



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA**  
**SISTEMÁTICA**

**DIVERSIDAD Y TAXONOMÍA DEL PHYLUM TARDIGRADA EN MUSGOS DEL**  
**PARQUE NACIONAL LA MALINCHE, EN EL MUNICIPIO DE IXTENCO,**  
**TLAXCALA**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**BERNARDO DANIEL LÓPEZ SANDOVAL**

**TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: DRA. TILA MARÍA PÉREZ ORTIZ**  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

**COMITÉ TUTOR: DR. OSCAR F. FRANCKE BALLVÉ**  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

**DRA. MARÍA DEL CARMEN GUZMÁN CORNEJO**  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

**CD. MX.**

**NOVIEMBRE, 2019**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

ENTIDAD INSTITUTO DE BIOLOGIA

OFICIO CPCB/1135/2019

ASUNTO: Oficio de Jurado

M. en C. Ivonne Ramírez Wence  
Directora General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Subcomité Ecología, Manejo Integral de Ecosistemas, Biología y Sistemática del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **26 de agosto de 2019** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de **SISTEMÁTICA** del estudiante **LÓPEZ SANDOVAL BERNARDO DANIEL** con número de cuenta **302111129** con la tesis titulada **"Diversidad y taxonomía del Phylum Tardigrada en musgos del Parque Nacional La Malinche, en el Municipio de Ixtenco, Tlaxcala"**, realizada bajo la dirección de la **DRA. TILA MARÍA PÉREZ ORTÍZ**, quedando integrado de la siguiente manera:

Presidente: DR. CLAUDIO DELGADILLO MOYA  
Vocal: M. EN C. GRISELDA MONTIEL PARRA  
Secretario: DR. OSCAR FEDERICO FRANCKE BALLVÉ  
Suplente: DRA. ROSA GABRIELA CASTAÑO MENESES  
Suplente: DR. JUAN JOSÉ MORRONE LUPI

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"**  
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 22 de octubre de 2019

**COORDINADOR DEL PROGRAMA**



**DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA**



c. c. p. Expediente del alumno

## **Agradecimientos institucionales**

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por permitirme llevar a cabo mis estudios y por brindarme todo el apoyo necesario para la realización de la maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado mediante la beca 854233, para cubrir los gastos necesarios durante mis estudios de maestría.

Al Programa de Apoyo a Estudiantes de Posgrado (PAEP), por el apoyo económico otorgado para mi asistencia al 14th International Symposium on Tardigrada, en Copenhague, Dinamarca. Evento crucial para mi formación académica.

A mi tutora principal, la Dra. Tila Maria Pérez Ortiz por la asesoría y por todo el apoyo otorgado a lo largo de la realización del proyecto y por impulsar mi desarrollo profesional y académico.

A los miembros de mi comité tutor el Dr. Oscar F. Francke Ballvé y la Dra. María del Carmen Guzmán Cornejo por sus consejos y por sus valiosos comentarios, los cuales contribuyeron de manera esencial para mejorar mi proyecto.



## **Agradecimientos a título personal**

A la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirme las puertas a esta gran casa de estudios.

Al Dr. Claudio Delgadillo, la M. en C. Griselda Montiel, el Dr. Oscar Francke, la Dra. Gabriela Castaño y al Dr. Juan José Morrone, miembros del jurado que me fue asignado, por su apoyo brindado para revisar el presente manuscrito y por sus valiosos comentarios, los cuales contribuyeron de manera fundamental para el escrito final de mi tesis.

A la Dra. Tila María Pérez por aceptarme como alumno de la CNAC y por el gran apoyo y las facilidades otorgadas en el laboratorio durante el transcurso de mis estudios de maestría.

A la M. en C. Griselda Montiel por la confianza, la paciencia, por su valioso tiempo y por todo el apoyo brindado durante la realización de mi proyecto.

Al Dr. Claudio Delgadillo por abrirme las puertas de su laboratorio y de la Colección de Briofitas, y por brindarme parte de su valioso tiempo.

Al Dr. Łukasz Kaczmarek por la ayuda, los comentarios y por todos los consejos recibidos durante mi proyecto de maestría y por contribuir a mi formación en el estudio de los tardígrados.

Al Dr. Alejandro Valdez por su asistencia durante las recolectas realizadas en La Malinche.

A la M. en C. Berenit Garfias por la asistencia para la toma de fotografías en el Microscopio Electrónico de Barrido.

A mis compañeros de la CNAC y CNAN por las observaciones y los consejos otorgados durante la realización de mi proyecto.

A mis padres Berna y Lulú, por su tiempo, apoyo y consejos, los cuales siempre han sido imprescindibles para mí, pues han contribuido de manera esencial para mi formación personal y profesional.

A mi hermana Dalia, por todo el apoyo que me has dado desde el inicio, la confianza, tu amistad, tu compañía, por tus grandes consejos que siempre ha sido muy valiosos para mí y compartir tantos momentos conmigo.

Gracias Monse, por tus comentarios y observaciones que siempre fueron de gran ayuda, pero sobre todo, gracias por la confianza y tu gran amistad.

Gracias Liz Izzie, por llegar en el momento adecuado y compartir tu tiempo y tus locuras conmigo.

A mis padres y a mi hermana.

## Índice general

<b>Resumen</b>	1
<b>Abstract</b>	2
<b>1. Introducción</b>	3
1.1. Generalidades	3
1.2. Importancia de los tardígrados	3
1.3. Clasificación	4
1.4. Especificidad de los tardígrados hacia los sustratos	5
<b>2. Antecedentes</b>	5
<b>3. Objetivos</b>	7
3.1. General	7
3.2. Particulares	7
<b>4. Materiales y método</b>	8
4.1. Zona de estudio	8
4.2. Trabajo de campo	8
4.3. Trabajo de gabinete	10
4.4. Identificación de los ejemplares de tardígrados y musgos	11
4.5. Estudio taxonómico de las especies de tardígrados encontradas	13
4.6. Descripción de la distribución de las especies de tardígrados en los gradientes altitudinales	13
<b>5. Resultados</b>	15
5.1. Musgos	15
5.2. Tardígrados	17
5.3. Asociación tardígrado-musgo	23
5.4. Diagnóstico de las especies de tardígrados encontradas en el Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala	26
5.5. Clave para las especies de tardígrados del Parque Nacional La Malinche	108
<b>6. Discusión</b>	110
6.1. Diversidad de musgos	110
6.2. Diversidad de tardígrados	110
6.2.1. Tardígrados con registros previos para México	111
6.2.2. Tardígrados que son nuevos registros para México	113
6.2.3. Especies nuevas para la ciencia	117
6.2.4. Especies identificadas a nivel genérico	117
6.2.5. Taxonomía integrativa	118
6.3. Asociación tardígrados-musgos	118

6.4. Diversidad y altitud	120
<b>7. Conclusiones</b>	122
<b>8. Perspectivas a futuro</b>	124
<b>9. Literatura Citada</b>	125
<b>Anexo I.</b> Listado de las especies registradas para México, con información de su distribución, sustratos asociados y datos biogeográficos	135

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Zona de estudio en el parque Nacional La Malinche, indicando los tres sitios y sus altitudes	8
<b>Figura 2.</b> Sitios de muestreo en el parque Nacional La Malinche	9
<b>Figura 3.</b> Ilustración esquemática de rasgos morfométricos en animales y huevos	12
<b>Figura 4.</b> Ilustración esquemática de la morfología de heteotardígrados	13
<b>Figura 5.</b> Riqueza de musgos y tardígrados en los tres sitios	20
<b>Figura 6.</b> <i>Milnesium beasleyi</i>	28
<b>Figura 7.</b> <i>Milnesium longiungue</i>	31
<b>Figura 8.</b> <i>Milnesium tardigradum tardigradum</i>	34
<b>Figura 9.</b> <i>Milnesium</i> sp. nov.	37
<b>Figura 10.</b> <i>Diphascon ongulense</i>	41
<b>Figura 11.</b> <i>Hypsibius dujardini</i>	44
<b>Figura 12.</b> <i>Adropion scoticum scoticum</i>	48
<b>Figura 13.</b> <i>Platicrista angustata</i>	51
<b>Figura 14.</b> <i>Pilatobius oculatus oculatus</i>	54
<b>Figura 15.</b> <i>Ramazzottius baumanni</i>	57
<b>Figura 16.</b> <i>Ramazzottius oberhauseri</i>	60
<b>Figura 17.</b> <i>Ramazzottius</i> sp. nov.	64
<b>Figura 18.</b> <i>Isohypsibius</i> sp.	67
<b>Figura 19.</b> <i>Macrobiotus hufelandi</i>	71
<b>Figura 20.</b> <i>Macrobiotus</i> grupo <i>hufelandi</i> sp.	75
<b>Figura 21.</b> <i>Mesobiotus simulans</i>	79
<b>Figura 22.</b> <i>Minibiotus formosus</i>	83
<b>Figura 23.</b> <i>Paramacrobiotus</i> ( <i>Paramacrobiotus</i> ) <i>gerlachae</i>	88
<b>Figura 24.</b> <i>Paramacrobiotus</i> ( <i>Paramacrobiotus</i> ) <i>magdalenae</i>	92
<b>Figura 25.</b> <i>Echiniscus sylvanus</i>	97
<b>Figura 26.</b> <i>Echiniscus merokensis merokensis</i>	110
<b>Figura 27.</b> <i>Pseudechiniscus facettalis</i>	103
<b>Figura 28.</b> <i>Pseudechiniscus spinerectus</i>	106



## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Muestras de musgos recolectadas y procesadas	15
<b>Tabla 2.</b> Musgos recolectados en el Parque Nacional La Malinche	16
<b>Tabla 3.</b> Asociación de especies de musgo en una misma muestra	17
<b>Tabla 4.</b> Presencia y ausencia de tardígrados en las muestras de musgos	18
<b>Tabla 5.</b> Diversidad de tardígrados encontrados en los musgos del Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala	20
<b>Tabla 6.</b> Presencia y ausencia de las especies en los tres sitios estudiados	21
<b>Tabla 7.</b> Número de ejemplares de tardígrados del Parque Nacional La Malinche, por sitio y evento de recolecta	22
<b>Tabla 8.</b> Asociación de tardígrados con especies de musgo asociadas en una misma muestra	24
<b>Tabla 9.</b> Especies de musgo en una sola muestra y tardígrados asociados a diferentes altitudes	25
<b>Tabla 10.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Milnesium beasleyi</i>	29
<b>Tabla 11.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Milnesium longiungue</i>	32
<b>Tabla 12.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Milnesium tardigradum tardigradum</i>	35
<b>Tabla 13.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Milnesium</i> sp. nov.	38
<b>Tabla 14.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de ejemplares y estructuras de <i>Diphascon ongulense</i>	42
<b>Tabla 15.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de ejemplares y estructuras de <i>Hypsibius dujardini</i>	45
<b>Tabla 16.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de ejemplares y estructuras de <i>Adropion scoticum scoticum</i>	49
<b>Tabla 17.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de ejemplares y estructuras de <i>Platicrista angustata</i>	52
<b>Tabla 18.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de ejemplares y estructuras de <i>Pilatobius oculatus oculatus</i>	55
<b>Tabla 19.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Ramazottius baumanni</i>	58
<b>Tabla 20.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Ramazottius oberhaeuseri</i>	61

<b>Tabla 21.</b> Mediciones de los huevos y estructuras del huevo de <i>Ramazzottius oberhaeuseri</i>	62
<b>Tabla 22.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Ramazzottius</i> sp. nov.	65
<b>Tabla 23.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Isohypsibius</i> sp.	68
<b>Tabla 24.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Macrobiotus hufelandi</i>	72
<b>Tabla 25.</b> Mediciones de los huevos de <i>Macrobiotus hufelandi</i>	73
<b>Tabla 26.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Macrobiotus</i> grupo <i>hufelandi</i> sp.	76
<b>Tabla 27.</b> Mediciones de los huevos de <i>Macrobiotus</i> grupo <i>hufelandi</i> sp.	77
<b>Tabla 28.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Mesobiotus simulans</i>	80
<b>Tabla 29.</b> Mediciones de los huevos de <i>Mesobiotus simulans</i>	81
<b>Tabla 30.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Minibiotus formosus</i>	84
<b>Tabla 31.</b> Mediciones de los huevos de <i>Minibiotus formosus</i>	85
<b>Tabla 32.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Paramacrobiotus</i> ( <i>P.</i> ) <i>gerlachae</i>	89
<b>Tabla 33.</b> Mediciones los huevos de <i>Paramacrobiotus</i> ( <i>P.</i> ) <i>gerlachae</i>	90
<b>Tabla 34.</b> Mediciones y valores de <i>pt</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Paramacrobiotus</i> ( <i>P.</i> ) <i>magdalena</i>	93
<b>Tabla 35.</b> Mediciones los huevos de <i>Paramacrobiotus</i> ( <i>P.</i> ) <i>magdalena</i>	94
<b>Tabla 36.</b> Mediciones y valores de <i>sc</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Echiniscus sylvanus</i>	98
<b>Tabla 37.</b> Mediciones y valores de <i>sc</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Echiniscus merokensis merokensis</i>	101
<b>Tabla 38.</b> Mediciones y valores de <i>sc</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Pseudechiniscus facettalis</i>	104
<b>Tabla 39.</b> Mediciones y valores de <i>sc</i> de estructuras morfológicas de los ejemplares de <i>Pseudechiniscus spinerectus</i>	107

## Resumen

Los tardígrados son animales microscópicos que comúnmente son conocidos como osos de agua, debido a su apariencia de oso, patas con garras y marcha lenta y pesada. Estos micrometazoos se encuentran en una gran variedad de hábitats marinos, dulceacuícolas, y terrestres. El phylum Tardigrada actualmente se clasifica en cuatro clases: Apotardigrada, Heterotardigrada, Eutardigrada y Mesotardigrada. A la fecha, se han descrito más de 1200 especies de tardígrados de las cuatro clases, las cuales se han registrado tanto en hábitats marinos, de agua dulce, como terrestres. La diversidad de este Phylum en México está representada por 49 especies (41 terrestres, cinco de ambientes marinos y tres de ambientes dulceacuícolas). Sin embargo, algunas especies son dudosas y necesitan confirmación. De las 32 entidades federativas, solo diez presentan registros, lo cual indica que la fauna de tardígrados de México, aún está lejos de ser bien conocida. El presente estudio se llevó a cabo en el Parque Nacional La Malinche, con una vegetación predominante de bosque de oyamel, pino y encino, y donde no existen registros previos de tardígrados. Se recolectaron 51 muestras de musgos en tres sitios a diferentes altitudes en septiembre de 2016 y agosto de 2017, de las cuales 17 presentaron asociación desde dos hasta cuatro especies de musgos. En total, fueron registradas 17 familias, 23 géneros y 37 especies. Las familias que presentaron mayor riqueza fueron Pottiaceae y Bryaceae. En cuanto a los tardígrados, tres clases, tres órdenes, seis familias, 14 géneros y 23 especies fueron identificados de un total de 878 ejemplares y 78 huevos. Se elaboró la diagnosis de cada una de las especies encontradas, incluyendo fotografías y datos morfométricos, así como una clave de determinación. Todas las especies representan nuevos registros para el estado de Tlaxcala, y las especies *Adropion scoticum scoticum*, *Diphascon ongulense*, *Echiniscus merokensis merokensis*, *Echiniscus sylvanus*, *Hypsibius dujardini*, *Mesobiotus simulans*, *Milnesium beasleyi*, *Milnesium longiungue*, *Minibiotus formosus*, *Paramacrobotus (Paramacrobotus) gerlachae*, *P. (Paramacrobotus) magdalenae*, *Pilatobius oculatus oculatus*, *Platicrista angustata*, y *Pseudechiniscus spinerectus*, representan nuevos registros para el país. Las especies *P. (Paramacrobotus) gerlachae*, *P. (Paramacrobotus) magdalenae* y *P. spinerectus* representan nuevos registros para Norteamérica y las especies *M. beasleyi*, *M. longiungue*, *M. simulans*, y *M. formosus* representan nuevos registros para el continente americano. Adicionalmente, se encontraron dos especies nuevas para la ciencia, pertenecientes a los géneros *Milnesium* y *Ramazzottius*. La mayor diversidad de tardígrados se presentó en el sitio 2 con 18 especies, seguido del sitio 3 con 17 especies y finalmente el sitio 1 con siete especies. Con los resultados obtenidos, Tlaxcala se convierte en el estado con mayor diversidad de tardígrados para el país, con 23 especies registradas. A pesar de su importancia biológica y su potencial en otras áreas como la biomedicina y la biotecnología, existen muy pocos avances en el conocimiento de la diversidad de tardígrados en México. Es necesario continuar con el estudio de los tardígrados en el estado de Tlaxcala, así como en las entidades del país donde no se han realizado ningún tipo de investigación sobre este grupo, con el fin de realizar un análisis de su diversidad y de su composición a diferentes altitudes para así entender cómo es que estos organismos difieren entre los distintos microhábitats.

