amarillo, naranja, rosa, rojo o verde, debido al contenido intestinal, células de la cavidad del cuerpo o a la pigmentación de la cutícula (Nelson y Higgins 1990). Presentan un aparato bucal constituido por una faringe succionadora y un par de estiletes largos perforadores; algunos se alimentan de detritos orgánicos, bacterias, algas, musgos y otras plantas, otros son depredadores de rotíferos, tardígrados, protozoos y nemátodos (Nelson 1982).

Poco se conoce sobre la biogeografía de los tardígrados aunque su distribución como phylum es cosmopolita (Nelson 1982). Para

Sur América se han señalado 100 especies en países como Argentina, Chile, Brasil, Colombia y Paraguay por Ramazzotti (1972) (Grigarick *et al.* 1983). Para Colombia, Marcus (1936), en su publicación "Arthropoda - Tardigrada", señala 22 especies pero ninguna de ellas se encuentra depositada en museos colombianos. Los registros realizados por investigadores colombianos son escasos, contándose sólo con el trabajo realizado por Rangel y Sturm (1994) sobre la artropofauna asociada a la vegetación en regiones paramunas de la cordillera Oriental, quienes registran un total de 176 individuos del phylum Tardigrada, mas no hacen referencia a las especies.

El presente trabajo contribuye al conocimiento de la riqueza faunística, siendo el prime-

1 Autor para correspondencia. Biólogos. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. P. O. Box 9012. Mayagüez, PR 00681. E-mail: javjerez@hotmail.com, eliananarvaez@hotmail.com

2 Biólogo. Instituto Colombiano del Petróleo ICP. Piedecuesta, Santander, Colombia.

ro en taxonomía y aspectos ecológicos de este grupo de invertebrados en Colombia.

### Materiales y Métodos

**Área de estudio.** La Reserva El Diviso se encuentra ubicada en la microcuenca del río Frío alto y la subcuenca del mismo, entre los 1700 y 2100 msnm, a 22.5 km de la ciudad de Bucaramanga (departamento de Santander) en la vía que conduce a la ciudad de Cúcuta.

Los sitios de muestreo se seleccionaron en un gradiente altitudinal y de acuerdo con la composición arbórea. En cada sitio seleccionado se demarcó el perímetro de la estación trazando parcelas de 20 m por 10 m o en su defecto transectos de 100 m por 2 m según la dificultad del terreno. La primera estación se ubicó en un bosque de pinos entre los 1795 y los 1800 msnm, con una temperatura de 16.8°C y un área de 217.15 m<sup>2</sup>; la segunda estación se estableció en un bosque de cipreses a los 1850 msnm, con una temperatura de 16.5°C y un área de 233.84 m<sup>2</sup>; la tercera estación sobre el cerro La Judía donde se aprecia la combinación de vegetación primaria y secundaria a los 2100 msnm, con una temperatura de 14.5°C y un área de 200 m<sup>2</sup>; la cuarta estación se delimitó en un bosque de pinos a los 1970 msnm, con una área de 199.858 m<sup>2</sup> y una temperatura de 15.2°C.

**Métodos de muestreo.** El muestreo se realizó en el mes de diciembre de 1999, y el material obtenido se utilizó para la extracción y determinación de los tardígrados.

Los musgos se tomaron de la corteza de los árboles incluidos en cada estación, desde la base hasta una altura de 2 m, utilizando una espátula y guardándolos en bolsas de papel con su respectiva etiqueta.

Para la identificación de los briófitos (musgos) se utilizaron las claves de Churchill y Linares (1995), Delgadillo y Cárdenas (1990) y Schofield (1985).

### Extracción y determinación de los tardígrados

De las muestras de musgos colectados se tomaron dos submuestras al azar de cinco

gramos (peso seco) por especie, las cuales se sometieron a hidratación con agua destilada por un máximo de 72 horas, con el ánimo de reanimar los tardígrados. La observación del material vegetal se realizó cada 24 horas; los resultados de las dos submuestras se unieron debido al número bajo de especímenes.

Las muestras húmedas se colocaron dentro de cajas de Petri, siendo luego desmenuzadas y exprimidas para observarlas al estereomicroscopio; la extracción se realizó mediante el uso de pipetas pasteur plásticas, con las que se separaron los individuos del medio acuoso, transfiriéndolos a láminas porta objetos, para ser colectados con una argolla elaborada por los autores, similar a las Irwin's loop, para ser fijados en el medio de Hoyer. Los montajes se etiquetaron y se dejaron secar durante un mes para sellarlos con cemento epóxico.

Para la observación de los caracteres taxonómicos tales como armadura bucal, morfología de la cutícula, uñas y huevos, se utilizó el equipo de microscopía de contraste de fase y equipo de microfotografía MC 80 Axiolab, del laboratorio de Genética de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander. Las observaciones se realizaron a 10, 40 y 100 aumentos.

Como las medidas de las estructuras juegan un papel importante en la discriminación de especies, se midieron las siguientes estructuras en mm: longitud total, tomada desde el extremo más anterior hasta el extremo posterior, excluyendo el cuarto par de patas; ancho del tubo bucal; longitud del tubo bucal, tomada desde el borde inferior, excluyendo la apófisis, hasta el borde inferior de la boca; boca; sitio de inserción del estilete medido desde el extremo superior del tubo bucal hasta el sitio de inserción; longitud de cada uno de los macroplacoides y los microplacoides; longitud de las uñas del cuarto par de patas. Para las mediciones se emplearon dos micrómetros adaptados a los microscopios Nikon Alphaphot. Basados en estos caracteres se elaboró la clave dicotómica.

Para la identificación de los tardígrados se siguieron las claves y descripciones de

Marcus (1936, 1959), Schuster y Grigarick (1965), Argue (1971), Grigarick *et al.* (1983), Kristensen (1987), Nelson y Higgins (1990), Nelson (1974, 1991) y Bertolani y Rebecchi (1993).

**Análisis estadístico.** Para probar la hipótesis de que existen diferencias en la composición de tardígrados en las estaciones de muestreo se realizó un análisis de similitud basado en los datos de presencia – ausencia de especies de tardígrados en cada una de las estaciones. Esta matriz de datos se analizó mediante la aplicación del método de agrupamiento de Ward y distancias euclidianas cuadráticas del programa Statistica versión 4.0, generando un dendrograma de similitud de estaciones.