## Abstract

Tardigrades are microscopic animals commonly known as water bears, due to their bear-like appearance, legs with claws and slow lumbering gait. These micrometazoans are found in a wide variety of marine, freshwater, and terrestrial habitats. The phylum Tardigrada is currently classified into four classes: Apotardigrada, Heterotardigrada, Eutardigrada and Mesotardigrada. To date, more than 1200 species of tardigrades of the four classes have been described, which have been recorded in marine, freshwater and terrestrial habitats. The diversity of this phylum in Mexico is represented by 49 species (41 terrestrial, five from marine environments, and three from freshwater environments). However, there are few publications related to Mexican tardigrades; some species are doubtful and need confirmation. Of the 32 federative entities, only ten present records, which indicates that Mexico's tardigradological fauna is still far from being well-known. This study was carried out in La Malinche National Park, with a predominant vegetation of fir, pine, and oak forests, where there are no previous records of tardigrades. Fifty-one moss samples were collected at three sites at different altitudes in September 2016 and August 2017. Seventeen of them were associated with two to four species of mosses. In total, 17 families, 23 genera, and 37 species of mosses were registered. Moss families with the greatest wealth were Pottiaceae and Bryaceae. As regards to tardigrades, three classes, three orders, six families, 14 genera, and 23 species were identified from a total of 878 specimens and 78 eggs. Diagnosis for each species found was elaborated including photographs and morphometric data along with a determination key. All species represent new records for the state of Tlaxcala, and *Adropion scoticum scoticum*, *Diphascion ongulense*, *Echiniscus merokensis merokensis*, *Echiniscus sylvanus*, *Hypsibius dujardini*, *Mesobiotus simulans*, *Milnesium beasleyi*, *M. longiungue*, *Minibiotus formosus*, *Paramacrobotus (Paramacrobotus) gerlachae*, *P. (Paramacrobotus) magdalenae*, *Pilatobius oculatus oculatus*, *Platicrista angustata*, and *Pseudechiniscus spinerectus* are new records for the country. *P. (Paramacrobotus) gerlachae*, *P. (Paramacrobotus) magdalenae*, and *P. spinerectus* represent new records for North America and the species *M. beasleyi*, *M. longiungue*, *M. simulans*, and *M. formosus* are new records for the Americas. Additionally, two species new to science were found belonging to the genera *Milnesium* and *Ramazottius*. The highest tardigrades diversity occurred at site 2 with 18 species, followed by site 3 with 17 species, and finally site 1 with seven species. With these results, Tlaxcala becomes the state with the highest diversity of tardigrades for the country, with 23 recorded species. Despite its biological importance and its potential in such areas as biomedicine and biotechnology, there is very little progress in the knowledge of the diversity of tardigrades in Mexico. Further study of tardigrades in the state of Tlaxcala is required, as well as in states where no research has been carried out, in order to determine their diversity and composition at different altitudes and to understand how they differ between microhabitats.

## 1. Introducción

### 1.1. Generalidades

Los tardígrados (del latín *tardus* = lento, *gradus* = paso, o “de paso lento”), son comúnmente conocidos como osos de agua debido a su apariencia de oso, por presentar garras en las patas y por su marcha lenta y pesada (Nelson et al., 2015). Se caracterizan por ser invertebrados microscópicos, con un cuerpo alargado, convexo en la parte dorsal y plano en la parte ventral, bilateralmente simétrico, cubierto por una cutícula lisa u ornamentada. Su cuerpo está dividido en cinco pseudosegmentos: la cabeza y cuatro segmentos corporales, cada uno portando un par de extremidades lobopodiales que usualmente terminan en garras de forma y número variables. Su longitud varía, entre 50  $\mu\text{m}$  hasta 1200  $\mu\text{m}$  en las especies de mayor tamaño, con longitudes promedio de entre 250 a 500  $\mu\text{m}$  (Ramazzotti y Maucci, 1983; Kaczmarek et al., 2014a; Vega-Aguilar y Guajardo-Martínez, 2015).

Estos micrometazoos se encuentran en una gran variedad de hábitats marinos, dulceacuícolas, y terrestres, por lo que se los puede hallar desde bosques tropicales hasta desiertos polares y áridos, desde la cima de las montañas hasta la profundidad de los océanos (Ramazzotti y Maucci, 1983; Nelson y Marley, 2000; Romano, 2003; Kaczmarek et al., 2014a). Al ser organismos hidrófilos, necesitan un medio acuoso para poder desplazarse y llevar a cabo su ciclo de vida. Particularmente los tardígrados terrestres dependen de películas de agua que se adhieren a los sustratos donde habitan, tales como líquenes, algas, hojarasca y musgos, siendo estos últimos los más comunes (Nelson et al., 2015; Glime, 2017).

Los tardígrados poseen distintas estrategias de alimentación. Pueden ser carnívoros, herbívoros y fungívoros. Usualmente se alimentan de las células del sustrato donde habitan, de otros microorganismos como bacterias, protozoos, rotíferos y nemátodos, e incluso de tardígrados más pequeños (Bertolani et al., 2009). Para alimentarse utilizan un par de estiletes especialmente adaptados y una faringe muscular que produce una succión hacia el intestino, lo que permite al tardígrado aspirar líquidos del interior de una célula (Ramazzotti y Maucci, 1983; Vega-Aguilar y Guajardo-Martínez, 2015; Glime, 2017).

### 1.2. Importancia de los tardígrados

La importancia de los tardígrados es diversa; se ha registrado que algunas especies son bioindicadoras de contaminación y niveles gaseosos, por ejemplo se ha observado que cuando la calidad del aire es mala (alta concentración de óxidos de nitrógeno y ozono), la riqueza y abundancia de estos organismos es baja, pues su ciclo de vida está directamente relacionado a las condiciones químicas y físicas del ambiente (Guil, 2002; Peluffo et al., 2007; Rocha et al., 2016). De igual manera son considerados como controladores de poblaciones de bacterias, micromicetos, protozoarios, nemátodos, rotíferos y otros tardígrados; también forman parte de la dieta de otros organismos de mayor tamaño, como caracoles y hongos (Glime, 2017).

Una particularidad de este grupo es que presentan un fenómeno conocido como criptobiosis, el cual es un estado de animación suspendida en la que el organismo es capaz de sobrevivir a condiciones no favorables sin gastar mucha energía (Pigoñ y Weglarska,



1955; Møbjerg et al. 2011; Persson et al., 2011). Durante este estado el organismo no se alimenta, no se reproduce y su metabolismo se reduce hasta ser indetectable (Clegg, 2001). Una vez que las condiciones del ambiente mejoran, los tardígrados regresan a su estado normal y reanudan su ciclo de vida (Ramazzotti y Maucci, 1983; Ramløv y Westh, 2001; Glime, 2017), por lo que se han tomado como modelos para estudios relacionados a criopreservación y mecanismos de evolución del desarrollo (Gabriel et al., 2007).

Las investigaciones más destacadas sobre este grupo han sido las concernientes a su resistencia a los ambientes extremos, pues basado en el conocimiento resultante de estudios realizados por algunos investigadores (Jönsson 2007; Jönsson et al., 2008; Erdmann y Kaczmarek, 2017), se ha demostrado que los tardígrados pueden ser organismos modelo adecuados para estudios astrobiológicos debido a su capacidad para deshidratarse, tolerancia a temperaturas extremas y resistencia a la radiación. Entre los experimentos más importantes se encuentran: RoTaRad (Rotifers, Tardigrades and Radiation), donde experimentaron con anhidrobiosis, radiación cósmica, congelación extrema y vacío (Persson et al., 2011). En la misión TARDIS (TARDigrada In Space) midieron su capacidad de supervivencia en condiciones de vacío extremo y niveles dañinos de radiación solar (Jönsson et al., 2008); en la misión TARSE (TARDigrade Resistance to Space Effects) se expusieron a radiación y microgravedad, comparando organismos activos con los que se encontraban en criptobiosis (Rebecchi et al., 2009, 2011a); así como la misión TARDIKISS, que tuvo como objetivo principal ampliar el conocimiento de los rasgos de la historia de la vida y los mecanismos de reparación del daño estructural del ADN durante la exposición al estrés de los vuelos espaciales (Rebecchi et al., 2011b).

### 1.3. Clasificación

El phylum Tardigrada actualmente se clasifica en cuatro clases: Apotardigrada, Heterotardigrada, Eutardigrada y Mesotardigrada (Guidetti y Bertolani, 2005; Degma et al., 2009-2019; Guil et al., 2019). La clasificación está basada tanto en caracteres morfológicos como moleculares (Bertolani et al., 2014; Guil y Giribet, 2012; Guil et al., 2019). La clase Apotardigrada presenta papilas alrededor de la boca (papilas peribucales) y dos papilas laterales en la cabeza (papilas cefálicas). Garras con ramas primarias y secundarias completamente separadas y un bulbo faríngeo alargado sin placoides (Guil et al., 2019). Los miembros de la clase Heterotardigrada se caracterizan por la presencia de apéndices cefálicos, en el tronco y en las patas; el gonoporo separado del ano; ausencia de túbulos Malpighi, placoides conformados por tres estructuras cuticulares en forma de barra compuestos de carbonato de calcio y cutícula dividida en placas (Ramazzotti y Maucci, 1983; Guil et al., 2019). Respecto a la clase Eutardigrada, los apéndices cefálicos están ausentes. En contraste con la clase Heterotardigrada, los apéndices lobopodiales no poseen dedos y terminan en garras las cuales presentan las ramas primarias y secundarias fusionadas. Las garras raramente están reducidas o se pierden. El bulbo faríngeo tiene placoides que rara vez se reducen o se pierden (Nelson, 2002; Guil et al., 2019). Por su parte, la clase Mesotardigrada, se caracteriza por la presencia de cirros A, garras del tipo de los Heterotardígrados, sin diferenciación en las ramas primarias y secundarias. Bulbo faríngeo con presencia de placoides similares a los de Eutardígrados. La clase Mesotardigrada es monoespecífica, y está representada únicamente por *Thermozodium esakii* Rahnm 1937, especie que fue encontrada en aguas termales en las cercanías de Nagasaki, Japón. Sin

embargo, durante un terremoto, tanto el ejemplar tipo como la localidad tipo se destruyeron y búsquedas posteriores no arrojaron ninguna evidencia de su existencia. Por lo anterior, esta última clase es considerada como *nomen dubium* (Ramazzotti y Maucci, 1983; Nelson, 2002; Grothman et al., 2017; Guil et al., 2019).

#### 1.4. Especificidad de los tardígrados por los sustratos

Los musgos, en general, son considerados como hábitats altamente potenciales para los tardígrados. Sin embargo, en la mayor parte de los registros raramente menciona el nombre de las especies de los sustratos donde estos se encontraban (musgos, líquenes, algas, etc.). Por lo anterior, aún se debate si existe una relación estrecha entre las especies de tardígrados y las especies de musgos (Kathman y Cross 1991; Schuster y Greven, 2007; Kaczmarek et al., 2011b; Glime 2017). Se han sugerido asociaciones específicas entre musgos y tardígrados, así como una correlación entre diversidad de especies y preferencias de hábitat, restringiendo una especie de tardígrado a un rango específico de microhábitats. Sin embargo, son muy escasos los estudios sobre la especificidad de los tardígrados hacia los sustratos donde se encuentran (Meyer 2006a; Meyer y Hinton, 2007; Schuster y Greven, 2007; Glime, 2017). Respecto a las especies registradas para México, sólo para algunas se han indicado los sustratos en las que estos habitan, limitándose a mencionar “sobre musgo-liquen” (Kaczmarek et al., 2014a, 2015). Por ello es de gran relevancia realizar nuevas investigaciones acerca de la interacción tardígrado - musgo, especialmente con las especies mexicanas, pues el conocimiento sobre ellas aún es muy escaso.

## 2. Antecedentes

A la fecha, se han descrito más de 1200 especies de tardígrados en cuatro clases (Apotardigrada, Heterotardigrada, Eutardigrada y Mesotardigrada) de hábitats marinos, agua dulce y terrestres (Degma et al., 2009-2019; Nelson et al., 2015; Guil et al., 2019). Para México, únicamente se han registrado 49 especies (41 terrestres, cinco de ambientes marinos y tres de ambientes dulceacuícolas) y solo se conocen registros en 10 de las 32 entidades federativas: Chiapas, Chihuahua, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa y Sonora (Heinis, 1911; May, 1948; Schuster, 1971; Beasley, 1972; Ramazzotti y Maucci, 1983; Pilato, 2006; Pilato y Lisi, 2006; Beasley et. al., 2008; Kaczmarek et. al., 2011a; Moreno-Talamantes et al., 2015; Pérez-Pech et al., 2017, 2018) (Ver Anexo).

Existen pocos trabajos sobre los tardígrados mexicanos (Kaczmarek et al., 2011a; Pérez-Pech et al., 2018), algunas especies registradas son dudosas y necesitan confirmación (Kaczmarek et al., 2014a; R. Guidetti, Com. Pers.; L. Kaczmarek, Com. Pers.), lo que indica claramente que la fauna de tardígrados de México aún está lejos de ser bien conocida.

El estado de Tlaxcala es uno de los estados donde no se han estudiado los tardígrados. El Parque Nacional La Malinche, situado en el punto de convergencia de dos grandes regiones biogeográficas, se caracteriza por su gran diversidad biológica, pues se han registrado más de 500 especies, de las cuales los macromicetos, mixomicetes, y las aves, son los más abundantes.

Del total de especies el 4.2 % se encuentra bajo alguna categoría de protección según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, además el 5.18 % se consideran endémicas del Eje Neovolcánico (Corona, 2004). En un estudio prospectivo realizado en este parque, se encontraron ejemplares de tardígrados por lo cual se presupone que el parque tiene un alto potencial de diversidad de grupos poco estudiados.

### **3. Objetivos**

#### 3.1. General

Conocer la diversidad de especies del Phylum Tardigrada presentes en musgos del Parque Nacional La Malinche, en el Municipio de Ixtenco, Tlaxcala

#### 3.2. Particulares

Determinar la riqueza de tardígrados que habitan sobre musgos.

Realizar un listado taxonómico de las especies de tardígrados y musgos recolectados en el área de estudio.

Elaborar la diagnosis de las especies de tardígrados encontradas, incluyendo fotografías.

Construir una clave de determinación taxonómica de las especies encontradas.

Describir la distribución de las especies de tardígrados encontradas en tres gradientes altitudinales

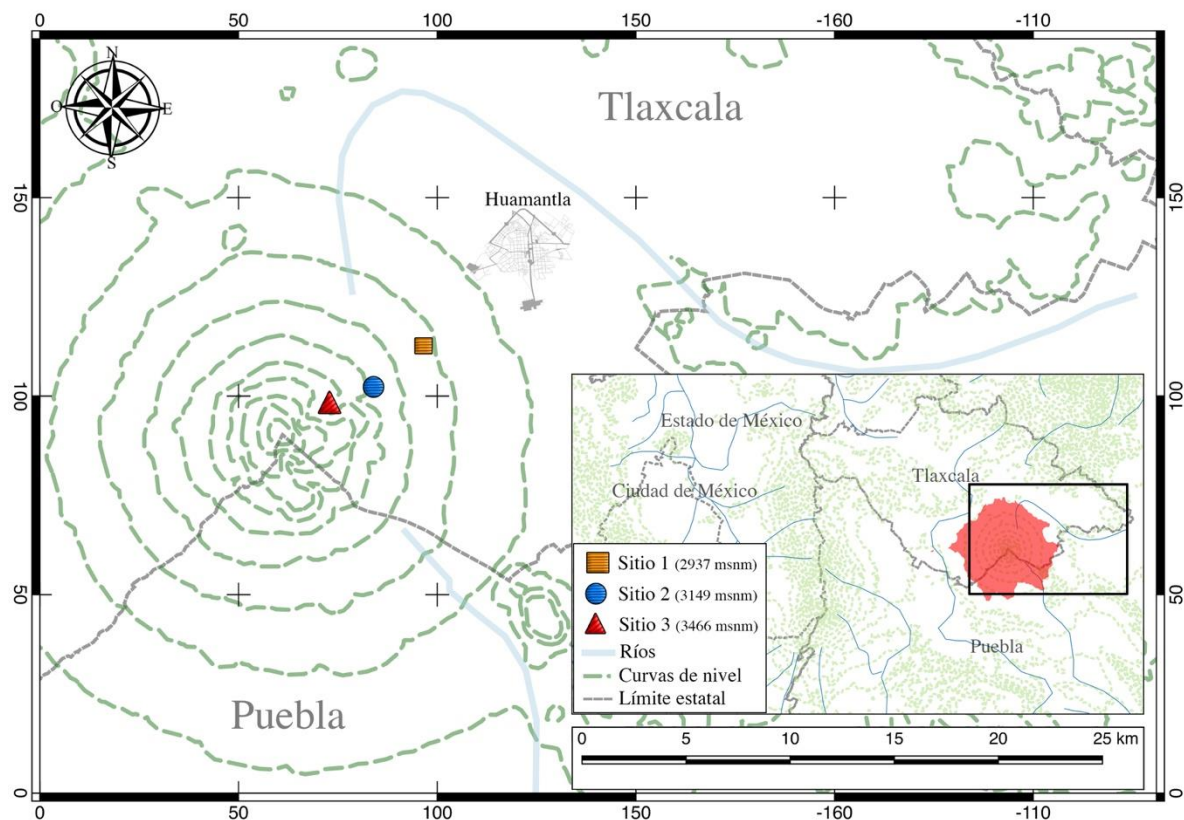
## 4. Material y métodos

### 4.1. Zona de estudio

El área de estudio se estableció dentro del Parque Nacional La Malinche, en el Municipio de Ixtenco, Tlaxcala ( $10^{\circ} 14'N$ ,  $98^{\circ} 58'W$ ), con un gradiente altitudinal de 2937 a 3466 msnm. Esta área natural protegida es coordinada por la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UAT) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Se encuentra en el Eje Neovolcánico, con una vegetación predominante de pino y oyamel. El clima es de tipo templado subhúmedo, con una temporada seca de octubre a marzo, una temporada de lluvias de abril a septiembre y una precipitación anual promedio de 800 mm (Corona, 2004).

### 4.2. Trabajo de campo

Se establecieron tres puntos de muestreo a diferentes altitudes: Sitio 1: bosque de pino a 2937 m snm; Sitio 2: bosque de oyamel-encino a 3149 m snm y Sitio 3: bosque de oyamel con una altitud de 3466 m snm (Fig. 1 y 2). Se llevaron a cabo dos salidas al campo, la primera se efectuó en el mes de septiembre de 2016 y la segunda en agosto de 2017. Cada muestra abarcó una superficie aproximada de  $15 \text{ cm}^2$  de musgo.



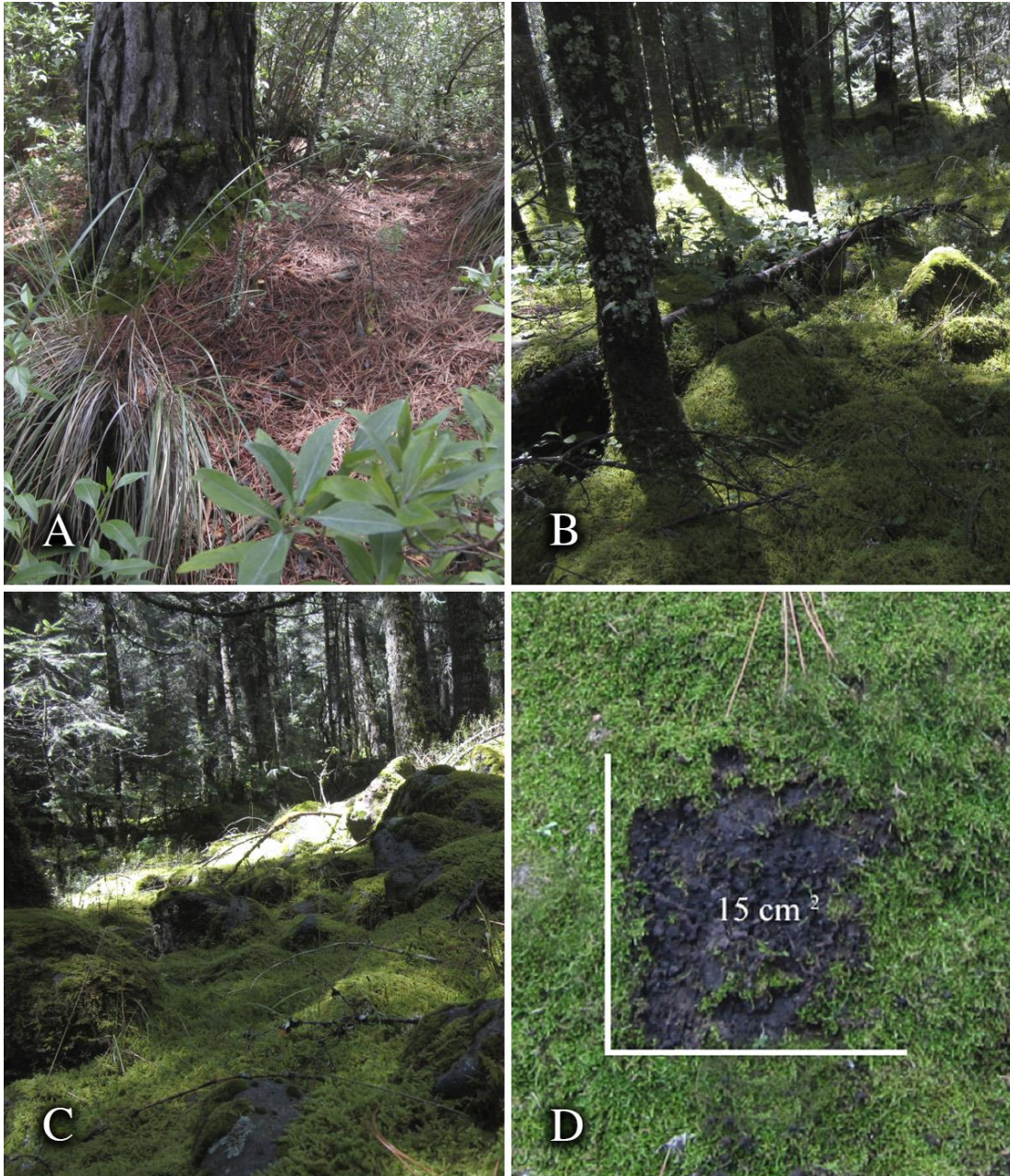
**Figura 1.** Zona de estudio en el parque Nacional La Malinche, indicando los tres sitios y sus altitudes.

En la primera salida se obtuvieron muestras de manera aleatoria en cada sitio, abarcando un área de aproximadamente  $50 \text{ m}^2$ . Se recolectaron un total de 13 muestras: 4 del



sitio 1, 5 del sitio 2 y 4 del sitio 3. En el segundo evento de recolecta se trazó un transecto en cada sitio, de una longitud de 50 m, sobre el cual se recolectaron 38 muestras de manera aleatoria, 14 del sitio 1, 12 del sitio 2 y 12 del sitio 3. En total de ambos eventos se obtuvieron 51 muestras: 18 del sitio 1, 17 del sitio 2 y 16 del sitio 3. Los musgos fueron recolectados de rocas, troncos y suelo.

Cada muestra fue depositada en una bolsa de papel estrasa, etiquetada y posteriormente llevada al laboratorio para su análisis. Adicionalmente se tomaron fotografías *in situ* de la zona de estudio, así como de la toma de las muestras.



**Figura 2.** Sitios de muestreo en el parque Nacional La Malinche. A) Sitio 1. B) Sitio 2. C) Sitio 3. D) Ejemplo del tamaño de una muestra.

### 4.3. Trabajo de gabinete

Se realizó la extracción de los ejemplares y huevos de tardígrados, tomando como referencia las técnicas de Nelson y Marley (2000) y de Tumanov (2018). De cada musgo se colocó una muestra de 5 cm en un recipiente de plástico, se hidrató con 50 ml agua corriente y se dejó reposar por 24 horas. Transcurrido este tiempo, se tapó el recipiente y se agitó vigorosamente por unos segundos, lo cual permitió liberar a los tardígrados y los huevos de las hojas del musgo. De cada enjuague de musgo se tomaron 3 ml de agua con una pipeta Pasteur y se depositaron en una caja Petri de vidrio de 3 cm de diámetro. Dicha muestra se observó en un Microscopio Estereoscópico Olympus SZ11, donde se separaron y contabilizaron los tardígrados y huevos encontrados.

De los tardígrados cuantificados, se seleccionaron los diferentes morfos que se reconocieron al aumento de 1.8 X del microscopio estereoscópico, con el fin de realizar el montaje en laminillas y preparar los ejemplares para Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Una vez extraídos los tardígrados y huevos de la muestra, se enjuagaron con agua destilada para limpiar la cutícula de residuos del sustrato. Posteriormente se pusieron en agua corriente a 60°C por media hora para mantener extendida la cutícula de los ejemplares, y tanto el cuerpo como los huevos conservaran su morfología original y pudieran ser montados en las preparaciones, así como para que fueran procesados para el MEB. Los ejemplares y huevos que no fueron montados en laminillas ni preparados para microscopía electrónica, se depositaron en alcohol al 96 % para su preservación.

Para el montaje en laminillas, los tardígrados y huevos obtenidos se colocaron sobre un portaobjetos de vidrio utilizando medio de montaje Hoyer y se cubrieron con un cubreobjetos de vidrio. Las preparaciones se secaron en una estufa Boekel Industries Inc., Modelo 131400, a 30°C durante siete días. Subsecuentemente se etiquetaron y se sellaron con primer alquidílico.

Para obtener fotografías de microscopio electrónico de barrido (MEB) se utilizó la técnica de Stec et al. (2015). Los ejemplares y huevos se pasaron por una serie de alcoholes (del 10 al 100%, con aumentos de 10 en 10 %) durante cinco minutos en cada concentración, y posteriormente en una concentración de 25, 50, 75 y 100% de acetona/alcohol, finalizando con el secado utilizando CO<sub>2</sub> a punto crítico y un baño de oro. La observación y toma de fotografías se realizó en el MEB, marca Hitachi, modelo SU 1510 del Laboratorio de Microscopía y Fotografía de la Biodiversidad (LMF I) del Instituto de Biología. Finalmente las fotografías fueron editadas con el programa Adobe Photoshop CC 2019.

Se elaboró un catálogo de recolectas de la Colección de Tardígrados incorporada a la Colección Nacional de Ácaros (CNAC). En él, se registraron los datos de cada muestra recolectada (TARDIS – No.), incluyendo un código de colección, evento y fecha de recolecta, altitud, coordenadas, colector y el número de ejemplares obtenidos. Una vez identificados, se listaron las especies de tardígrados encontrados en cada muestra, así como las especies de musgos de donde se extrajeron. En el catálogo se incluyeron los datos del número de ejemplares de cada especie de tardígrado encontrada en cada muestra de musgo, adicionando información de los que fueron montados en laminillas, los que fueron preservados en alcohol y los que se utilizaron para las fotografías de MEB.

Adicionalmente, la información fue capturada por lotes en una base de datos digital con el programa Microsoft Office Excel, y la información de cada lote se incluyó en 15 campos (Código de lote, Especie encontradas en la muestra, Microhábitat, Localidad, Municipio, Estado, Latitud, Longitud, Altitud, Hábitat, Fecha de colecta, Colector, Total de ejemplares, Ejemplares Montados en Hoyer, Ejemplares en Alcohol 96%).

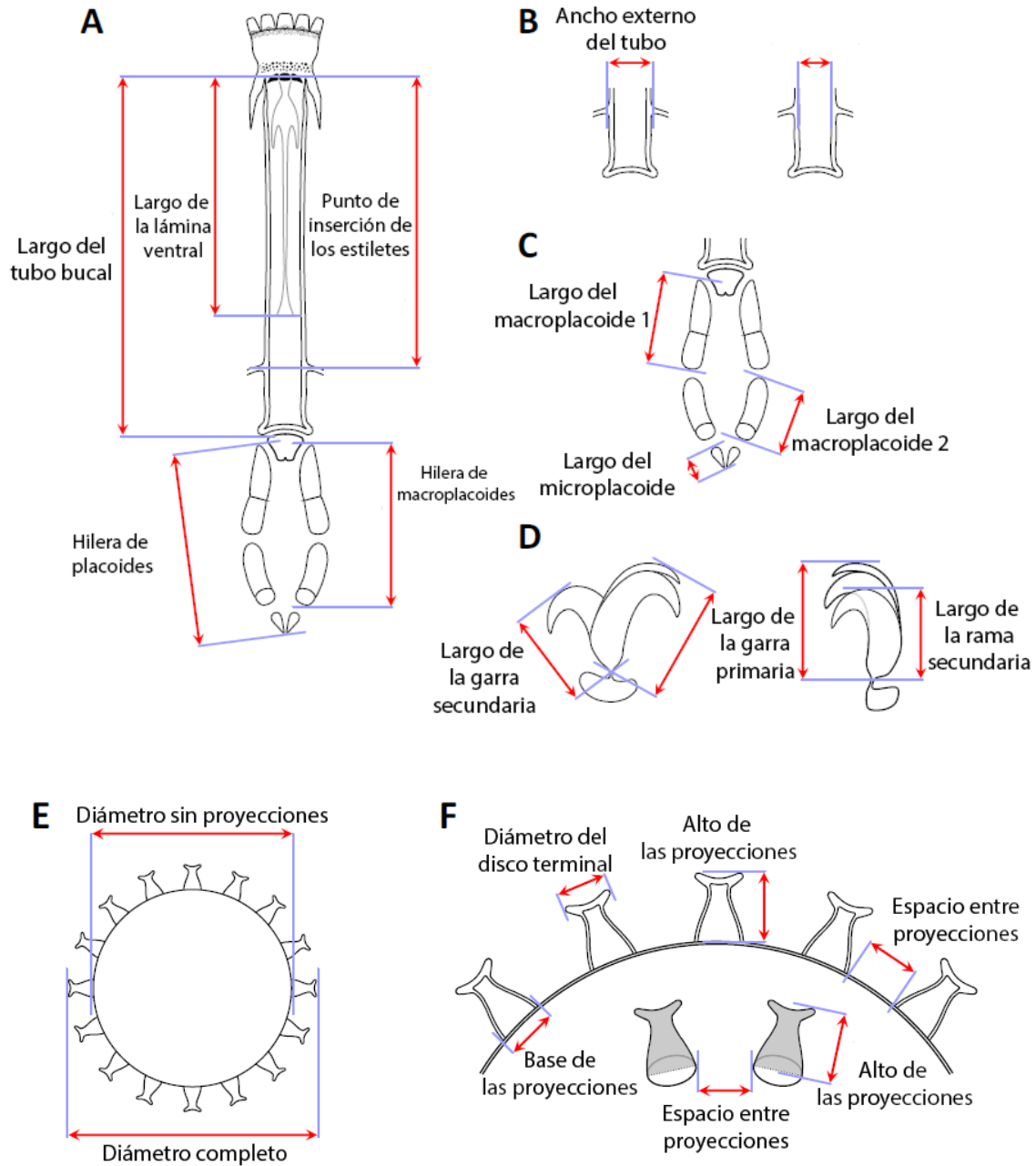
Todos los ejemplares de tardígrados se depositaron en la Colección de Tardigrada, asociada a la Colección Nacional de Ácaros (CNAC) del Instituto de Biología, UNAM. Se le asignó a cada laminilla, un número de catálogo consecutivo “CNAC-Tar-0001”, el cual se capturó en una base de datos. Los ejemplares de musgos fueron procesados de acuerdo al protocolo de la Colección de Briofitas del Herbario Nacional de México (MEXU), que consiste en: separar la muestra en un sobre de papel, anexando una etiqueta que incluya los datos de recolecta (Macrohábitat, microhábitat, sitio de recolecta, coordenadas, altitud, colectores, fecha de recolecta, nombre de quien determinó la especie y fecha de determinación). Finalmente los musgos fueron depositados en la colección de briofitas del MEXU del Instituto de Biología, UNAM.

#### 4.4. Identificación de los ejemplares de tardígrados y musgos

Para la identificación de los tardígrados se utilizó un Microscopio óptico Nikon Optiphot-2, utilizando microscopía de contraste de fases (MCF) y microscopía diferencial (DIF). Se emplearon claves especializadas a nivel de género y especie, así como descripciones originales (Ramazzotti y Maucci, 1983; Biserov, 1998; Claxton, 1998; Pilato et al., 2001; Marley, 2006; Tumanov, 2006; Fontoura y Pilato, 2007; Michalczyk y Kaczmarek, 2006, 2007; Pilato y Lisi, 2006; Pilato y Binda, 2010; Bartels et al., 2011; Morek et al., 2016; Michalczyk et al., 2012a, 2012b; Kaczmarek, et al., 2011c, 2012; Gąsiorek et al., 2017, 2018; Kaczmarek y Michalczyk, 2017; Kaczmarek, et al., 2017, 2018; Stec et al., 2018).

Para poder determinar a nivel específico los ejemplares de Apotardigrada y algunos géneros de Eutardigrada, se revisaron las estructuras de importancia taxonómica de ejemplares y huevos, en el microscopio óptico y/o por medio de las fotografías de MEB. Adicionalmente, con el fin de obtener una mayor certeza en las identificaciones, se obtuvieron datos morfométricos de las estructuras de importancia taxonómica: longitud corporal, largo y ancho del tubo bucal, longitud de los placoides, longitud de las garras, longitud de los huevos y de las proyecciones del mismo (Fig. 3). Finalmente, para poder comparar los datos morfométricos de las especies encontradas con las ya descritas, se obtuvo el valor *pt*, el cual es la relación entre la longitud de una estructura dada y la longitud del tubo bucal, expresada como un porcentaje (Pilato, 1981).

Para la clase Heterotardigrada se revisaron las estructuras de importancia taxonómica para el grupo: longitud corporal, longitud de la placa escapular, cirros bucales interno y externo, papila cefálica, clava, cirro A, espina en la pata I, garras internas y externas de todas las patas y papila en la pata IV, y tipo de ornamentación de la cutícula (Fig. 4). Adicionalmente se obtuvo la relación *sc*, que corresponde a la relación entre la longitud de una estructura dada y la longitud de la placa escapular (Fontoura y Morais, 2011).



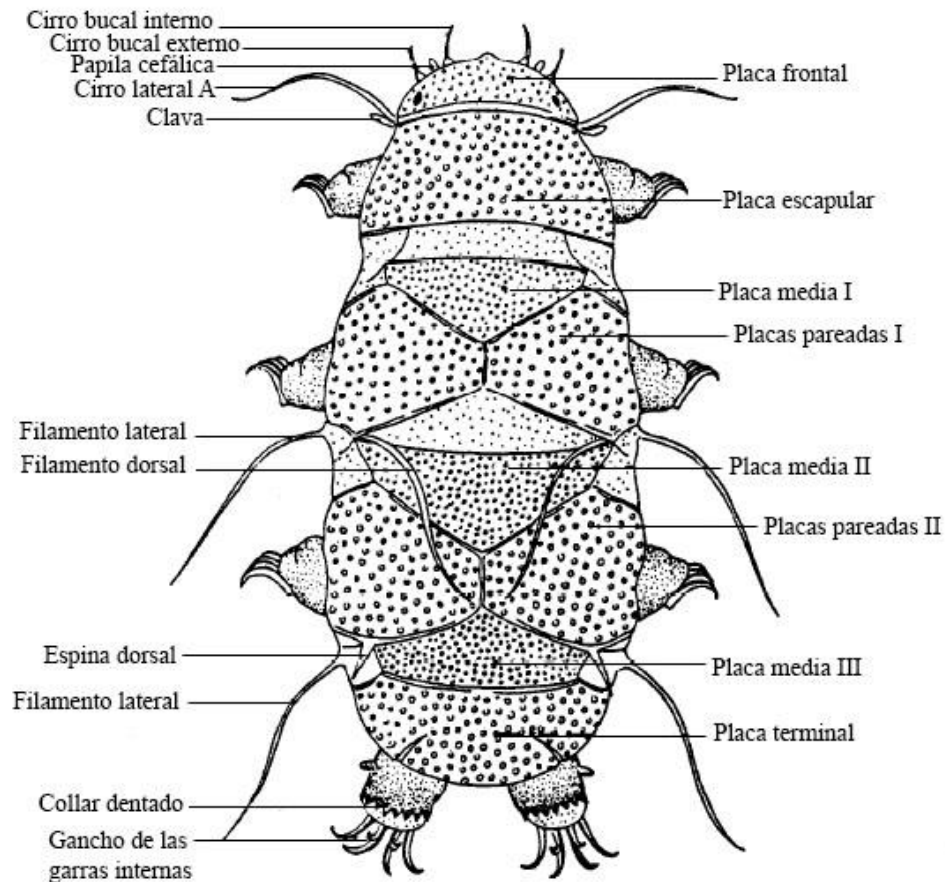
**Figura 3.** Ilustración esquemática de rasgos morfométricos en ejemplares y huevos. A-C. Aparato bucal; D. Garras; E-F. Huevo (Tomado y modificado de Kaczmarek y Michalczyk, 2017).