### Resultados y Discusión

**Musgos donde se encontraron tardígrados en las cuatro estaciones de muestreo.** La estación que aporta más especies de musgos como sustrato para los tardígrados es la número dos, correspondiente al bosque de cipreses, con un total de ocho especies de musgos (Tabla 1). Al parecer este tipo de bosque representa un buen sustrato para los musgos a pesar de ser el ciprés una especie introducida (*Cupressus lusitanica*); la estación número uno representa el segundo lugar en aporte de musgos como sustrato para tardígrados, con un total de tres especies, siendo ésta un relicto de bosque de pinos que ha venido desapareciendo y está siendo reemplazado por bosque secundario. A pesar de que la estación número tres, "La Judía", conserva parte de su cobertura vegetal original, muestra un alto grado de intervención. En lo referente a los musgos colectados, sólo dos especies contribuyeron como sustrato para los tardígrados. La estación número cuatro, caracterizada por ser un bosque de pinos (*Pinus patula*), posee dos especies de musgos donde se albergan los tardígrados (Tabla 1).

**Especies de tardígrados.** En las cuatro estaciones de muestreo de la Reserva El Diviso se encontraron 14 especies de tardígrados, de las cuales 13 corresponden a la clase Eutardigrada y una a la clase Heterotardigrada, con un total de tres órdenes, ocho géneros y cinco familias.

**Tabla 1.** Especies de musgos que albergan tardígrados en "El Diviso"

Especies de Musgos	Estación 1 Pinos 1795-1800 msnm	Estación 2 Cipreses 1850 msnm	Estación 3 Cerro La Judía 2000-2010 msnm	Estación 4 Pinos 1970 msnm
<i>Lepyrodon tomentosus</i>	0	1	1	0
<i>Thuidium peruvianum</i>	0	1	0	0
<i>Lepidopilum brevipes</i>	0	1	0	0
<i>Hypopterygium tamariscinum</i>	1	0	0	0
<i>Fabronia ciliaris</i>	1	0	0	0
<i>Cryphaea patens</i>	0	1	0	0
<i>Prionodon cf. lycopodioides</i>	0	1	0	0
ND 1	1	0	0	0
<i>Thamnobryum fasciculatum</i>	0	1	0	0
ND 3	0	1	0	0
<i>Campylopus densicoma var. densicoma</i>	0	1	1	1
<i>Sematophyllum insularum</i>	0	0	0	1
<b>Total especies</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

De las 14 especies encontradas, siete son nuevos registros para Colombia: *Macrobiotus islandicus*, *M. richtersi*, *M. areolatus*, *M. cf. occidentalis*, *Minibiotus intermedius* (género nuevo para Colombia), *Isohypsibius prosostomus* y *Calohypsibius verrucosus*; dos especies no determinadas de dos géneros: uno nuevo para Colombia: *Itaquiscon* y el otro *Hypsibius*; y una nueva familia para Colombia, Calohypsibidae.

A continuación se presentan las descripciones de las 14 especies de tardígrados halladas y, posteriormente, una clave dicotómica que permite discernir géneros y especies de tardígrados en la Reserva El Diviso.

Un ejemplar de cada una de las especies descritas se depositó en la colección de invertebrados del Instituto de Ciencias Naturales (ICN-MHN) de la Universidad Nacional de Colombia y está en proceso de catalogación por parte de la profesora Martha Rocha.

#### CLASE HETEROTARDIGRADA

Apéndices cefálicos presentes, cirro lateral A comprimido. En el bulbo no se aprecian los placoides separados y diferenciados uno del otro.

#### ORDEN ECHINISCOIDEA

Las uñas están insertadas en una minúscula papila en el extremo posterior de la pata. No presentan cirros medios.

#### Familia Echiniscidae Thulin, 1928

Echiniscoidea sin receptáculo seminal. Placas dorsales presentes. Adultos con cuatro uñas en cada pata. Semiacuáticos – terrestres. Criptobiosis presentada por la mayoría de los géneros.

##### 1. *Pseudechiniscus novaezeelandiae* (Richters), 1908

Especímenes examinados: 5; láminas JN020, JN027, JN028, JN032; una muda con dos huevos, lámina JN056.

Longitud de los especímenes entre 153.6  $\mu\text{m}$  y 187.2  $\mu\text{m}$ . Coloración rojiza. Espuela presente en las uñas internas de las patas. Granulación cuticular fina. Longitud de las uñas entre 7.2  $\mu\text{m}$  y 9.6  $\mu\text{m}$ , la cual varía de acuerdo con el tamaño del cuerpo. La observación de las placas dorsales de los especímenes es difícil. La muda encontrada tiene una longitud de 144  $\mu\text{m}$  y las uñas del 4º par de patas de 9.6  $\mu\text{m}$ . Dentro de la muda se encontraron dos huevos lisos, el primero de ellos con un diámetro de 52.2  $\mu\text{m}$  y el segundo con un diámetro de 52.8  $\mu\text{m}$  (Fig. 1, A, B y C).

Colectados en los musgos: *Fabronia ciliaris*, *Cryphaea patens*, *Lepidopilum brevipes*, *Lepyrodon tomentosus*.

#### CLASE EUTARDIGRADA

Sin apéndices cefálicos incluyendo el cirro A; no presentan armaduras. Diplouña dife-

renciada en una rama principal y una rama secundaria.

#### ORDEN PARACHELA

Sin papilas cefálicas, las ramas principal y secundaria de la uña están unidas para formar una pidlouña.

#### Familia Macrobiotidae Thulin 1928

Las especies pertenecientes a esta familia presentan un tubo bucal rígido, seguido por una barra fuerte; sólo el género *Pseudodiphascon* tiene tubo bucal flexible; bulbo faríngeo con placoides y un par de uñas dobles en cada pata con la ramificación principal y secundaria en la secuencia 2-1-1-2.

##### 2. *Macrobiotus hufelandii* Schultze, 1834

Especímenes examinados: 4; láminas JN008, JN016, JN035, JN038.

Individuos con cutícula lisa, transparentes, longitud desde 199.5  $\mu\text{m}$  hasta 380  $\mu\text{m}$ ; apó-

fisis prominente; dos sets de macroplacoides en forma de bacilo, el primero más largo que el segundo, tercer macroplacode ausente, microplacoides presentes, uñas en forma de "Y" con puntas accesorias en la rama principal, con lúnula; longitud de las uñas 2.4  $\mu\text{m}$  - 12  $\mu\text{m}$  (Fig. 1, D).