Para las clases Apotardigrada y Eutardigrada, la terminología de los caracteres y los datos morfométricos obtenidos de las estructuras de los aparatos bucofaringeos, se realizaron con base a Kaczmarek y Michalczyk (2003), Tumanov (2006), Pilato y Binda (2010), Michalczyk et al. (2012a, 2012b) y Gąsiorek et al. (2017). Las medidas de las garras se obtuvieron siguiendo a Tumanov (2006), Beasley et al. (2008), y Kaczmarek y Michalczyk (2017). La secuencia de longitud de macroplacoides fue determinada de acuerdo con Kaczmarek et al. (2014b) y a Kaczmarek y Michalczyk (2017). La terminología de los



caracteres y los datos morfométricos de la clase Heterotardigrada sigue a Ramazzotti y Maucci (1983), Kristensen (1987) y Fontoura y Morais (2011).

Todas las medidas se registraron en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ). Los datos morfométricos se manejaron usando las plantillas "Apochela" y "Parachela" (Versiones 1.2 para ambas plantillas) y "Echiniscoidea" Versión 1.0. Las plantillas se encuentran disponibles en el Tardigrada Register (Michalczyk y Kaczmarek, 2013). En cuanto a los grupos de los que no existen claves taxonómicas, para identificar a niveles genérico y específico, fueron comparados con las descripciones originales.



**Figura 4.** Ilustración esquemática de la morfología de heteotardígrados (Tomado y modificado de Ramazzotti y Maucci, 1983)

Para la identificación de los musgos se usaron las claves de Sharp *et al.* (1994). En microscopio estereoscópico se hicieron preparaciones frescas de tallos, hojas o esporofitos; la disección de las plantas incluyó secciones de las estructuras solicitadas en las claves. La observación de la morfología de los musgos se realizó en el microscopio óptico. Las determinaciones fueron realizadas en la Colección de Briófitas del MEXU con apoyo del Dr. Claudio Delgadillo Moya, especialista y curador de esta colección. Finalmente la nomenclatura de las especies fue corroborada en el portal tropicos.org, coordinado por el Jardín Botánico de Missouri.

#### 4.5. Estudio taxonómico de las especies de tardígrados encontradas

En la diagnosis de cada especie de tardígrado encontrada, se incluyeron los siguientes datos: tipo de vegetación, ejemplares encontrados, ejemplares medidos, no. de muestra, musgos a los cuales están asociados los tardígrados y comentarios taxonómicos. Se adicionaron láminas incluyendo imágenes de las estructuras de importancia taxonómica y una tabla con los datos morfométricos de cada una de las especies. Finalmente, se construyeron claves taxonómicas dicotómicas para la identificación de los tardígrados del Parque Nacional La Malinche.

#### 4.6. Descripción de la distribución de las especies de tardígrados en los gradientes altitudinales y sus preferencias de hábitat

Para describir la distribución de las especies de tardígrados encontradas en los tres sitios, se construyeron tablas de distribución altitudinal de las especies de musgos y de tardígrados, así como de las asociaciones tardígrado-musgo que fueron encontradas, con el fin de realizar una comparación a cerca de sus preferencias de altitud y hábitat con lo registrado previamente en la literatura. Para los musgos, los resultados se compararon con los registros previos para Tlaxcala y los datos conocidos para el Parque Nacional La Malinche (Delgadillo-Moya, 1971; Sharp, 1994). Particularmente para el Parque Nacional La Malinche se revisó la base de datos de la Colección de Briófitas del MEXU, con apoyo del Dr. Claudio Delgadillo Moya, para así poder hacer una comparación de las especies de musgos registradas en el Parque que no están publicadas o reportadas en literatura pero que sí están registradas en dicha colección. En cuanto a los tardígrados, los datos fueron comparados con los catálogos publicados por Ramazzotti y Maucci (1983), McInnes (1994), Kaczmarek, et al. (2011a, 2014a, 2015, 2016) y por el trabajo de Glime (2017), así como descripciones originales (Biserov, 1998; Claxton, 1998; Pilato et al., 2001; Marley, 2006; Tumanov, 2006; Fontoura y Pilato, 2007; Michalczyk y Kaczmarek, 2006, 2007; Pilato y Lisi, 2006; Pilato y Binda, 2010; Bartels et al., 2011; Morek et al., 2016; Michalczyk et al., 2012a, 2012b; Kaczmarek, et al., 2011c, 2012; Gąsiorek et al., 2017, 2018; Kaczmarek y Michalczyk, 2017; Kaczmarek, et al., 2017, 2018; Stec et al., 2018), con el fin de comparar las altitudes y las preferencias de hábitat de los tardígrados registradas previamente.

## 5. Resultados

### 5.1. Musgos

De las 51 muestras de musgo recolectadas en septiembre de 2016 y agosto de 2017 en el Parque Nacional La Malinche (Tabla 1), se identificaron 24 musgos a nivel de especie, 10 a nivel de género y tres solo a nivel de familia.

**Tabla 1.** Muestras de musgos recolectadas y procesadas

	<b>Sept 2016</b>	<b>Ago 2017</b>	<b>Total</b>
<b>Sitio 1</b>	4	14	18
<b>Sitio 2</b>	5	12	17
<b>Sitio 3</b>	4	12	16
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>38</b>	<b>51</b>

En total se registraron 17 familias, 23 géneros y 37 especies de musgos (Tabla 2). Las familias más frecuentes fueron Pottiaceae (6 spp.) y Bryaceae (4 spp.). Únicamente dos muestras de las familias Hypnaceae y Pottiaceae no se pudieron identificar a nivel específico, y estuvieron presentes en los tres sitios de recolecta. Cabe mencionar que exceptuando las especies *Leptodontium flexifolium*, *Bryum argenteum* y *Anomobryum julaceum*, todas las demás especies encontradas, representan nuevos registros para el Parque Nacional La Malinche, y las especies *Braunia secunda*, *Bryum billarderi*, *Campylopus pilifer*, *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, *Funaria hygrometrica*, *Grimmia trichophylla*, *Hypnum amabile*, *Leptodontium viticulosoides*, *Neckera chlorocaulis*, *Orthotrichum pycnophyllum*, *Pohlia elongata*, *Ptychomitrium lepidomitrium*, *Rhytidium rugosum*, *Schistidium apocarpum*, *Symblepharis vaginata*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum*, *T. delicatulum* var. *delicatulum*, *Rhexophyllum subnigrum*, *Rhynchostegium scariosum* y *Zygodon obtusifolius*, podrían representar nuevos registros para el estado de Tlaxcala (Delgadillo-Moya, 1971; Com. Pers.; Sharp, 1994).

Se hallaron 17 muestras que estaban mezcladas con dos o hasta cuatro especies de musgos por muestra. En las 34 muestras restantes se encontró únicamente una especie de musgo (Tabla 3). Por ello en el listado de la diversidad de musgos, en la primera columna se menciona la especie predominante y en la siguiente se enlistan las especies asociadas.

Por otra parte, los musgos *Anomobryum julaceum*, *Braunia secunda*, *Bryum billarderi*, *Campylopus pilifer*, *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, *Funaria hygrometrica*, *Hypnum amabile*, *Leptodontium flexifolium*, *L. viticulosoides*, *Neckera chlorocaulis*, *Orthotrichum pycnophyllum*, *Pohlia elongata*, *Ptychomitrium lepidomitrium*, *Rhytidium rugosum*, *Schistidium apocarpum*, *Symblepharis vaginata*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum*, *T. delicatulum* var. *delicatulum*, *Rhexophyllum subnigrum*, *Rhynchostegium scariosum* y *Zygodon obtusifolius* representan nuevos registros de hábitat para los tardígrados (Kaczmarek et al., 2014a; 2015, 2016; Glime, 2017) (Tabla 4).

**Tabla 2.** Musgos recolectados en el Parque Nacional La Malinche. S1= Sitio 1. S2 = Sitio 2. S3 = Sitio 3.

Familia	Especie de Musgo predominante	Especies de Musgos asociadas	S1	S2	S3
Ditrichaceae	<i>Ceratodon purpureus</i> subsp. <i>stenocarpus</i>	-	✓		
	<i>Ceratodon</i> sp. 1	-	✓		
	<i>Ceratodon</i> sp. 2	-	✓		
Brachytheciaceae	<i>Brachythecium</i> sp.1	-	✓		
	<i>Brachythecium</i> sp.2	<i>Neckera chlorocaulis</i> - <i>Hypnum amabile</i>	✓	✓	
	<i>Rhynchostegium scariosum</i>	-		✓	
Bryaceae	<i>Anomobryum julaceum</i>	-	✓		
	<i>Bryum argenteum</i>	<i>Neckera chlorocaulis</i> - <i>Hypnum amabile</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i>	✓	✓	
	<i>Bryum billarderi</i>	<i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i>	✓	✓	
	<i>Pohlia elongata</i>	-		✓	
Dicranaceae	<i>Campylopus pilifer</i>	<i>Braunia secunda</i>	✓		
Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	-		✓	✓
Funariaceae	<i>Funaria hygrometrica</i>	-	✓		
	<i>Funaria</i> sp.	-	✓		
Grimmiaceae	<i>Grimmia</i> sp.	-	✓		
	<i>Grimmia trichophylla</i>	-	✓		
	<i>Schistidium apocarpum</i>	<i>Hypnum amabile</i>			✓
Hedwigiaceae	<i>Braunia</i> sp.	-	✓		
	<i>Braunia secunda</i>	-	✓		
Hypnaceae	<i>Hypnum amabile</i>	<i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i>		✓	✓
	<i>Hypnum</i> sp.	<i>Campylopus</i> cf. <i>fragilis</i>		✓	✓
	Hypnaceae (Sin determinar)	-	✓	✓	✓
Neckeraceae	<i>Neckera chlorocaulis</i>	-		✓	✓
Orthotrichaceae	<i>Orthotrichum pycnophyllum</i>	<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>		✓	
Pottiaceae	<i>Zygodon obtusifolius</i>	<i>Leptodontium flexifolium</i>		✓	✓
	<i>Leptodontium flexifolium</i>	<i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i> - <i>Hypnum amabile</i>		✓	✓
	<i>Leptodontium viticulosoides</i>	-			✓
	<i>Rhexophyllum subnigrum</i>	-			✓
	Pottiaceae sp. 1 (Sin determinar)	-	✓		
	Pottiaceae sp. 2 (Sin determinar)	<i>Thuidium delicatulum</i> - <i>Brachythesium</i> sp.	✓	✓	✓
Ptychomitriaceae	<i>Ptychomitrium lepidomitrium</i>	-			✓
Rhabdoweisiaceae	<i>Symblepharis vaginata</i>	<i>Leptodontium flexifolium</i> - <i>Leptodontium viticulosoides</i> - <i>Sematophyllum</i> sp.			✓
Rhytidiaceae	<i>Rhytidium rugosum</i>	-			✓
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum</i> sp.	<i>Hypnum amabile</i>			✓
Thuidiaceae	<i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i>	-		✓	✓
	<i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i>	<i>Neckera chlorocaulis</i>		✓	✓
	<i>Thuidium</i> sp.	<i>Neckera chlorocaulis</i>		✓	✓
<b>Total de especies</b>	<b>37</b>		<b>18</b>	<b>17</b>	<b>16</b>



**Tabla 3.** Asociación de especies de musgo en una misma muestra (la especie predominante se enuncia primero).

Muestra	Sitio	No. especies asociadas	Asociación de especies de musgos
TARDIS - 88	1	3	<i>Bryum argenteum</i> - <i>Neckera chlorocaulis</i> - <i>Hypnum amabile</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i>
TARDIS - 105	1	2	<i>Campylopus pilifer</i> - <i>Braunia secunda</i>
TARDIS - 123	2	2	<i>Thuidium</i> sp. - <i>Neckera chlorocaulis</i>
TARDIS - 124	2	2	<i>Bryum billarderi</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i>
TARDIS - 125	2	3	Pottiaceae sp. 2 - <i>Thuidium delicatulum</i> - <i>Brachythecium</i> sp.
TARDIS - 126	2	2	<i>Hypnum amabile</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i>
TARDIS - 128	2	4	<i>Bryum argenteum</i> - <i>Neckera chlorocaulis</i> - <i>Hypnum amabile</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i>
TARDIS - 133	2	2	<i>Orthotrichum pycnophyllum</i> - <i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>
TARDIS - 134	2	2	<i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i> - <i>Neckera chlorocaulis</i>
TARDIS - 135	2	3	<i>Brachythecium</i> sp. 2 - <i>Neckera chlorocaulis</i> - <i>Hypnum amabile</i>
TARDIS - 16	2	2	<i>Hypnum</i> sp. - <i>Campylopus</i> cf. <i>fragilis</i>
TARDIS - 18	2	2	<i>Zygodon obtusifolius</i> - <i>Leptodontium flexifolium</i>
TARDIS - 19	2	3	<i>Leptodontium flexifolium</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i> - <i>Hypnum amabile</i>
TARDIS - 144	3	2	<i>Hypnum amabile</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i>
TARDIS - 146	3	2	<i>Sematophyllum</i> sp. - <i>Hypnum amabile</i>
TARDIS - 147	3	2	<i>Schistidium apocarpum</i> - <i>Hypnum amabile</i>
TARDIS - 157	3	4	<i>Symblepharis vaginata</i> - <i>Leptodontium flexifolium</i> - <i>Leptodontium viticulosoides</i> - <i>Sematophyllum</i> sp.

## 5.2. Tardígrados

De las 51 muestras de musgos examinadas, 35% fueron recolectadas de suelo, 33% de tronco y 31% de roca. Únicamente 38 muestras presentaron tardígrados, 6 del sitio 1, 17 del sitio 2 y 15 del sitio 3 (Tabla 4). Se obtuvieron 878 ejemplares de tardígrados y 78 huevos, de los cuales 77 tardígrados y 28 huevos fueron procesados para MEB y el resto fueron montados en laminillas.

En cuanto a la riqueza de tardígrados del Parque Nacional La Malinche, se registran tres clases, tres órdenes, seis familias, 14 géneros y 23 especies. De la clase Apotardígrada se registraron 4 especies del género *Milnesium* pertenecientes a la familia Milnesiidae. Para la clase Eutardígrada las familias Macrobiotidae e Hypsibiidae presentaron la mayor riqueza: Macrobiotidae con seis e Hypsibiidae con cinco especies. Para la clase Heterotardígrada se registraron dos géneros dentro de la familia Echiniscidae (Tabla 5).