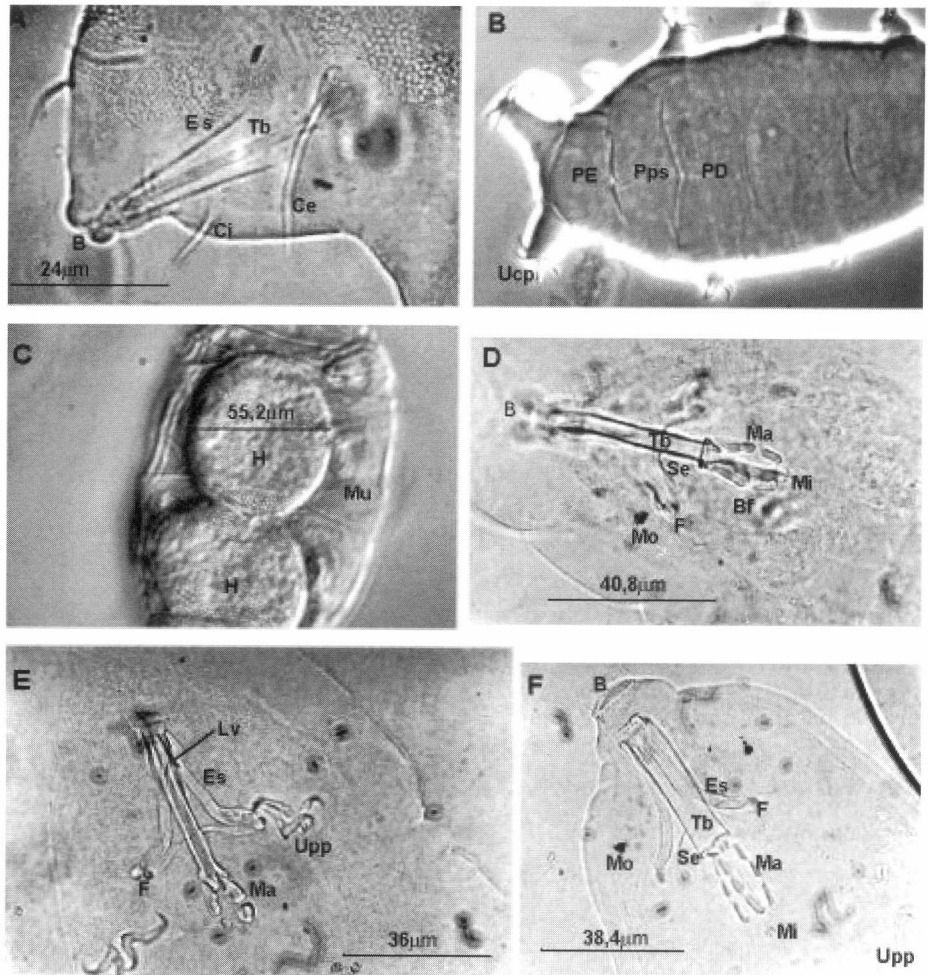
Colectados en los musgos: *Lepyrodon tomentosus*, *Thamnobryum fasciculatum* y uno no determinado (ND1).

##### 3. *Macrobiotus islandicus* Richters, 1903

Nuevo registro para Colombia.

Especímenes examinados: 4; láminas JN009, JN010, JN011, JN018.

Individuos con cutícula lisa, transparentes, longitud desde 256.5  $\mu\text{m}$  hasta 351.5  $\mu\text{m}$ , faringe discretamente oval piriforme, apófisis prominente; dos sets de macroplacoides, el primero más largo que el segundo con una depresión en la mitad dándole una for-



**Figura 1.** *Pseudechiniscus novaezeelandiae*, **A**, Cabeza, contraste de fase, 100X; **B**, Placas dorsales, contraste de fase, 40X; **C**, Exuvia y huevos, contraste de fase, 40X. *Macrobiotus hufelandii*, **D**, Aparato bucal, microscopía óptica, 40X. *Macrobiotus islandicus*, **E**, Aparato bucal, microscopía óptica, 40X. *Macrobiotus richtersi*, **F**, Aparato bucal, microscopía óptica, 40X. B, boca; Bf, bulbo faríngeo; Ce, cirro externo; Ci, cirro interno; Es, estilete; F, furca; H, huevo; Lv, lámina ventral; Ma, macroplacode; Mi, microplacode; Mo, mancha ocular; Mu, muda o ecdisis; PD, placa D; PE, placa E; Pps, placa pseudosegmental; Se, soporte del estilete; Tb, tubo bucal; Upp, uñas primer par de patas. Fotografías de Jerez y Narváez, 2000.

ma arriñonada, tercer macroplacode ausente, microplacoides ausentes; uñas en forma de "Y" con puntas accesorias en la rama principal, con lúnula; longitud de las uñas entre 9.6  $\mu\text{m}$  y 14.4  $\mu\text{m}$  (Fig. 1, E).

Colectado en el musgo no determinado (ND1).

#### 4. *Macrobiotus richtersi* Murray, 1911

Nuevo registro para Colombia.

Especímenes examinados: 5; láminas JN001, JN002, JN019, JN055, JN057.

Individuos con cutícula lisa, transparentes, longitud desde 370.5  $\mu\text{m}$  hasta 730  $\mu\text{m}$ ; apófisis prominente, faringe con tres sets de macroplacoides el primero y el segundo ligeramente más cortos que el tercero, microplacoides presentes, puntas de los placoides redondeadas; uñas de cada pata de igual forma y tamaño, con lúnula; longitud de las uñas 12  $\mu\text{m}$  (Fig. 1, F).

Colectados en los musgos: *Hypopterygium tamariscinum*, *Fabronia ciliaris*, *Sematophyllum insularum*.

#### 5. *Macrobiotus harmsworthi* Murray, 1907

Especímenes examinados: 7; láminas JN021, JN030, JN040, JN041, JN042, JN043, JN046.

Individuos con cutícula lisa, transparentes, longitud desde 256  $\mu\text{m}$  hasta 437  $\mu\text{m}$ ; apófisis prominente; faringe con tres sets de macroplacoides el primero y el tercero más largos que el segundo, microplacoides presentes, puntas de los placoides redondeadas; longitud de las uñas del cuarto par de patas entre 7.2  $\mu\text{m}$  y 12  $\mu\text{m}$  con lúnula (Fig. 2, A).

Colectado en los musgos: *Campylopus densicoma* var. *densicoma*, *Lepyrodon tomentosus*, *Sematophyllum insularum* y uno no determinado (ND3).

Observaciones: existe gran dificultad para separar *M. harmsworthi* de *M. richtersi* en ausencia de huevos; los caracteres que determinan la diferencia se basan en la estructura del tubo bucal, *M. richtersi* presenta el tubo bucal mucho más ancho que *M. harmsworthi*.

#### 6. *Macrobiotus areolatus* Murray, 1907

Nuevo registro para Colombia.

Especímenes examinados: 2; láminas JN031, JN034.

Individuos con cutícula lisa, transparentes, longitud desde 408.5  $\mu\text{m}$  hasta 484.5  $\mu\text{m}$ ; apófisis prominente; faringe oval, los placoides ocupan las tres cuartas partes de ésta, placoides elongados más largos que anchos; tres sets de macroplacoides, microplacoides ausentes; longitud de las uñas del cuarto par de patas entre 12  $\mu\text{m}$  y 14.4  $\mu\text{m}$  con lúnula (Fig. 2, B).

Colectado en los musgos: *Lepyrodon tomentosus* y el no determinado, ND3.