**Tabla 4.** Presencia y ausencia de tardígrados en las muestras de musgos. ✓ = presencia, X = ausencia.

Sitio	Muestra	Microhábitat	Musgos presentes	Presencia de Tardígrados
<b>Sitio 1</b> Bosque de Pino (2937 msnm)	TARDIS - 88	Tronco	<i>Bryum argenteum</i> - <i>Neckera chlorocaulis</i> - <i>Hypnum amabile</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i>	X
	TARDIS - 103	Suelo	<i>Ceratodon purpureus</i> subsp. <i>stenocarpus</i>	✓
	TARDIS - 104	Suelo	Pottiaceae sp. 1	X
	TARDIS - 105	Roca	<i>Campylopus pilifer</i> - <i>Braunia secunda</i>	✓
	TARDIS - 106	Roca	<i>Braunia secunda</i>	X
	TARDIS - 107	Roca	<i>Ceratodon</i> sp.	✓
	TARDIS - 108	Roca	<i>Grimmia trichophylla</i>	X
	TARDIS - 109	Roca	<i>Bryum billarderi</i>	X
	TARDIS - 110	Roca	<i>Funaria hygrometrica</i>	X
	TARDIS - 111	Suelo	<i>Ceratodon purpureus</i> subsp. <i>stenocarpus</i>	X
	TARDIS - 112	Suelo	<i>Funaria</i> sp.	X
	TARDIS - 113	Suelo	<i>Grimmia</i> sp.	X
	TARDIS - 114	Suelo	<i>Braunia</i> sp.	X
	TARDIS - 115	Suelo	Pottiaceae sp. 2	X
	TARDIS - 116	Suelo	Hypnaceae sp.	✓
	TARDIS - 170	Suelo	<i>Brachythecium</i> sp.1	X
	TARDIS - 171	Suelo	<i>Brachythecium</i> sp.2	✓
	TARDIS - 172	Suelo	<i>Anomobryum julaceum</i>	✓
<b>Sitio 2</b> Bosque de Oyamel (3149 msnm)	TARDIS - 123	Tronco	<i>Thuidium</i> sp. - <i>Neckera chlorocaulis</i>	✓
	TARDIS - 124	Suelo	<i>Bryum billarderi</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i>	✓
	TARDIS - 125	Roca	Pottiaceae sp. 2 / <i>Thuidium delicatulum</i> - <i>Brachythesium</i> sp.	✓
	TARDIS - 126	Tronco	<i>Hypnum amabile</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i>	✓
	TARDIS - 127	Suelo	<i>Rhynchostegium scariosum</i>	✓
	TARDIS - 128	Roca	<i>Bryum argenteum</i> - <i>Neckera chlorocaulis</i> - <i>Hypnum amabile</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i>	✓
	TARDIS - 133	Tronco	<i>Orthotrichum pycnophyllum</i> - <i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	✓
	TARDIS - 134	Tronco	<i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i> - <i>Neckera chlorocaulis</i>	✓
	TARDIS - 135	Roca	<i>Bratythecium</i> sp. 2 - <i>Neckera chlorocaulis</i> - <i>Hypnum amabile</i>	✓

**Tabla 4. (Cont.)** Presencia y ausencia de tardígrados en las muestras de musgos. ✓ = presencia, X = ausencia.

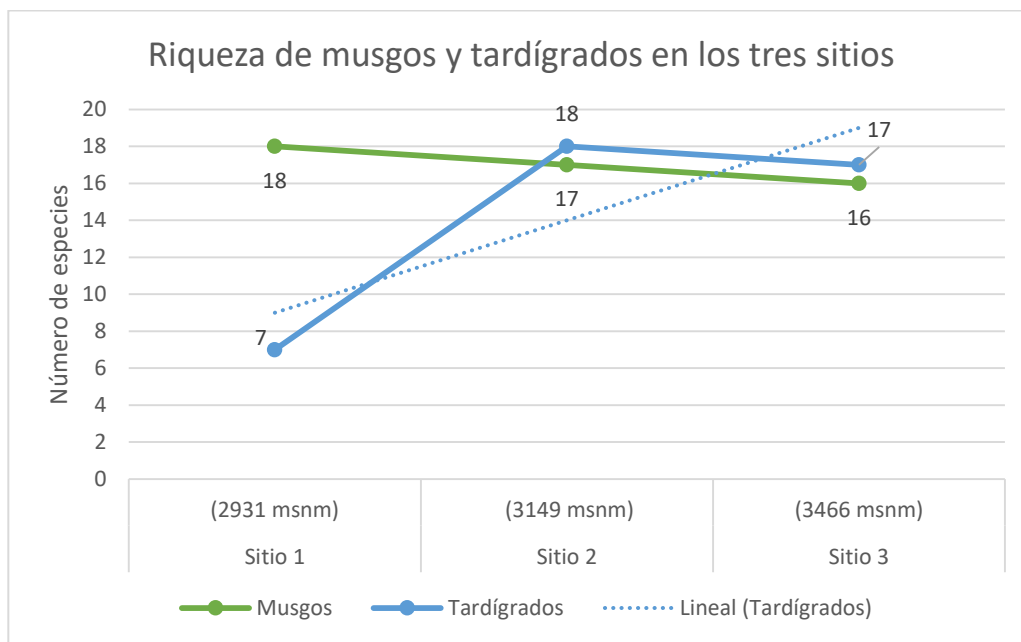
Sitio	Muestra	Microhábitat	Musgos presentes	Presencia de Tardígrados
<b>Sitio 2</b> Bosque de Oyamel (3149 msnm)	TARDIS - 136	Roca	<i>Pohlia elongata</i>	✓
	TARDIS - 137	Tronco	<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	✓
	TARDIS - 140	Tronco	<i>Neckera chlorocaulis</i>	✓
	TARDIS - 14	Tronco	Hypnaceae sp.	✓
	TARDIS - 16	Roca	<i>Hypnum</i> sp. - <i>Campylopus</i> cf. <i>fragilis</i>	✓
	TARDIS - 17	Suelo	<i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i>	✓
	TARDIS - 18	Tronco	<i>Zygodon obtusifolius</i> - <i>Leptodontium flexifolium</i>	✓
	TARDIS - 19	Tronco	<i>Leptodontium flexifolium</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i> - <i>Hypnum amabile</i>	✓
<b>Sitio 3</b> Bosque de Oyamel (3466 msnm)	TARDIS - 143	Tronco	<i>Zygodon obtusifolius</i>	X
	TARDIS - 144	Roca	<i>Hypnum amabile</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i>	✓
	TARDIS - 145	Suelo	<i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i>	✓
	TARDIS - 146	Tronco	<i>Sematophyllum</i> sp. - <i>Hypnum amabile</i>	✓
	TARDIS - 147	Roca	<i>Schisfidium apocarpum</i> - <i>Hypnum amabile</i>	✓
	TARDIS - 148	Tronco	<i>Neckera chlorocaulis</i>	✓
	TARDIS - 155	Suelo	<i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i>	✓
	TARDIS - 156	Roca	<i>Rhexophyllum subnigrum</i>	✓
	TARDIS - 157	Tronco	<i>Symblepharis vaginata</i> - <i>Leptodontium flexifolium</i> - <i>Leptodontium viticulosoides</i> - <i>Sematophyllum</i> sp.	✓
	TARDIS - 158	Suelo	<i>Leptodontium flexifolium</i>	✓
	TARDIS - 159	Tronco	<i>Leptodontium viticulosoides</i>	✓
	TARDIS - 160	Roca	<i>Ptychomitrium lepidomitrium</i>	✓
	TARDIS - 13	Roca	Pottiaceae sp. 2	✓
	TARDIS - 15	Suelo	<i>Rhytidium rugosum</i>	✓
	TARDIS - 174	Tronco	Hypnaceae sp.	✓
	TARDIS - 175	Tronco	<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	✓

Dieciseis especies de tardígrados representan nuevos registros para México, tres especies representan nuevos registros para Norteamérica y cuatro representan nuevos registros para el continente americano. Adicionalmente se encontraron dos especies nuevas para la ciencia, pertenecientes a los géneros *Milnesium* y *Ramazottius* (Tabla 5).

La mayor riqueza de tardígrados se presenta en el sitio 2 con 18 especies, seguido del sitio 3 con 17 especies y finalmente el sitio 1 con siete especies (Fig. 5). Las especies *Adropion scoticum scoticum*, *Diphascon ongulense*, *Macrobiotus* grupo *hufelandi* sp., *Macrobiotus hufelandi*, *Mesobiotus simulans* y *Minibiotus formosus* están presentes en los tres sitios, siete especies están presentes en dos sitios y diez están presentes en un solo sitio (Tabla 6).

**Tabla 5.** Diversidad de tardígrados encontrados en los musgos del Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala. □ = nuevo registro para México. ○ = nuevo registro para Norteamérica. △ = nuevo registro para América. ◆ = especie nueva.

Clase	Orden	Familia	Subfamilia	Género	Especie
Apotardigrada	Apochela	Milnesiidae		<i>Milnesium</i>	<i>Milnesium beasleyi</i> □△
					<i>Milnesium longiungue</i> □△
					<i>Milnesium tardigradum tardigradum</i>
					<i>Milnesium</i> sp. nov. □◆
Eutardigrada	Hypsibioidea	Hypsibiidae	Diphasconinae	<i>Diphascon</i>	<i>Diphascon ongulense</i> □
			Hypsibiinae	<i>Hypsibius</i>	<i>Hypsibius dujardini</i> □
			Itaquasconinae	<i>Adropion</i>	<i>Adropion scoticum scoticum</i> □
				<i>Platicrista</i>	<i>Platicrista angustata</i> □
		Pilatobiinae	<i>Pilatobius</i>	<i>Pilatobius oculatus oculatus</i> □	
		Ramazzottiidae		<i>Ramazzottius</i>	<i>Ramazzottius baumanni</i>
					<i>Ramazzottius oberhauseri</i>
					<i>Ramazzottius</i> sp. nov. □◆
	Isohypsibioidea	Isohypsibiidae		<i>Isohypsibius</i>	<i>Isohypsibius</i> sp.
	Macrobiotoidea	Macrobiotidae		<i>Macrobiotus</i>	<i>Macrobiotus hufelandi</i>
					<i>Macrobiotus grupo hufelandi</i>
				<i>Mesobiotus</i>	<i>Mesobiotus simulans</i> □△
				<i>Minibiotus</i>	<i>Minibiotus formosus</i> □△
<i>Paramacrobotus</i>				<i>Paramacrobotus (Paramacrobotus) gerlachae</i> □○	
				<i>Paramacrobotus (P.) magdalenae</i> □○	
Heterotardigrada	Echiniscoidea	Echiniscidae	Echiniscinae	<i>Echiniscus sylvanus</i> □	
				<i>Echiniscus merokensis merokensis</i> □	
			Pseudechiniscinae	<i>Pseudechiniscus facettalis</i>	
				<i>Pseudechiniscus spinerectus</i> □○	



**Figura 5.** Riqueza de musgos y tardígrados en los tres sitios

La mayor abundancia la presentaron las especies de la clase Eutardigrada: *Macrobiotus* grupo *hufelandi* sp. con 241 ejemplares, *Macrobiotus hufelandi* con 240 ejemplares y *Minibiotus hispidus* con 65 ejemplares. Estas tres especies estuvieron presentes en los tres sitios de recolecta. Las especies menos abundantes fueron *Ramazzottius baumanni*, con dos ejemplares y *Pilatobius oculatus oculatus*, con un ejemplar. Las especies más abundantes de la clase Heterotardigrada fueron: *Echiniscus sylvanus*, con 60 ejemplares y *Pseudechiniscus spinerectus*, con 32 ejemplares, mientras que la especie menos abundante fue *Echiniscus merokensis merokensis*, con cuatro ejemplares.

En cuanto a la abundancia registrada en cada evento de muestreo, en el sitio 1 se registraron 95 ejemplares en 2016 y 118 en 2017, para el sitio 2 se registraron 172 ejemplares en 2016 y 155 en 2017, y para el sitio 3 se registraron 111 ejemplares en 2016 y 150 en 2017. En cuanto la abundancia por sitio, el sitio 2 presentó la mayor con 327 ejemplares, seguido del sitio 3 con 261 ejemplares y finalmente el sitio 1, con 213 ejemplares (Tabla 7).

**Tabla 6.** Presencia (1) y ausencia (0) de las especies en los tres sitios estudiados.

Especie	Especies en los sitios			
	Sitio 1 (2937 msnm)	Sitio 2 (3149 msnm)	Sitio 3 (3466 msnm)	Número de Sitios
<i>Adropion scoticum scoticum</i>	1	1	1	3
<i>Diphascon ongulense</i>	1	1	1	3
<i>Echiniscus sylvanus</i>	0	1	1	2
<i>Echiniscus merokensis merokensis</i>	0	1	1	2
<i>Hypsibius dujardini</i>	0	1	0	1
<i>Isohypsibius</i> sp.	0	1	0	1
<i>Macrobiotus</i> grupo <i>hufelandi</i> sp.	1	1	1	3
<i>Macrobiotus hufelandi</i>	1	1	1	3
<i>Mesobiotus simulans</i>	1	1	1	3
<i>Milnesium beasleyi</i>	1	0	0	1
<i>Milnesium longiungue</i>	0	1	1	2
<i>Milnesium tardigradum tardigradum</i>	0	1	1	2
<i>Milnesium</i> sp. nov.	0	1	0	1
<i>Minibiotus formosus</i>	1	1	1	3
<i>Paramacrobiotus (Paramacrobiotus) gerlachae</i>	0	0	1	1
<i>Paramacrobiotus (Paramacrobiotus) magdalenae</i>	0	1	0	1
<i>Pilatobius oculatus oculatus</i>	0	0	1	1
<i>Platicrista angustata</i>	0	1	1	2
<i>Pseudechiniscus facettalis</i>	0	0	1	1
<i>Pseudechiniscus spinerectus</i>	0	1	1	2
<i>Ramazzottius baumanni</i>	0	1	1	2
<i>Ramazzottius oberhaeuseri</i>	0	0	1	1
<i>Ramazzottius</i> sp. nov.	0	1	0	1
<b>Número de especies en cada sitio</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	

**Tabla 7.** Número de ejemplares de tardígrados del Parque Nacional La Malinche, por sitio y evento de recolecta.

	Sitio 1 (2937 msnm)			Sitio 2 (3149 msnm)			Sitio 3 (3466 msnm)		
	2016	2017	Total	2016	2017	Total	2016	2017	Total
<b>Especie / Ejemplares por sitio y año de recolecta</b>									
<i>Adropion scoticum scoticum</i>	1	0	1	1	1	2	1	1	2
<i>Diphascon ongulense</i>	8	0	8	9	8	17	5	1	6
<i>Echiniscus sylvanus</i>	0	0	0	18	20	38	13	19	32
<i>Echiniscus merokensis merokensis</i>	0	0	0	0	1	1	0	3	3
<i>Hypsibius dujardini</i>	0	0	0	6	10	16	0	0	0
<i>Isohypsibius sp.</i>	0	0	0	0	2	2	0	0	0
<i>Macrobiotus grupo hufelandi sp.</i>	22	52	74	73	5	78	42	47	89
<i>Macrobiotus hufelandi</i>	43	58	101	59	26	86	30	23	53
<i>Mesobiotus simulans</i>	0	1	1	3	7	10	3	1	4
<i>Milnesium beasleyi</i>	0	7	7	0	0	0	0	0	0
<i>Milnesium longiungue</i>	0	0	0	0	5	5	0	6	6
<i>Milnesium tardigradum tardigradum</i>	0	0	0	0	3	3	3	0	3
<i>Milnesium sp. nov.</i>	0	0	0	0	18	18	0	0	0
<i>Minibiotus formosus</i>	21	0	21	0	16	16	10	18	28
<i>Paramacrobiotus (Paramacrobiotus) gerlachae</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Paramacrobiotus (Paramacrobiotus) magdalenae</i>	0	0	0	0	10	10	0	0	0
<i>Pilatobius oculatus oculatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Platicrista angustata</i>	0	0	0	3	0	3	1	0	1
<i>Pseudechiniscus facettalis</i>	0	0	0	0	0	0	2	10	12
<i>Pseudechiniscus spinerectus</i>	0	0	0	0	13	13	0	19	19
<i>Ramazottius baumanni</i>	0	0	0	0	2	2	0	0	0
<i>Ramazottius oberhaeuseri</i>	0	0	0	0	0	0	1	8	9
<i>Ramazottius sp. nov.</i>	0	0	0	0	8	8	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>95</b>	<b>118</b>	<b>213</b>	<b>172</b>	<b>155</b>	<b>327</b>	<b>111</b>	<b>150</b>	<b>261</b>

### 5.3. Asociación tardígrado-musgo

En cuanto a las 38 muestras que presentaron tardígrados, se observó que por lo general una o dos especies de tardígrados se encontraron habitando una asociación de dos o tres especies de musgos. En algunos casos, dos especies de tardígrados se encontraron en una asociación de hasta cuatro especies de musgos, tal es el caso de los eutardígrados *Macrobiotus hufelandi* y *Paramacrobiotus (Paramacrobiotus) magdalenae*, los cuales se encontraron habitando en la asociación de musgos compuesta por *Bryum argenteum*, *Neckera chlorocaulis*, *Hypnum amabile* y *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum*. Otro ejemplo son los heterotardígrados *Echiniscus sylvanus*, *Echiniscus merokensis merokensis* y *Pseudechiniscus spinerectus*, que se hallaron en la asociación de musgos compuesta por *Hypnum amabile* y *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum*.

Asimismo se observó que hasta seis especies de tardígrados (*Milnesium longiungue*, *Macrobiotus* grupo *hufelandi*, *Minibiotus formosus*, *Echiniscus sylvanus*, *E. merokensis merokensis* y *Pseudechiniscus spinerectus*), habitaban la asociación de musgos *Hypnum amabile* y *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum*, musgos con una amplia distribución y que, al menos a nivel genérico, son conocidos por ser hábitat de tardígrados (Tabla 8).

También se presentaron casos donde una sola especie de tardígrado se encontró en una especie de musgo: *Ramazottius* sp. nov. se encontró habitando la especie de musgo *Neckera chlorocaulis*; *Pilatobius oculatus oculatus* en *Rhexophyllum subnigrum*; *Isohypsibius* sp. en *Pohlia elongata* y *Pseudechiniscus facettalis* en *Neckera chlorocaulis*.

En las 34 muestras en las que sólo se encontró una especie de musgos, se pudo comparar la riqueza de tardígrados de los tres sitios en tan sólo cuatro especies de musgo, las cuales estuvieron presentes en dos o en los tres sitios muestreados. Con el resto de musgos no fue posible realizar la comparación, ya que sólo estuvieron presentes en un sitio o no se obtuvieron tardígrados. El musgo *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, presentó cinco especies de tardígrados en el sitio 2 (*Echiniscus sylvanus*, *Echiniscus merokensis merokensis*, *Macrobiotus* grupo *hufelandi* sp., *Minibiotus formosus* y *Pseudechiniscus spinerectus*), y seis especies en el sitio 3 (*Echiniscus sylvanus*, *Macrobiotus hufelandi*, *Macrobiotus* grupo *hufelandi* sp., *Minibiotus formosus*, *Paramacrobiotus (P.) gerlachae* y *Ramazottius oberhaeuseri*). *E. sylvanus*, *M.* grupo *hufelandi* sp. y *M. formosus* fueron especies compartidas de los dos sitios. Hypnaceae sp. presentó cuatro especies de tardígrados en el sitio 1 (*Adropion scoticum scoticum*, *Diphascon ongulense*, *Macrobiotus hufelandi* y *Minibiotus formosus*), dos especies en el sitio 2 (*Adropion scoticum scoticum* y *Macrobiotus* grupo *hufelandi* sp.) y cinco especies en el sitio 3 (*Adropion scoticum scoticum*, *Diphascon ongulense*, *Macrobiotus hufelandi*, *Macrobiotus* grupo *hufelandi* sp. y *Mesobiotus simulans*). *A. scoticum scoticum* fue especie compartida de los tres sitios, *D. ongulense* y *M. hufelandi* de los sitios 1 y 3, y *M.* grupo *hufelandi* sp. de los sitios 2 y 3. *Neckera chlorocaulis* presentó diez especies de tardígrados en el sitio 2 (*Echiniscus sylvanus*, *Hypsibius dujardini*, *Macrobiotus hufelandi*, *Macrobiotus* grupo *hufelandi* sp., *Mesobiotus simulans*, *Milnesium longiungue*, *Minibiotus formosus*, *Paramacrobiotus (Paramacrobiotus) magdalenae*, *Ramazottius baumanni* y *Ramazottius* sp. nov.) y tres especies en el sitio 3 (*Minibiotus formosus*, *Pseudechiniscus facettalis* y *Pseudechiniscus spinerectus*). *M. formosus* fue especie compartida de los dos sitios. Y finalmente *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum*

presentó dos especies en el sitio 2 (*Echiniscus sylvanus* y *Macrobotus* grupo *hufelandi* sp.) y una especie en el sitio 3 (*Macrobotus* grupo *hufelandi* sp.), de las cuales *M.* grupo *hufelandi* sp. fue compartida de los dos sitios (Tabla 9).

**Tabla 8.** Asociación de tardígrados con especies de musgos asociadas en una misma muestra.

Sitio	Especies de tardígrados	Asociación de especies de musgos.
1	<i>Macrobotus hufelandi</i> - <i>Mesobiotus simulans</i>	<i>Campylopus pilifer</i> - <i>Braunia secunda</i>
2	<i>Diphascon ongulense</i>	<i>Bryum billarderi</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i>
2	<i>Diphascon ongulense</i>	Pottiaceae sp. 2 - <i>Thuidium delicatulum</i> - <i>Brachythecium</i> sp.
2	<i>Macrobotus hufelandi</i> - <i>Paramacrobotus</i> (P.) <i>magdalenae</i>	<i>Bryum argenteum</i> - <i>Neckera chlorocaulis</i> - <i>Hypnum amabile</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i>
2	<i>Mesobiotus simulans</i>	<i>Orthotrichum pycnophyllum</i> - <i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>
2	<i>Milnesium</i> sp. nov. - <i>Hypsibius dujardini</i>	<i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i> - <i>Neckera chlorocaulis</i>
2	<i>Milnesium tardigradum tardigradum</i> - <i>Macrobotus hufelandi</i> - <i>Pseudechiniscus spinerectus</i>	<i>Brachythecium</i> sp. 2 - <i>Neckera chlorocaulis</i> - <i>Hypnum amabile</i>
2	<i>Hypsibius dujardini</i> - <i>Platicrista angustata</i> - <i>Diphascon ongulense</i>	<i>Hypnum</i> sp. - <i>Campylopus</i> cf. <i>fragilis</i>
2	<i>Macrobotus hufelandi</i> - <i>Diphascon ongulense</i> - <i>Echiniscus sylvanus</i>	<i>Zygodon obtusifolius</i> - <i>Leptodontium flexifolium</i>
2	<i>Macrobotus hufelandi</i> - <i>Mesobiotus simulans</i> - <i>Platicrista angustata</i>	<i>Leptodontium flexifolium</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i> - <i>Hypnum amabile</i>
3	<i>Milnesium longiungue</i> - <i>Macrobotus</i> grupo <i>hufelandi</i> - <i>Minibiotus formosus</i> - <i>Echiniscus sylvanus</i> - <i>Echiniscus merokensis merokensis</i> - <i>Pseudechiniscus spinerectus</i>	<i>Hypnum amabile</i> - <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i>
3	<i>Macrobotus</i> grupo <i>hufelandi</i> - <i>Minibiotus formosus</i> - <i>Paramacrobotus</i> (P.) <i>gerlachae</i>	<i>Sematophyllum</i> sp. - <i>Hypnum amabile</i>
3	<i>Pseudechiniscus suillus</i>	<i>Schistidium apocarpum</i> - <i>Hypnum amabile</i>
3	<i>Macrobotus</i> grupo <i>hufelandi</i> - <i>Echiniscus sylvanus</i>	<i>Symblepharis vaginata</i> - <i>Leptodontium flexifolium</i> - <i>Leptodontium viticulosoides</i> - <i>Sematophyllum</i> sp.



**Tabla 9.** Especies de musgo en una sola muestra y tardígrados asociados a diferentes altitudes. S1= Sitio 1. S2 = Sitio 2. S3 = Sitio 3; X = musgo no registrado a esa altitud.

Musgo	Tardígrados asociados		
	S1 (2937 msnm)	S2 (3149 msnm)	S3 (3466 msnm)
<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	X	<b>Muestra TARDIS - 137</b>	<b>Muestra TARDIS - 175</b>
	X	<i>Echiniscus sylvanus</i>	<i>Echiniscus sylvanus</i>
		<i>Echiniscus merokensis merokensis</i>	-
		-	<i>Macrobiotus hufelandi</i>
		<i>Macrobiotus</i> grupo <i>hufelandi</i> sp.	<i>Macrobiotus</i> grupo <i>hufelandi</i> sp.
		<i>Minibiotus formosus</i>	<i>Minibiotus formosus</i>
		-	<i>Paramacrobiotus</i> (P.) <i>gerlachae</i>
		<i>Pseudechiniscus spinerectus</i>	-
-	<i>Ramazzottius oberhaeuseri</i>		
Hypnaceae sp.	<b>MUESTRA TARDIS - 116</b>	<b>MUESTRA TARDIS - 14</b>	<b>MUESTRA TARDIS - 174</b>
	<i>Adropion scoticum scoticum</i>	<i>Adropion scoticum scoticum</i>	<i>Adropion scoticum scoticum</i>
	<i>Diphascon ongulense</i>	-	<i>Diphascon ongulense</i>
	<i>Macrobiotus hufelandi</i>	-	<i>Macrobiotus hufelandi</i>
	-	<i>Macrobiotus</i> grupo <i>hufelandi</i> sp.	<i>Macrobiotus</i> grupo <i>hufelandi</i> sp.
	-	-	<i>Mesobiotus simulans</i>
	<i>Minibiotus formosus</i>	-	-
<i>Neckera chlorocaulis</i>	X	<b>MUESTRA TARDIS - 140</b>	<b>MUESTRA TARDIS - 148</b>
	X	<i>Echiniscus sylvanus</i>	-
		<i>Hypsibius dujardini</i>	-
		<i>Macrobiotus hufelandi</i>	-
		<i>Macrobiotus</i> grupo <i>hufelandi</i> sp.	-
		<i>Mesobiotus simulans</i>	-
		<i>Milnesium longiungue</i>	-
		<i>Minibiotus formosus</i>	<i>Minibiotus formosus</i>
		<i>Paramacrobiotus</i> ( <i>Paramacrobiotus</i> ) <i>magdalenae</i>	-
		-	<i>Pseudechiniscus facettalis</i>
		-	<i>Pseudechiniscus spinerectus</i>
		<i>Ramazzottius baumanni</i>	-
<i>Ramazzottius</i> sp. nov.	-		
<i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i>	X	<b>TARDIS - 17</b>	<b>TARDIS - 145</b>
	X	<i>Echiniscus sylvanus</i>	-
		<i>Macrobiotus</i> grupo <i>hufelandi</i> sp.	<i>Macrobiotus</i> grupo <i>hufelandi</i> sp.

#### 5.4. Diagnósis de las especies de tardígrados encontradas en el Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala

Phylum **Tardigrada** Doyère, 1840

Clase **Apotardigrada** Schuster, Nelson, Grigarick y Christenberry, 1980

Papilas peribucales y dos papilas cefálicas presentes. Garras con ramas primarias y secundarias completamente separadas. Bulbo faríngeo alargado sin placoides (Ramazzotti y Maucci, 1983; Guil et al., 2019).

Orden **Apochela** Schuster, Nelson, Grigarick y Christenberry, 1980

Eutardígrados que presentan garras con ramas primarias y secundarias completamente separadas; papilas alrededor de la boca (papilas peribucales) y 2 papilas laterales en la cabeza (papilas cefálicas); bulbo faríngeo alargado completamente sin placoides (Pilato y Binda, 2010).

Familia **Milnesiidae** Ramazzotti, 1962

Los mismos caracteres que Apochela (Pilato y Binda, 2010).

Género **Milnesium** Doyère, 1840

Con un par de papilas cefálicas y seis papilas peribucales presentes. Garras del tipo Milnesiidae. Aparato bucofaríngeo del tipo *Milnesium* con un tubo bucal ancho en las especies conocidas. Lóbulos peribucales ausentes. Lamelas grandes, casi triangulares presentes (6 o 4). Apófisis faríngeas y placoides ausentes. Furcas de los estiletes de forma triangular, del tipo *Milnesium*. Lúnulas ausentes en las especies conocidas. Huevos lisos y depositados en la exuvia (Morek, et al. 2016).

Especie tipo: *Milnesium tardigradum tardigradum* Doyère, 1840.

***Milnesium beasleyi*** Kaczmarek, Jakubowska y Michalczyk, 2012

#### **Diagnósis**

Longitud corporal en un rango de 418 - 810  $\mu\text{m}$ , 615  $\mu\text{m}$  en promedio. Los ejemplares medidos en este trabajo presentan longitud con un rango de 413 – 808  $\mu\text{m}$  y un promedio de 615  $\mu\text{m}$ . Cuerpo transparente - amarillento. Ojos generalmente ausentes, aunque puede haber individuos con ojos presentes (ausentes en los ejemplares revisados). Cutícula sin granulación o poros, pero el dorso cubierto con pseudoporos (numerosas depresiones poligonales pequeñas y poco profundas de 0,1-0,4  $\mu\text{m}$  de diámetro) (Fig. 6A). Seis papilas peribucales (papila ventral más pequeña) y seis lamelas peribucales alrededor de la apertura bucal presentes. Dos papilas cefálicas posicionadas lateralmente.

Aparato buco-faríngeo del tipo *Milnesium*. Tubo bucal más ancho anteriormente (en promedio, el diámetro posterior es 92% del diámetro anterior (Fig. 6B). Bulbo faríngeo alargado, con forma de pera y sin placoides o séptulum (Fig. 6C).

Garras del tipo *Milnesium*, delgadas. Ramas primarias en todas las patas con puntas accesorias pequeñas. Garras secundarias de todas las patas sin engrosamientos basales redondeados. Ramas secundarias de garras externas I-III y garras posteriores IV con dos puntas, y ramas secundarias de garras internas I-III y garras anteriores IV con tres puntas (configuración de las garras: [2-3] - [3-2]; Figs. 6D; 6E). Barras cuticulares individuales, largas y transversales bajo garras I-III presentes.

Los huevos probablemente sean ovales, lisos y depositados en exuvia, como en todas las especies de *Milnesium* conocidas (Morek, et al., 2016).

**Material examinado:**

**Hábitat:** Sitio 1. Bosque de pino. Altitud: 2937 msnm.

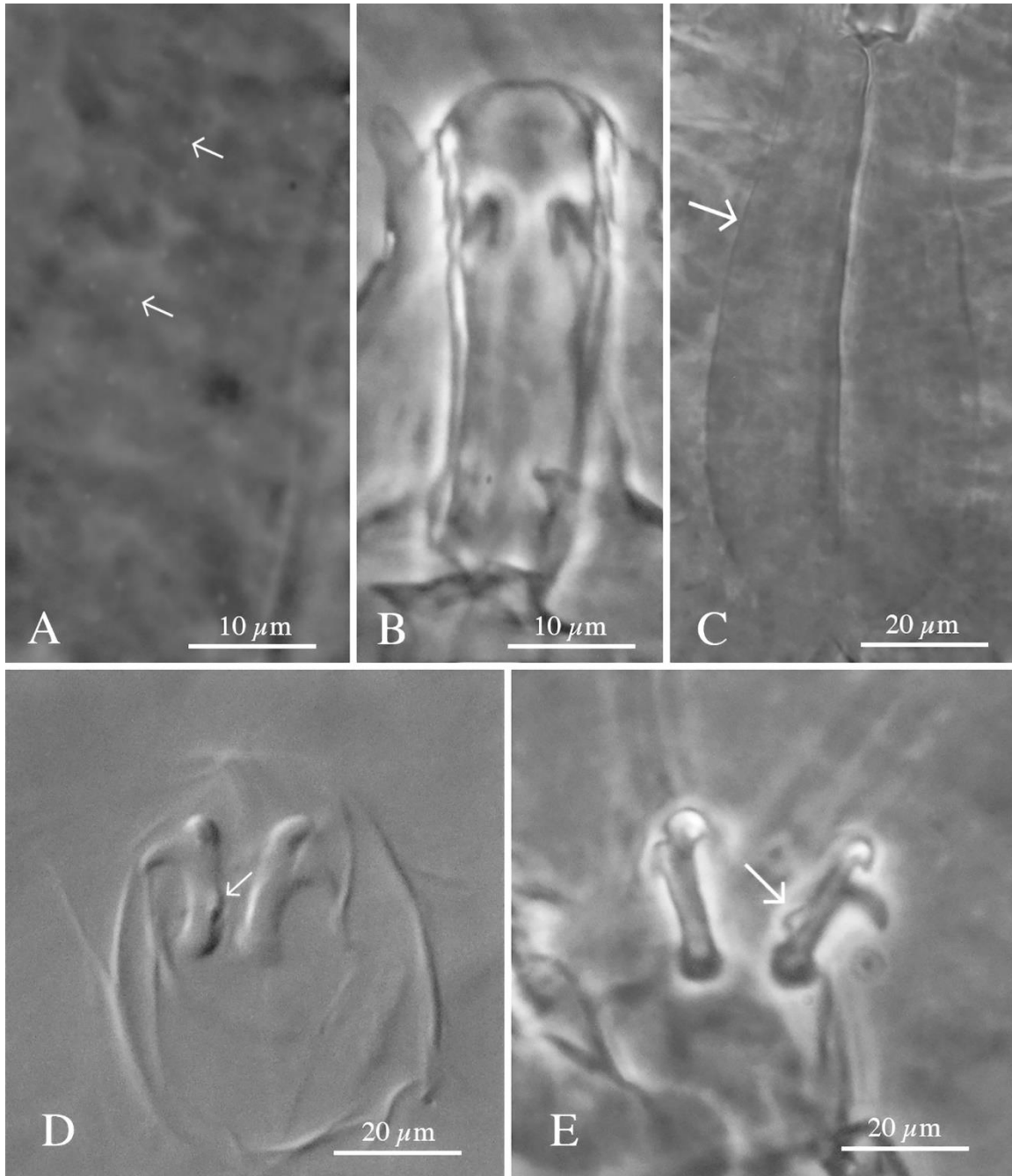
**Muestra:** TARDIS-107 (cinco ejemplares).

**Musgos asociados:** *Ceratodon* sp.

**Ejemplares medidos:** cinco (Tabla 10).

**Comentarios taxonómicos:** Difiere de otras especies que presentan una configuración de las garras [2-3] - [3-2], principalmente de *M. tardigradum* (especie similar), por la morfología de la cutícula, (lisa *M. tardigradum*, con pseudoporos en *M. beasleyi*).

**Observaciones:** Es el primer registro fuera de la localidad tipo en Seydişehir, Turquía.



**Figura 6.** *Milnesium beasleyi*: A – cutícula dorsal (las flechas indican los pseudoporos); B - tubo bucal; C – bulbo faríngeo (la flecha indica la pared del bulbo); D – ramas secundarias de la pata II (la flecha indica la tercera punta de las garras externas); E – – ramas secundarias de la pata IV (la flecha indica la tercera punta de las garras posteriores). A, B, C y E – microscopio de contraste de fases (MCF); D – microscopio diferencial (DIF).

**Tabla 10.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Milnesium beasleyi*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones.