#### 7. *Macrobiotus cf. occidentalis* John Murr, 1910

Nuevo registro para Colombia.

Individuos examinados: 3; láminas individuos simplexos JN039, JN047, JN048.

Individuos con cutícula granulada, longitudes desde 237.5  $\mu\text{m}$  hasta 332.5  $\mu\text{m}$ , con dos sets de macroplacoides, longitud de las uñas del cuarto par de patas entre 4.8  $\mu\text{m}$  y 7.2  $\mu\text{m}$  (Fig. 2, C).

Colectado en los musgos: *Lepyrodon tomentosus*, *Sematophyllum insularum*.

#### 8. *Minibiotus intermedius* Plate (1888)

Nuevo registro para Colombia.

Especímenes examinados: 4; láminas JN044, JN049, JN051, JN052.

Individuos con cutícula lisa, transparentes, longitud desde 120  $\mu\text{m}$  hasta 237.5  $\mu\text{m}$ ; faringe oval; tres sets de macroplacoides,

microplacoides pequeños; longitud de las uñas del cuarto par de patas 2.4  $\mu\text{m}$  - 7.2  $\mu\text{m}$ , con lúnula (Fig. 2, D).

Esta especie se caracteriza por la estructura del aparato bucal, particularmente la ubicación del soporte del estilete, localizado hacia la mitad del tubo bucal.

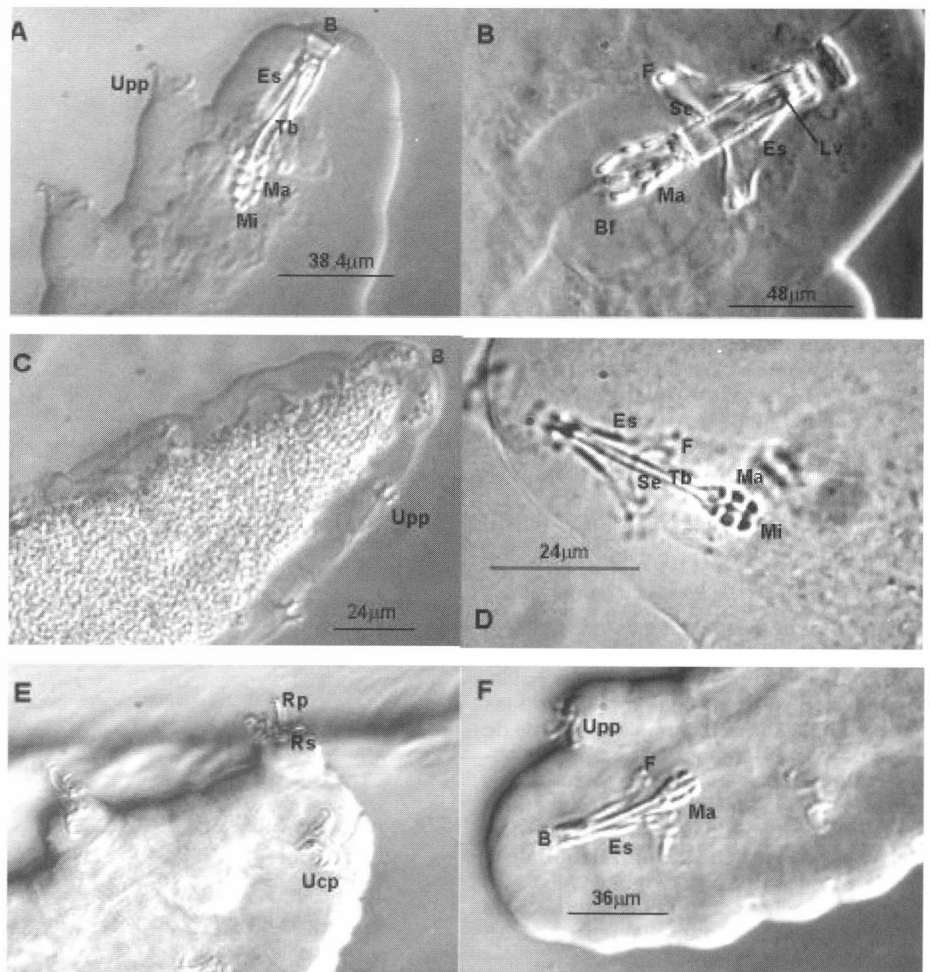
Colectado en el musgo: *Sematophyllum insularum*.

#### Familia Hypsibiidae Pilato 1969

Individuos con uñas asimétricas, particularmente con una parte basal común de las dos ramas no separadas por un septo y a menudo con una conexión flexible entre la rama principal y el resto de la uña, con secuencia 2-1-2-1. Generalmente de color blanco o transparentes.

#### 9. *Hypsibius arcticus* (John Murr) 1907

Especímenes examinados: 4; láminas, JN012, JN013, JN014, JN015.



**Figura 2.** *Macrobiotus harmsworthi*, **A**, Aparato bucal, contraste de fase, 40X; *Macrobiotus areolatus*, **B**, Aparato bucal, contraste de fase, 40X; *Macrobiotus cf. occidentalis*, **C**, Región dorsal anterior, contraste de fase, 40X; *Minibiotus intermedius*, **D**, Aparato bucal, contraste de fase, 40X; *Hypsibius arcticus*, **E**, Uñas cuarto par de patas, contraste de fase, 40X; *Hypsibius arcticus*, **F**, Aparato bucal, contraste de fase, 40X. B, boca; Bf, bulbo faríngeo; Es, estilete; F, furca; Lv, lámina ventral; Ma, macroplacode; Mi, microplacode; Se, soporte del estilete; Tb, tubo bucal; Ucp, uñas cuarto par de patas; Upp, uñas primer par de patas. Fotografías de Jerez y Narváez, 2000.

Individuos con cutícula lisa, transparentes, longitud desde 247  $\mu\text{m}$  hasta 313.5  $\mu\text{m}$ ; faringe oval; dos sets de macroplacoides el primero más largo que el segundo, microplacoides ausentes; longitud de la uña externa entre 12  $\mu\text{m}$  y 14.4  $\mu\text{m}$ , uña interna 7.2  $\mu\text{m}$ -12  $\mu\text{m}$ , con lúnula (Fig. 2, E y F).

Colectado en el musgo: No determinado 1 (ND1).

#### 10. *Hypsibius* sp. Doyère, 1840

Especímenes examinados: 5; láminas JN 003, JN 005, JN024, JN 006, JN007.

Individuos con cutícula lisa, transparentes, longitud desde 187.2  $\mu\text{m}$  hasta 266  $\mu\text{m}$ ; faringe ovalada más larga que ancha; dos sets de macroplacoides en forma de bastón, microplacoides presentes. Longitud de la uña externa entre 9.6  $\mu\text{m}$  y 14.4  $\mu\text{m}$ , uña interna entre 4.8  $\mu\text{m}$  y 9.6  $\mu\text{m}$ ; las ramas de ambas uñas unidas sólo en la base (Fig. 3, A).