CARACTER	N	RANGO				MEDIA			
		$\mu\text{m}$		<i>pt</i>		$\mu\text{m}$	<i>pt</i>		
Longitud corporal	5	413	–	808	1229	–	1680	615	1469
Longitud de las papilas peribucales	4	7.2	–	11.2	19.6	–	22.4	8.5	21.0
Longitud de las papilas laterales	4	7.4	–	10.9	19.6	–	23.7	9.2	22.0
Tubo bucal									
Longitud	5	32.9	–	50.1		–		42.2	–
Punto de inserción de soporte de estilete	5	22.1	–	31.4	62.1	–	67.2	27.3	64.9
Ancho anterior	5	11.9	–	21.3	35.4	–	42.5	16.8	39.5
Ancho estándar	5	10.5	–	19.7	31.3	–	39.8	15.6	36.4
Ancho posterior	5	11.2	–	19.2	33.3	–	39.6	15.5	36.4
Relación ancho / largo estándar	5	31%	–	40%		–		36%	–
Relación de ancho posterior / anterior	5	89%	–	96%		–		92%	–
Longitudes de Garras I									
Rama primaria externa	4	14.1	–	23.0	40.4	–	46.7	18.2	44.0
Base externa + rama secundaria.	5	11.3	–	18.5	33.6	–	38.7	15.2	35.8
Espuela externa	3	1.4	–	1.9	3.4	–	4.4	1.7	3.9
Rama primaria interna	4	16.4	–	20.9	39.4	–	44.0	19.0	42.2
Base interna + rama secundaria.	5	10.8	–	17.6	32.1	–	36.3	14.4	34.0
Espuela interna	5	3.1	–	6.3	9.1	–	12.6	4.6	10.6
Longitudes de Garras II									
Rama primaria externa	5	16.6	–	27.4	46.4	–	54.7	21.2	50.0
Base externa + rama secundaria.	5	12.2	–	19.3	31.7	–	39.8	15.7	37.0
Espuela externa	1	1.9	–	1.9	4.6	–	4.6	1.9	4.6
Rama primaria interna	5	15.0	–	26.1	44.6	–	52.1	19.9	46.8
Base interna + rama secundaria.	5	11.6	–	18.6	33.2	–	37.9	15.0	35.4
Espuela interna	5	4.2	–	8.3	11.0	–	16.6	5.6	13.1
Longitudes de Garras III									
Rama primaria externa	4	18.8	–	27.1	45.2	–	54.1	22.5	49.6
Base externa + rama secundaria.	5	14.2	–	19.0	34.1	–	39.7	17.3	37.8
Rama primaria interna	4	19.1	–	25.4	45.9	–	50.7	21.6	47.9
Base interna + rama secundaria.	5	13.9	–	17.9	33.4	–	36.9	16.3	35.6
Espuela interna	4	1.5	–	7.9	3.6	–	15.8	4.9	10.2
Longitudes de Garras IV									
Rama primaria anterior	4	13.9	–	29.1	33.4	–	58.1	21.2	51.4
Base anterior + rama secundaria	4	12.7	–	20.2	37.5	–	42.5	16.4	39.7
Espuela anterior	4	4.2	–	7.4	10.3	–	14.8	5.2	12.8
Rama primaria posterior	4	20.2	–	32.6	59.0	–	65.1	25.3	61.3
Base posterior + rama secundaria	4	14.1	–	22.3	41.3	–	46.7	17.9	43.4
Espuela posterior	2	1.8	–	1.9	4.0	–	4.4	1.9	4.2

## *Milnesium longiungue* Tumanov, 2006

### Diagnosis

Longitud del cuerpo en un rango 598.5 y 944.3  $\mu\text{m}$  (680  $\mu\text{m}$  en promedio y con un rango de 517 – 825  $\mu\text{m}$  en los ejemplares examinados en este trabajo). Cuerpo transparente, ojos presentes, cutícula lisa (Fig. 7A). Seis papilas peribucales y dos papilas laterales. Tubo bucal corto y en forma de embudo (Fig. 7B). Longitud del tubo bucal entre 30.6 – 70.3 (33.7 – 49.5 y con un promedio de 44.9  $\mu\text{m}$  en los ejemplares medidos de este trabajo). Punto de inserción de los estiletes a 30.3  $\mu\text{m}$  del tubo con un valor de *pt* de 64 % (28.4  $\mu\text{m}$  y con un *pt* de 62.1 % en promedio para los ejemplares del presente trabajo). Bulbo faríngeo alargado, en forma de pera, y sin placoides o séptulum (Fig. 7C).

Garras de tipo *Milnesium*, rama principal separada de la rama secundaria. Ramas principales sin puntas accesorias. Rama secundaria con espuelas primarias, secundarias y basales (configuración de las garras [3-3] - [3-3]) (Figs. 7D y 7E). Barras cuticulares largas en los primeros tres pares de patas. Huevos lisos y depositados en la exuvia (Tumanov, 2006; Morek, et al. 2016).

### Material examinado:

**Hábitat:** Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

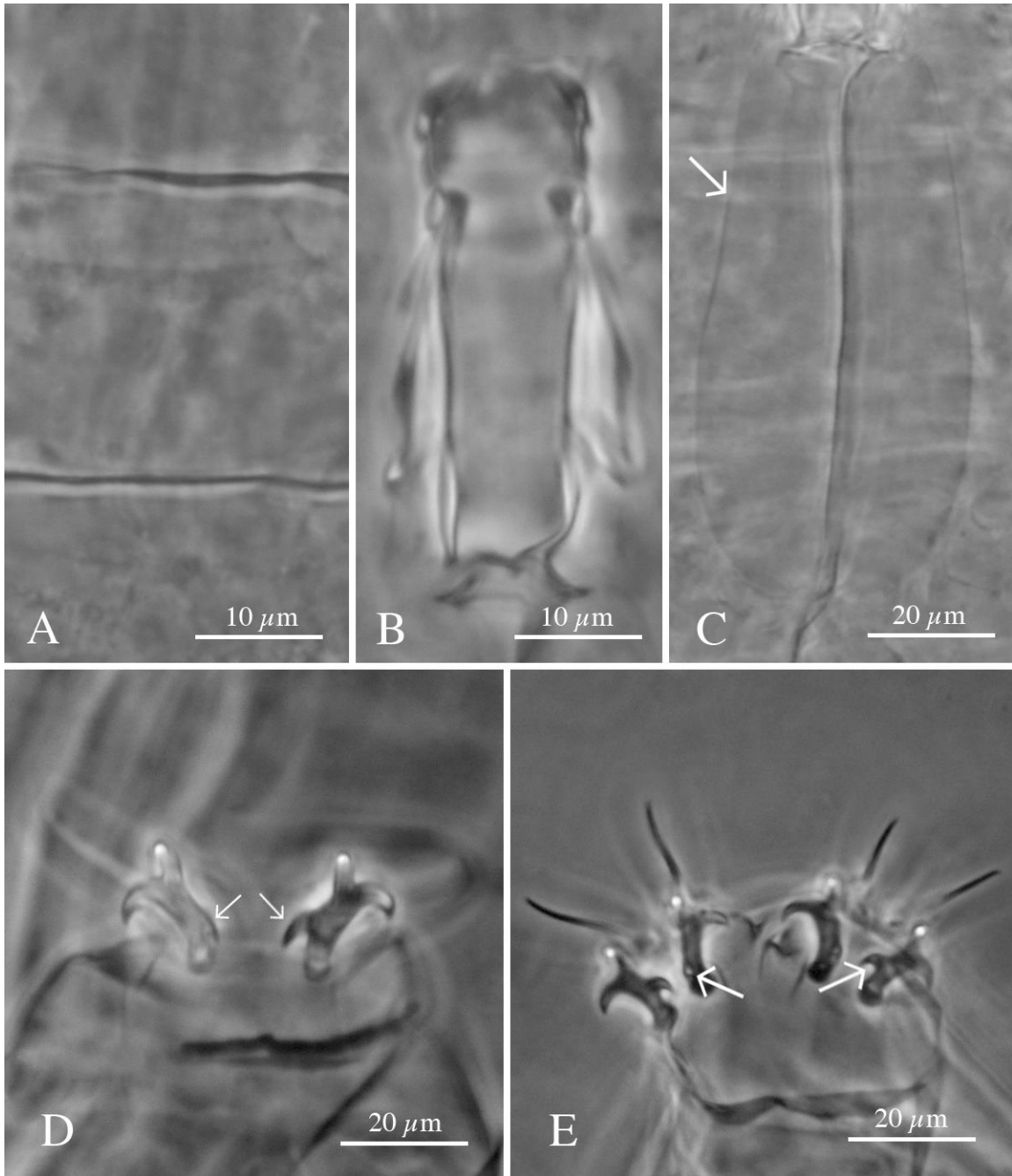
**Muestras:** TARDIS-127 (dos ejemplares); TARDIS-140 (tres ejemplares); TARDIS-144 (tres ejemplares).

**Musgos asociados:** *Neckera chlorocaulis* y *Rhynchostegium scariosum*.

**Ejemplares medidos:** ocho (Tabla 11).

**Comentarios taxonómicos:** Difiere de otras especies que presentan una configuración de garras [3-3] - [3-3], por presentar una cutícula lisa (ornamentada en *M. alabamae*, *M. granulatum*, *M. argentinum*, *M. beatae* y *M. dornensis*) y particularmente de *M. zsalakoeae* por presentar un valor de *pt* de la rama primaria posterior IV menor a 93 % (mayor a 93 % en *M. zsalakoeae*).

**Observaciones:** Es el primer registro fuera de la localidad tipo en Himalaya, India.



**Figura 7.** *Milnesium longiungue*: A – cutícula dorsal; B - tubo bucal; C – bulbo faríngeo (la flecha indica la pared del bulbo); D – ramas secundarias de la pata II (las flechas indican la tercera punta de las garras); E – garras de la pata IV (las flechas indican la tercera punta de las garras). Todas las fotografías tomadas con MCF.

**Tabla 11.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Milnesium longiungue*. N = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estándar.

CARACTER	N	RANGO						MEDIA		SD	
		$\mu\text{m}$			<i>pt</i>			$\mu\text{m}$	<i>pt</i>	$\mu\text{m}$	<i>pt</i>
Longitud corporal	8	517	–	825	1072	–	1719	680	1483	152	266
Longitud de las papilas peribucales	6	7.1	–	11.6	19.6	–	24.2	9.4	20.9	1.5	1.7
Longitud de las papilas laterales	7	8.3	–	10.0	17.3	–	25.8	9.3	20.2	0.7	2.8
Tubo bucal											
Longitud	8	33.7	–	49.5		–		45.9	–	5.6	–
Punto de inserción de soporte de estilete	8	22.1	–	39.0	48.2	–	81.3	28.4	62.1	5.6	10.5
Ancho anterior	8	11.9	–	20.1	25.6	–	41.0	16.5	36.0	3.6	6.3
Ancho estándar	8	10.5	–	19.3	23.3	–	39.8	15.3	33.2	3.7	6.3
Ancho posterior	8	11.2	–	19.2	25.2	–	39.6	15.4	33.5	3.1	5.2
Relación ancho / largo estándar	8	23%	–	40%		–		33%	–	6%	–
Relación de ancho posterior / anterior	8	88%	–	98%		–		94%	–	4%	–
Longitudes de Garras I											
Rama primaria externa	7	13.9	–	22.0	30.1	–	44.4	17.9	39.3	3.6	6.2
Base externa + rama secundaria.	8	11.2	–	18.0	25.6	–	37.1	14.9	32.5	2.7	4.2
Espuela externa	6	1.1	–	1.4	2.2	–	2.9	1.2	2.5	0.1	0.3
Rama primaria interna	4	16.1	–	20.2	38.3	–	42.1	18.6	39.6	1.8	1.7
Base interna + rama secundaria.	8	10.8	–	17.6	23.7	–	36.3	13.9	30.4	2.5	4.4
Espuela interna	8	3.1	–	6.0	8.1	–	12.4	4.7	10.1	1.0	1.5
Longitudes de Garras II											
Rama primaria externa	8	16.8	–	26.9	38.0	–	56.0	21.8	47.6	4.0	6.3
Base externa + rama secundaria.	8	12.2	–	19.3	28.1	–	39.8	15.7	34.3	2.7	4.2
Espuela externa	2	0.9	–	1.3	1.9	–	2.7	1.1	2.3	0.3	0.6
Rama primaria interna	8	15.0	–	25.0	33.9	–	52.1	20.4	44.4	4.0	6.5
Base interna + rama secundaria.	8	11.6	–	17.9	26.6	–	37.3	14.9	32.6	2.1	3.6
Espuela interna	8	4.2	–	7.4	10.8	–	15.4	6.1	13.3	1.2	1.6
Longitudes de Garras III											
Rama primaria externa	6	18.5	–	26.1	38.5	–	54.4	22.2	46.7	3.8	6.7
Base externa + rama secundaria.	7	13.9	–	18.7	28.9	–	38.6	16.3	34.1	2.1	3.7
Espuela externa											
Rama primaria interna	6	18.7	–	25.5	38.9	–	53.1	22.0	46.2	3.3	5.9
Base interna + rama secundaria.	7	13.6	–	17.9	28.3	–	36.9	15.2	31.9	1.6	3.1
Espuela interna	7	4.2	–	7.9	8.7	–	16.0	5.9	12.4	1.5	2.8
Longitudes de Garras IV											
Rama primaria anterior	7	17.9	–	28.4	38.0	–	59.2	23.0	50.8	4.6	8.7
Base anterior + rama secundaria	7	12.7	–	19.9	26.0	–	41.5	15.7	34.8	3.1	6.1
Espolón anterior	7	4.6	–	6.7	9.6	–	14.0	5.4	12.0	0.8	1.6
Rama primaria posterior	7	20.2	–	31.8	41.9	–	66.3	25.6	56.4	5.3	10.1
Base posterior + rama secundaria	7	14.1	–	20.6	29.3	–	42.9	17.0	37.5	2.8	5.4
Espuela posterior	4	3.8	–	4.8	9.6	–	11.3	4.4	10.3	0.4	0.8



## *Milnesium tardigradum tardigradum* Doyère, 1840

### Diagnosis

Longitud corporal promedio 454  $\mu\text{m}$ , aunque llegan a sobrepasar los 1000  $\mu\text{m}$  (rango de 413 a 798 en los ejemplares examinados en el presente estudio). Cuerpo blanco - transparente en individuos pequeños y de color amarillento a marrón en los grandes. Ojos presentes. Cutícula lisa (Fig. 8A), sin granulación ni poros. Se presentan dos papilas laterales y seis peribucales (papila ventral más pequeña que las otras papilas). Aparato bucal del tipo *Milnesium*. Seis lamelas peribucales alrededor de la apertura bucal. Tubo bucal cilíndrico (diámetros anterior y posterior similares (Fig. 8B)). Bulbo faríngeo alargado, en forma de pera y sin placoides o séptulum (Fig. 8C). Garras del tipo *Milnesium*, delgadas. Ramas primarias en todas las patas con puntas accesorias presentes. Ramas secundarias con engrosamientos basales redondeados.

Ramas secundarias de las garras externas I-III y garras posteriores IV con dos puntas (Fig. 8D), las ramas secundarias de las garras internas I-III y garras anteriores IV con tres puntas. Configuración de las garras [2-3] - [3-2] (Fig. 8E). Barras cuticulares individuales, largas y transversales debajo de las garras I-III presentes. Huevos lisos y depositados en la exuvia (Morek, et al. 2016).

### Material examinado:

**Hábitat:** Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

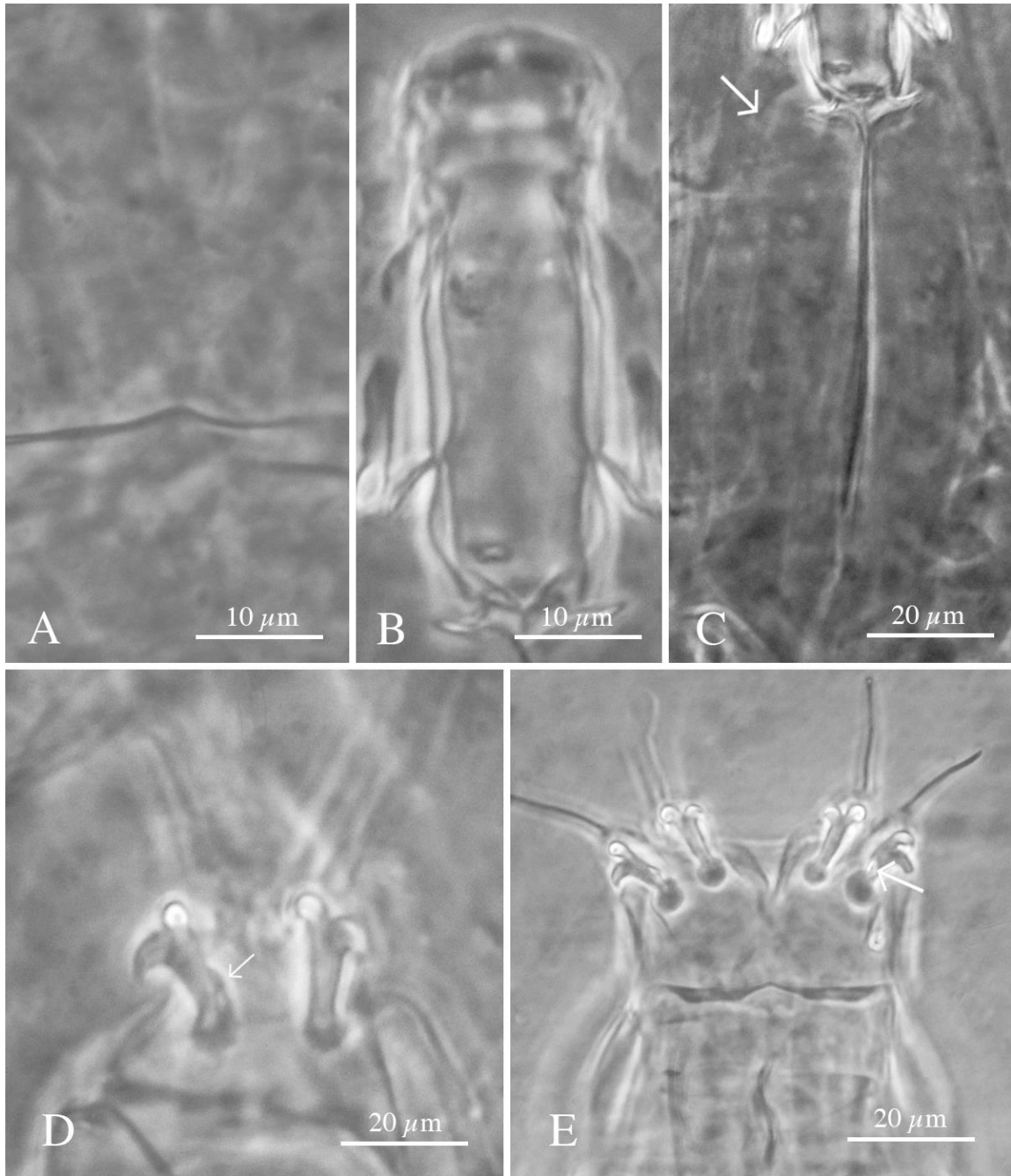
**Muestras:** TARDIS-13 (tres ejemplares); TARDIS-135 (tres ejemplares).