Colectado en los musgos: *Hypopterygium tamariscinum*, *Prionodon cf lycopodioides*.

#### 11. *Isohypsibius prosostomus* Thulin, 1928

Nuevo registro para Colombia.

Especímen examinado: 1; lámina JN023.

Individuo con cutícula lisa, transparente, longitud 304  $\mu\text{m}$ ; faringe largo - oval; tres sets de macroplacoides, microplacoides presentes, longitud de la uña externa 7.2  $\mu\text{m}$ , uña interna 7.2  $\mu\text{m}$ . La rama secundaria de la uña externa forma un ángulo recto con la base (Fig. 3, B).

Colectado en el musgo: *Campylopus densicoma* var. *densicoma*.

#### 12. *Itaquascon* sp. Barros, 1939

Registro nuevo de Género para Colombia.

Especímen examinado: 1; lámina JN 045.

Individuo con cutícula lisa, transparente; longitud 323  $\mu\text{m}$ ; faringe larga-oval; placoides ausentes; longitud del tubo bucal 45.6  $\mu\text{m}$ ; ancho del tubo bucal 2.4  $\mu\text{m}$ ; soporte del estilete ausente; longitud de la uña externa 14.4  $\mu\text{m}$ , uña interna 9.6  $\mu\text{m}$  (Fig. 3, C).

Colectado en el musgo: *Sematophyllum insularum*.

Observaciones: esta especie se caracteriza por la presencia del tubo bucal muy largo, y por presentar el soporte del estilete pobremente desarrollado o ausente.

#### Familia Calohypsibiidae Pilato, 1969

Nueva Familia para Colombia.

Eutardígrados con uñas asimétricas en la misma pata y similares la una a la otra, del tipo denominado Calohypsibiidae que posee dos ramas fusionadas que se inician firmemente en la base y a veces con una rama secundaria muy corta.

#### 13. *Calohypsibius verrucosus* Richters, 1900

Nuevo registro para Colombia.

Especímen examinado: 1; lámina JN 026.

Individuo con numerosas verrugas que se unen para formar una banda transversal dorsal sobresaliente o pequeñas placas frecuentemente con verrugas angulares de tamaño irregular; longitud del espécimen 380  $\mu\text{m}$ ; faringe con dos sets de macroplacoides; uña externa más larga que la uña interna; longitud de la uña externa 21.6  $\mu\text{m}$ , longitud de la uña interna 9.6  $\mu\text{m}$ ; longitud de las verrugas dorsales 4.8  $\mu\text{m}$ ; longitud de las verrugas laterales 2.4  $\mu\text{m}$  (Fig. 3, D, E y F).

Colectado en el musgo: *Cryphaea patens*.

ORDEN APOCHELA

#### Familia Milnesiidae Ramazzotti, 1962

Familia compuesta por dos géneros: *Milnesium* y *Limmenius*. Los individuos de esta familia se caracterizan por presentar papilas cefálicas a un lado de la cabeza y la boca;

la faringe sin placoides; la rama principal de las uñas de todas las patas completamente separada de la rama secundaria; cada pata termina en dos ramas dobles de uñas, la rama secundaria con espuelas.

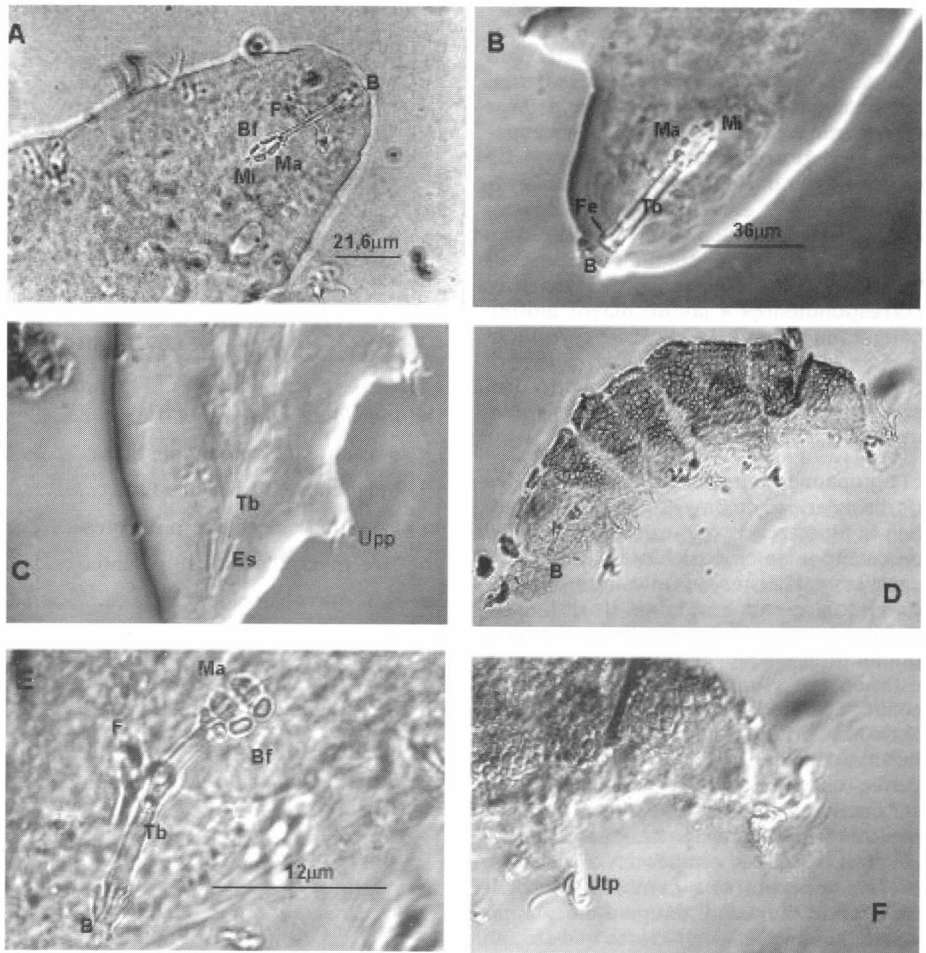
#### 14. *Milnesium tardigradum* Doyère, 1840

Especímenes examinados: 5; láminas JN 025, JN 036, JN 037, JN 050, JN 053.

Individuos con cutícula lisa, transparentes, con dos papilas laterales y seis papilas peribucales; longitud entre 370.5  $\mu\text{m}$  y 579.5  $\mu\text{m}$ ; faringe elongada; placoides ausentes; tubo bucal muy ancho, 12  $\mu\text{m}$ -24  $\mu\text{m}$ ; longitud de la uña externa 19.2  $\mu\text{m}$  - 24  $\mu\text{m}$ , uña interna 14.4  $\mu\text{m}$  - 16.8  $\mu\text{m}$  (Fig. 4, A y B).

Colectado en los musgos: *Thuidium peruvianum*, *Lepyrodon tomentosus*, *Sematophyllum insularum*, *Campylopus densicoma* var. *densicoma*.

Observaciones: La rama primaria y secundaria de cada uña doble está completamente separada, la rama primaria es larga y delgada, la rama secundaria robusta y bifurcada; se diferencia del género *Limme-*



**Figura 3.** *Hypsibius* sp. **A**, Aparato bucal, microscopía óptica, 40X; *Isohypsibius prosostomus*, **B**, Aparato bucal, contraste de fase, 40X; *Itaquascon* sp. **C**, contraste de fase, 40X; *Calohypsibius verrucosus*, **D**, Vista lateral individuo completo, contraste de fase, 40X; **E**, Aparato bucal, contraste de fase, 100X; **F**, Detalle de las verrugas, contraste de fase, 40X. B, boca; Bf, bulbo faríngeo; Es, estilete; F, furca; Fe, funda del estilete; Ma, macroplacoides; Mi, microplacoides; Se, soporte del estilete; Tb, tubo bucal; Upp, uñas primer par de patas; Utp, uñas tercer par de patas. Fotografías de Jerez y Narváez, 2000.

*nium* por la presencia de papilas peribucales y laterales, ya que *Limmenium* carece de papilas peribucales, y por la forma del aparato bucal pues en *Limmenium* es un tubo alargado y delgado mientras que en *Milnesium* es ancho y más corto.

Esta especie se caracteriza por ser depredadora; en el contenido estomacal de los individuos colectados se encontraron varios aparatos bucales (trophis) de rotíferos bdeolloideos (invertebrados acuáticos microscópicos que habitan en los musgos; presentan un cuerpo alargado de forma telescópica, divididos en una región anterior, un tronco grueso y un pie terminal; su característica principal es la presencia de un cilio cefálico a manera de corona).

### Similitud entre las estaciones de muestreo

En el análisis de similitud (Figs. 5a y 5b) se puede establecer que existen diferencias en cuanto a la composición de tardígrados; el primer grupo conformado por las estaciones uno y dos, comparten las especies de tardígrados *Pseudechiniscus novaezeelandiae*, *Macrobiotus hufelandii* e *Hypsibius* sp. y poseen especies que son propias de cada una de las estaciones como *Macrobiotus islandicus* e *Hypsibius arcticus* para la estación uno y *Macrobiotus areolatus*, *Isohypsibius prosostomus*, *Calohypsibius verrucosus* para la estación dos. La especie *Macrobiotus richtersi* se encontró en las estaciones uno y cuatro; *Milnesium tardigradum* en las estaciones dos y cuatro; *Macrobiotus harmsworthi* en las estaciones dos, tres y cuatro. El segundo grupo conformado por las estaciones tres y cuatro, correspondientes a las de mayor altitud, comparten especies como *Macrobiotus cf occidentalis* y *Macrobiotus harmsworthi*. De este grupo sólo la estación cuatro presenta especies propias: *Minibiotus intermedius* e *Itaquascon* sp.

El agrupamiento junto con los porcentajes de disimilaridad de Bray-Curtis (1957) prueban la hipótesis de que existen diferencias en cuanto a la composición de tardígrados entre las estaciones de muestreo. La estación uno presenta un 57,14% de disimilaridad con la estación dos con la que forma el primer grupo; 100% de disimilaridad con la estación tres y un 83,33% con la estación cuatro. Se aprecia que la mayoría de las estaciones poseen especies propias de tardígrados que no se encuentran en las demás estaciones. Dicha presencia puede ser ocasionada por las diferencias en composición de la vegetación arbórea de las estaciones, a la altitud como factor modificador de la temperatura, a cambios microclimáticos de humedad, temperatura y luminosidad, los cuales son factores que afectan tanto la distribución del sustrato como las especies de tardígrados que los habitan.

### Preferencia de los tardígrados por los musgos

Las especies de musgos en las que se registró el mayor número de especies de

### CLAVE DICOTÓMICA PARA LOS TARDÍGRADOS DE LA RESERVA EL DIVISO (SANTANDER)

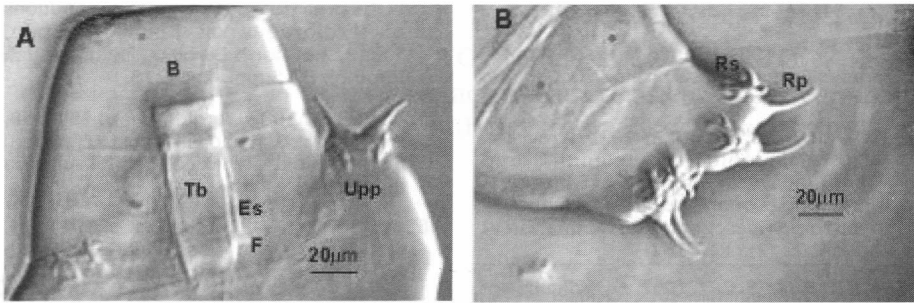
- |   |   |
|---|---|
| 1a. Cirro lateral A presente .....  | <i>Pseudechiniscus</i><br>( <i>P. novaezeelandiae</i> ) |
| 1b. Cirro lateral A ausente .....   | 2   |
| 2a. Cabeza con papilas cefálicas .....  | <i>Milnesium</i><br>( <i>M. tardigradum</i> )           |
| 2b. Cabeza sin papilas cefálicas .....  | 3   |
| 3a. Dos uñas dobles en cada pata similares en forma y tamaño<br>secuencia de las ramas 2:1:1:2 (secundaria: primaria:<br>primaria: secundaria) .....              | 4   |
| 3b. Dos uñas dobles en cada pata usualmente diferentes en forma<br>y tamaño, secuencia de las ramas 2:1:2:1 (secundaria: primaria:<br>secundaria: primaria) ..... | 5   |
| 4a. Soporte del estilete unido cerca de la mitad del tubo bucal .....   | <i>Minibiotus</i><br>( <i>M. intermedius</i> )          |
| 4b. Soporte del estilete unido en la mitad posterior del tubo bucal .....   | <i>Macrobiotus</i>                                      |
| 5a. Faringe sin placoides .....   | <i>Itaquascon</i><br>(I. sp.1)                          |
| 5b. Faringe con placoides .....   | 6   |
| 6a. Ramificaciones primaria y secundaria de las uñas<br>rígidamente conectadas, uñas de igual tamaño .....  | <i>Calohypsibius</i><br>( <i>C. verrucosus</i> )        |
| 6b. Uñas con conexión flexible entre ramificación primaria<br>y secundaria .....  | 7   |
| 7a. Rama secundaria de la uña exterior forma un ángulo recto<br>con la base común de la uña .....   | <i>Isohypsibius</i><br>( <i>I. prosostomus</i> )        |
| 7b. Rama secundaria de la uña exterior no forma un ángulo recto<br>con la base común de la uña .....  | <i>Hypsibius</i>  |

### CLAVE PARA EL GÉNERO *Macrobiotus*

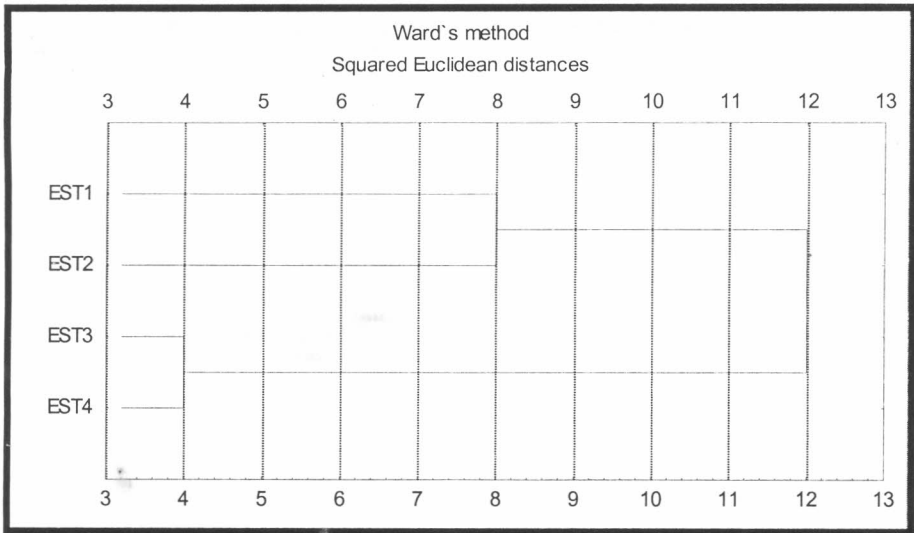
- |  |                        |
|--|------------------------|
| 1a. Individuos con granulaciones dorsales cuticulares<br>densamente distribuidas .....   | <i>M. occidentalis</i> |
| 1b. Individuos con cutícula lisa .....   | 2                      |
| 2a. Dos macroplacoides presentes .....   | 3                      |
| 2b. Tres macroplacoides presentes .....  | 4                      |
| 3a. Con microplacoides .....   | <i>M. hufelandii</i>   |
| 3b. Sin microplacoides .....   | <i>M. islandicus</i>   |
| 4a. Microplacoides presentes .....   | 5                      |
| 4b. Microplacoides ausentes .....  | <i>M. areolatus</i>    |
| 5a. Tubo bucal muy ancho; distancia del borde inferior del<br>tubo bucal al sitio de inserción de los estiletes menor o<br>igual al ancho del tubo bucal ..... | <i>M. richtersi</i>    |
| 5b. Tubo bucal delgado; distancia del borde inferior<br>del tubo bucal al sitio de inserción de los estiletes<br>mayor o igual al ancho del tubo bucal .....   | <i>M. harmsworthi</i>  |

### CLAVE PARA EL GÉNERO *Hypsibius*

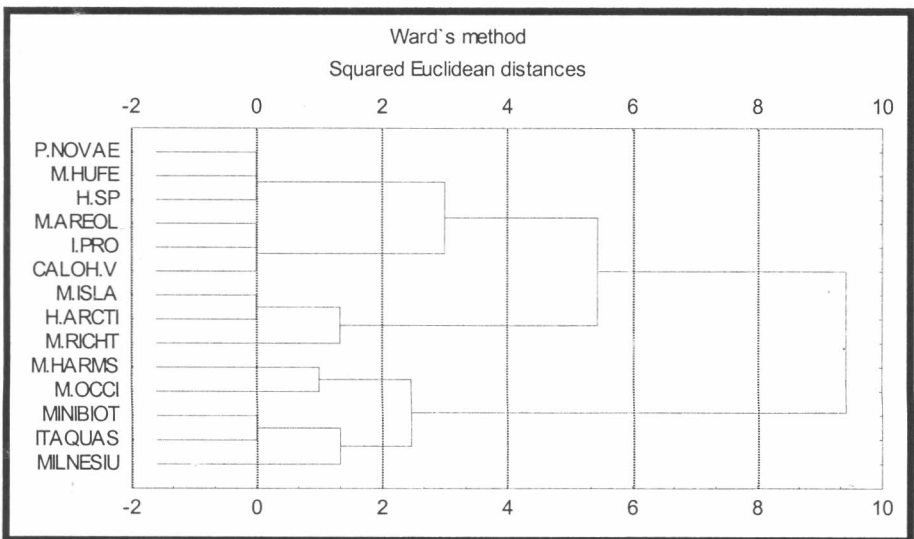
- |   |                    |
|---|--------------------|
| 1a. Individuos con microplacoides ..... | H. sp.1            |
| 1b. Individuos sin microplacoides ..... | <i>H. arcticus</i> |



**Figura 4.** *Milnesium tardigradum*. **A**, Aparato bucal, contraste de fase, 40X; **B**, Uñas cuarto par de patas, contraste de fase, 40X. B, boca; Es, estilete; F, furca; Tb, tubo bucal; Upp, uñas primer par de patas; Rp, ramificación primaria; Rs, ramificación secundaria. Fotografías de Jerez y Narváez, 2000.



**Figura 5a.** Agrupamiento de estaciones de acuerdo con la composición de tardígrados.



**Figura 5b.** Agrupamiento de especies de tardígrados de acuerdo con la presencia en las estaciones.

tardígrados son *Lepyrodon tomentosus* y *Sematophyllum insularum* con seis especies cada una. *Lepyrodon tomentosus* se encontró desde la estación dos a 1850 metros de altitud, hasta la estación tres el cerro La Judía a 2010 metros de altitud, lo

que implica que esta especie de musgo tolera condiciones de luminosidad tan opuestas como las presentadas entre la estación dos que corresponde a un bosque de cipreses abierto, que permite mayor luminosidad y exposición a las corrientes de

aire y a la deshidratación; mientras la estación tres, que es la más elevada, se caracteriza por la presencia de vegetación primaria y secundaria que forman una especie de bóveda en el dosel que impide el paso de luz, siendo éste un lugar oscuro, presentando menor exposición a las corrientes de aire y mayor humedad. La especie de musgo *Sematophyllum insularum* fue colectada en la estación cuatro a 1970 metros de altitud en un bosque de pinos. Estas dos especies de musgos presentan como características particulares el hábito pleurocárpico y células de la lámina fusiformes y lisas; esto permite establecer que tal vez para los tardígrados favorezcan su alimentación y es muy probable que el hábito pleurocárpico tenga mayor importancia en la retención de agua y por lo tanto de humedad, y dé cierta resistencia a la evaporación. Es muy importante anotar que se desconocen muchas de las sustancias producidas en el metabolismo secundario de los musgos, sustancias que pueden jugar un papel importante en la selección o preferencia de los tardígrados por un musgo determinado.

**Conclusiones**

- De las especies de tardígrados encontradas en los musgos epífitos sobre cortezas de árbol, el 57% corresponde a registros nuevos para Colombia, lo que indica que permanece sin explorar el gran potencial biológico de este tipo de invertebrados en el país.

- Las especies de musgos *Lepyrodon tomentosus* y *Sematophyllum insularum* constituyeron los mejores nichos para albergar especies de tardígrados.

- *Macrobotus harmsworthi* constituyó la especie de tardígrado común de la reserva.

- Existen diferencias en la composición de tardígrados entre las estaciones de muestreo.

- Se destacan las estaciones uno, dos y cuatro, por presentar especies propias, lo que demuestra cierto grado de distribución altitudinal, a pesar que los rangos altitudinales son cortos (70 m en promedio), lo cual produce cambios suficientes para generar hábitats específicos.

- Se presenta un comportamiento diferencial en la distribución de los tardígrados, debido a la composición de la vegetación superior que en gran parte condiciona las características microclimáticas donde se establecen los musgos; encontrándose especies propias en cada una de las estaciones, exceptuando la estación "La Judía", debido a las características de su bosque, especialmente la luminosidad baja.

- Dentro de la comunidad de tardígrados en musgos lignícolas de la Reserva El Diviso se presentan especies generalistas y especialistas en el uso de estos nichos.

- Las comunidades de briófitos representan un alto potencial como microecosis-

temas ecológicos, pues es este estudio aunque sólo se tuvieron en cuenta los tardígrados, también se aprecian componentes importantes en esta red trófica como son los rotíferos bdelloideos, gastrotricos, nemátodos, protozoos y artrópodos, estos últimos pueden ser vectores de organismos patógenos como bacterias u hongos para los animales o las plantas, ya que llevan a cabo alguna fase de su ciclo biológico en los musgos que en cierta medida los protege de los mecanismos de control por insecticidas, por lo que el conocimiento de su hábitat y su interrelación con los briófitos puede ser de gran importancia económica como lo plantean Delgadillo y Cárdenas (1990).

### Agradecimientos

Los autores expresan agradecimientos a la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) por conceder el permiso para trabajar en la Reserva El Diviso, al Decanato de la Facultad de Ciencias de la Universidad Industrial de Santander (UIS) por las gestiones realizadas para acceder al uso de equipos, al personal del laboratorio de genética de la Facultad de Salud de la UIS por el préstamo del microscopio de contraste de fase y equipo de fotografía, al laboratorio de Paleontología y Sedimentaria de la Escuela de Geología UIS por facilitar sus equipos de medición y muy especialmente a los doctores Diane Nelson, East Tennessee State University (USA) por sus recomendaciones y material bibliográfico suministrado y Roberto Bertolani, Università Degli Studi Di Modena (Italia) por la ayuda en la determinación de algunos especímenes, material bibliográfico y sugerencias para la realización de esta investigación.

### Literatura citada

- ARGUE, C. W. 1971. Some terrestrial tardigrades from new New Brunswick, Canadá. *Can. J. Zool.* 49: 401-415.
- 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. Great Britain.* 22 (2): 127-152.
- BRAY, J. R.; CURTIS, C. T. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325-49.
- CHURCHILL, S.; LINARES, E. 1995. *Prodromus Bryologiae Novo - Granatensis*. Introducción a la flora de musgos de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia. Editora Guadalupe. Santafé de Bogotá. 924 p.
- DELGADILLO, M. C.; CÁRDENAS, S. Ma. 1990. *Manual de Briofitas*. Segunda edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. México, D.F. (Eds). San Diego, State Univ. Press. 134 p.
- GOEZE, J. A. E. 1773. *Ueber den kleinen wasserbär*. *Abh. a. d. Insektologie*, Halle.
- GRIGARICK, A. A.; SCHUSTER, R. O.; NELSON, R. D. 1983. Heterotardigrada of Venezuela (Tardigrada). *The Pan - Pacific Entomologist* 59 (1-4): 64-77.
- KRISTENSEN, R. M. 1987. Generic revision of the Echiniscidae (Heterotardigrada), with a discussion of the origin of the family. p 261-335. En: Bertolani, R. (ed.) *Biology of Tardigrades. Selected Symposia and Monographs U.Z.I; Mucchi, Modena, Italia.*
- MARCUS, E. 1936. *Arthropoda Tardigrada*. Walter de Gruyter & Co. Berlin. 341 p.
- MARCUS, E. 1959. Tardigrada. p 509-521. En: Edmonson's *Fresh - Water Biology*. Wiley and Sons, New York.
- NELSON, D. R. 1974. Ecological distributions of tardigrades on Roan Mountain, Tennessee- North Carolina. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 32 Suppl: 225-276.
- NELSON, D. R. 1982. Tardigrada. p. 154-158. En: Hulbert, S. H and Villalobos - Figueroa. *Aquatic Biota of México, Central America and the West Indies.*
- NELSON, D. R. 1991. Tardigrada. p. 501- 521. En: *Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates*. Edit. Academic Press, Inc.
- NELSON, D. R.; HIGGINS, P. R. 1990. Tardigrada. p. 393-419. En: Daniel L. Dindal. Editor. *Soil Biology Guide*. Jhon Wiley & Sons, Inc.
- RAMAZZOTTI, G. 1972. Il Phylum tardigrada. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 28: p 1-732.
- RAMAZZOTTI, G.; MAUCCI, W. 1982. A History of tardigrades taxonomy. En: Nelson, R. D. (ed) *Proceedings of the Third International Symposium on the Tardigrada*. East Tennessee State University Press. Johnson City, Tennessee, USA.
- RANGEL, J. O.; STURM, H. 1994. Consideraciones sobre la vegetación, la productividad primaria neta y la artropofauna asociada en regiones paramunas de la cordillera Oriental. p. 47-70. En: Mora-Osejo, L.E. y Sturm, H. (eds.). *Estudios Ecológicos del Páramo y del Bosque Altoandino Cordillera Oriental de Colombia*. Editora Guadalupe, Bogotá.
- SCHOFIELD, W. B. 1985. *Introduction to Bryology*. Macmillan Publishing Company, New York. 430 p.
- SCHUSTER, O. R.; GRIGARICK, A. L. 1965. Tardigrada from Western North America. With Emphasis on the Fauna of California. University of California Publications. *Zoology* 76: 1-67.

Recibido: Jun. 30 / 2001

Acceptedo: Mar. 25 / 2002