**Ejemplares medidos:** seis (Tabla 12).

**Musgos asociados:** *Brachythecium* sp. 2, *Hypnum amabile* y *Neckera chlorocaulis*.

**Comentarios taxonómicos:** Difiere de otras especies del género que presentan una configuración de garras [2-3] - [3-2] y seis lamelas peribucales, por presentar la cutícula lisa, a diferencia de *M. krzysztofi* y *M. Beasleyi* que presentan pseudoporos. Las puntas accesorias en las garras primarias están presentes en todas las patas, ausentes en *M. reductum*.

**Observaciones:** La especie es cosmopolita y en México fue registrada en los estados de Chihuahua, México y Morelos, por Schuster (1971) y posteriormente por Beasley (1972). Kaczmarek et al. (2011) mencionan que los registros previos deben ser verificados para corroborar las identificaciones. Los ejemplares en el presente trabajo coinciden en los caracteres de la descripción original, con la diagnosis de Michalczyk et al. (2012), y con los rasgos mencionados por Morek et al. (2019).



**Figura 8.** *Milnesium tardigradum tardigradum*: A – cutícula dorsal; B - tubo bucal; C – bulbo faríngeo (la flecha indica la pared del bulbo); D – garras de la pata II (la flecha indica la tercera punta de las garras externas); E – garras de la pata IV (la flecha indica la tercera punta de las garras posteriores). Todas las fotografías tomadas con MCF.

**Tabla 12.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Milnesium tardigradum tardigradum*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estándar.

CARACTER	N	RANGO						MEDIA		SD	
		$\mu\text{m}$			<i>pt</i>			$\mu\text{m}$	<i>pt</i>	$\mu\text{m}$	<i>pt</i>
Longitud corporal	6	413	–	798	1234	–	1667	648	1496	159	154
Longitud de las papilas peribucales	6	7.0	–	10.1	16.9	–	21.5	8.5	20.0	1.1	1.3
Longitud de las papilas laterales	6	7.2	–	10.6	19.6	–	23.7	9.0	21.2	1.3	1.3
Tubo bucal											
Longitud	6	32.6	–	50.7		–		42.7	–	6.8	–
Punto de inserción de soporte de estilete	6	21.0	–	31.7	61.6	–	65.6	27.3	64.1	4.1	1.4
Ancho anterior	6	10.8	–	21.3	33.1	–	42.0	16.8	38.9	3.8	3.2
Ancho estándar	6	9.4	–	19.9	28.8	–	39.8	15.5	35.8	4.0	4.0
Ancho posterior	6	10.1	–	19.2	31.0	–	39.6	15.4	35.7	3.5	2.9
Relación ancho / largo estándar	6	29%	–	40%		–		36%	–	4%	–
Relación de ancho posterior / anterior	6	90%	–	96%		–		92%	–	2%	–
Longitudes de Garras I											
Rama primaria externa	6	12.8	–	19.9	38.8	–	46.7	17.1	40.8	2.8	2.6
Base externa + rama secundaria.	6	10.1	–	16.1	30.1	–	36.4	13.9	32.5	2.1	1.9
Espuela externa	3	1.3	–	1.8	3.4	–	5.3	1.7	4.3	0.2	0.8
Rama primaria interna	4	14.7	–	19.7	37.4	–	46.9	17.2	41.4	2.1	3.5
Base interna + rama secundaria.	6	9.7	–	17.8	29.8	–	36.3	14.2	33.1	3.0	2.3
Espuela interna	6	2.0	–	7.1	6.1	–	14.0	4.5	10.1	1.7	2.7
Longitudes de Garras II											
Rama primaria externa	6	15.7	–	21.1	40.0	–	49.9	19.0	44.8	1.8	3.6
Base externa + rama secundaria.	6	11.1	–	19.4	30.2	–	39.8	15.5	35.9	3.4	3.2
Espuela externa	1	1.6	–	1.9	3.7	–	4.6	1.8	4.1	0.2	0.5
Rama primaria interna	6	13.9	–	21.3	40.6	–	46.5	18.4	43.3	2.5	2.0
Base interna + rama secundaria.	6	10.5	–	19.1	32.2	–	37.9	15.0	34.8	3.0	2.0
Espuela interna	6	3.1	–	8.6	9.5	–	17.0	5.5	12.6	1.9	2.6
Longitudes de Garras III											
Rama primaria externa	4	17.3	–	22.0	39.6	–	64.7	20.2	49.2	1.6	9.6
Base externa + rama secundaria.	5	12.7	–	19.2	31.9	–	55.5	17.1	40.7	2.4	8.3
Rama primaria interna	4	17.5	–	25.6	39.3	–	76.0	20.6	50.5	2.6	12.4
Base interna + rama secundaria.	5	12.4	–	17.9	31.2	–	47.2	15.6	37.1	1.9	5.6
Espuela interna	4	3.0	–	8.3	7.5	–	20.8	5.7	13.6	1.9	4.8
Longitudes de Garras IV											
Rama primaria anterior	6	16.8	–	29.6	51.5	–	58.4	23.3	55.3	4.7	2.3
Base anterior + rama secundaria	6	11.6	–	21.1	35.6	–	42.5	16.5	39.1	3.6	2.8
Espuela anterior	6	1.6	–	7.9	4.0	–	15.6	4.8	11.4	1.9	3.5
Rama primaria posterior	6	19.1	–	28.2	52.9	–	61.6	24.4	58.3	3.2	3.0
Base posterior + rama secundaria	6	13.0	–	22.3	37.9	–	46.7	17.7	41.9	3.6	2.8
Espuela posterior	2	0.2	–	2.9	0.5	–	5.7	1.5	3.5	0.8	1.5

## *Milnesium* sp. nov.

### Diagnosis

Longitud corporal entre 403 – 556  $\mu\text{m}$  y con un promedio 479  $\mu\text{m}$ , con un rango de *pt* de 788 – 993 y un *pt* promedio de 902. Cuerpo alargado y reducido hacia los dos extremos (anterior y posterior), de color blanco-transparente. Ojos presentes. Cutícula lisa (Fig. 9A). Aparato bucal del tipo *Milnesium*. Tubo bucal cilíndrico (Fig. 9B), con una longitud promedio de 52.5  $\mu\text{m}$ . Bulbo faríngeo muy alargado, en forma de pera y sin placoides o séptulum (Fig. 9C). En la apertura bucal se presentan seis papilas peribucales (papila ventral más pequeña que las otras papilas (Fig. 9D).

Garras del tipo *Milnesium*, delgadas. Ramas secundarias de las garras externas I-III, garras posteriores IV, ramas secundarias de las garras internas I-III y garras anteriores IV con tres puntas (configuración de garras [3-3] - [3-3]; Figs. 9E y 9F). Barras cuticulares individuales, largas y transversales debajo de las garras I-III presentes (Fig. 9F). Ramas primarias en todas las patas con puntas accesorias. Ramas secundarias con engrosamientos basales redondeados (Fig. 9G). Huevos lisos y depositados en la exuvia.

### Material examinado:

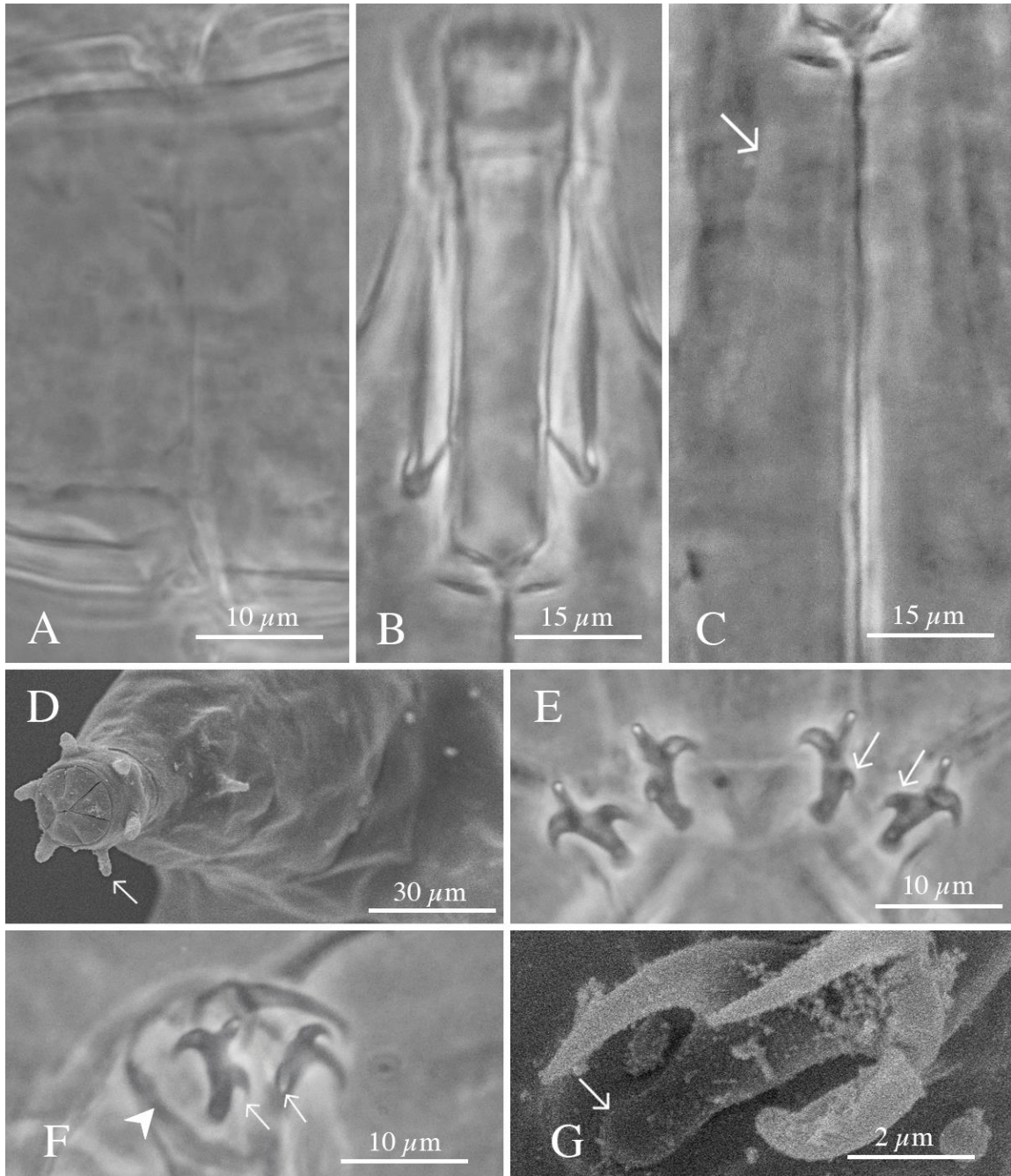
**Hábitat:** Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm.

**Muestra:** TARDIS-134 (18 ejemplares).

**Ejemplares medidos:** diez (Tabla 13).

**Musgos asociados:** *Neckera chlorocaulis* y *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum*.

**Comentarios taxonómicos:** Difiere de otras especies que presentan una configuración de garras [3-3] - [3-3], por presentar una cutícula lisa, la cual es esculpida en *M. alabamae*, *M. granulatum*, *M. argentinum*, *M. beatae* y *M. dornensis*. Tiene puntas accesorias en todas las garras (ausentes en *M. longiungue* y *M. zsalakoe*). Las espuelas tienen una longitud similar en las ramas secundarias anteriores y posteriores, en *M. shilohae* las espuelas de las ramas secundarias anteriores son considerablemente más largas que las posteriores. Se diferencia por el valor del *pt* de la rama primaria posterior en la pata IV (mayor a 38.9 % en *M. sp. nov.*; menor a 35 % en *M. Brachyungue*). El valor de *pt* de la relación ancho - largo estándar del tubo bucal es de 30 % (mayor a 50 % en *M. eurystomum* y *M. Bohleberi*). Por presentar ojos (ausentes en *M. barbadosense*). Por el valor de *pt* de la rama primaria de las garras IV (38 % en *M. sp. nov.*; mayor a 60 % en *M. asiaticum*). Por presentar un valor de *pt* del punto de inserción de soporte de los estiletes de 84.7 % (menor a 69 % en *M. alpigenum*). Específicamente se diferencia de *M. antarcticum* (la especie más parecida y descrita de Alemania), por presentar una longitud del tubo bucal de 55.9 en (57  $\mu\text{m}$  en *M. alpigenum*), una longitud del ancho estándar del tubo bucal de 15.5  $\mu\text{m}$  (mayor a 22  $\mu\text{m}$  en *M. alpigenum*) y por presentar una longitud de la rama primaria posterior IV de 20  $\mu\text{m}$  (mayor a 31  $\mu\text{m}$  en *M. alpigenum*).



**Figura 9.** *Milnesium* sp. nov.: A – cutícula dorsal; B - tubo bucal; C – bulbo faríngeo (la flecha indica la pared del bulbo); D – papilas peribucales (la flecha indica la papila de menor tamaño); E – garras de la pata IV (la flecha indica la tercera punta de las garras posteriores); F – garras de la pata II (la flecha indica la tercera punta de las garras secundarias; el puntero indica la barra cuticular); G – garras IV (la flecha indica la base redondeada). A, B, C, E y F – MCF; D y G – Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

**Tabla 13.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Milnesium* sp. nov. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones ; **SD** = desviación estandar.

CARACTER	N	RANGO				MEDIA		SD			
		$\mu\text{m}$		<i>pt</i>		$\mu\text{m}$	<i>pt</i>	$\mu\text{m}$	<i>pt</i>		
Longitud corporal	9	425	–	598	805	–	1632	511	1028	81	341
Longitud de las papilas peribucales	6	7.4	–	9.9	12.2	–	28.4	8.7	16.9	0.9	5.9
Longitud de las papilas laterales	7	4.9	–	6.7	9.6	–	18.8	6.0	12.7	0.8	4.1
Tubo bucal											
Longitud	9	26.1	–	67.2		–		55.9	–	15.4	–
Punto de inserción de soporte de estilete	10	37.4	–	48.5	70.4	–	147.9	43.6	84.7	4.6	31.0
Ancho anterior	9	14.9	–	25.3	26.9	–	57.1	19.7	37.2	3.9	10.4
Ancho estándar	8	12.4	–	19.9	19.2	–	47.9	15.5	29.8	2.9	9.8
Ancho posterior	10	11.6	–	18.7	18.4	–	44.4	14.1	27.0	2.8	9.1
Relación ancho / largo estándar	7	19%	–	48%		–		30%	–	10%	–
Relación de ancho posterior / anterior	10	65%	–	78%		–		72%	–	5%	–
Longitudes de Garras I											
Rama primaria externa	9	14.9	–	21.4	27.0	–	57.1	17.5	36.7	2.8	13.8
Base externa + rama secundaria.	10	12.4	–	15.1	21.9	–	47.5	14.0	28.8	1.2	12.5
Espuela externa	3	4.4	–	6.2	7.6	–	16.9	5.4	10.5	0.8	3.7
Rama primaria interna	9	14.9	–	18.6	22.2	–	29.9	16.8	27.2	1.5	3.1
Base interna + rama secundaria.	10	11.2	–	15.1	17.3	–	23.9	13.7	22.2	1.8	2.8
Espuela interna	5	3.7	–	4.7	7.1	–	7.6	4.2	7.3	0.7	0.3
Longitudes de Garras II											
Rama primaria externa	10	15.0	–	22.1	26.9	–	57.5	17.7	34.1	2.5	11.6
Base externa + rama secundaria.	10	11.2	–	16.1	20.2	–	47.5	13.7	26.7	1.9	10.4
Espuela externa	5	3.9	–	6.4	6.5	–	14.9	4.9	9.7	1.1	3.7
Rama primaria interna	10	14.9	–	18.3	24.7	–	57.1	16.3	32.2	1.4	13.9
Base interna + rama secundaria.	10	10.4	–	15.4	16.1	–	23.9	13.5	21.0	2.3	3.5
Espuela interna	4	3.9	–	5.7	6.3	–	9.2	5.1	8.0	1.0	1.5
Longitudes de Garras III											
Rama primaria externa	9	15.6	–	22.4	27.4	–	59.8	19.2	37.0	2.5	12.3
Base externa + rama secundaria.	10	11.1	–	16.2	21.0	–	42.9	13.3	26.4	2.2	9.3
Espuela externa	3	6.5	–	6.5	10.4	–	10.4	6.5	10.4	?	?
Rama primaria interna	9	15.1	–	19.9	24.1	–	57.9	17.1	33.6	1.9	13.7
Base interna + rama secundaria.	10	9.9	–	13.8	19.5	–	37.9	12.2	24.5	1.7	7.6
Espuela interna	2	4.7	–	6.2	10.0	–	18.0	5.5	14.0	1.1	5.7
Longitudes de Garras IV											
Rama primaria anterior	9	17.8	–	22.4	27.5	–	69.3	19.3	38.0	2.0	15.6
Base anterior + rama secundaria	9	14.9	–	17.4	23.9	–	57.1	16.3	32.0	0.8	12.5
Espuela anterior	5	5.1	–	6.2	7.9	–	9.3	5.7	8.6	0.8	1.0
Rama primaria posterior	9	16.2	–	24.9	29.2	–	62.1	20.3	38.9	3.1	11.9
Base posterior + rama secundaria	9	12.7	–	17.4	24.9	–	48.7	15.3	32.5	2.0	10.9
Espuela posterior	2	4.9	–	5.7	8.7	–	18.8	5.3	12.8	0.4	5.3

## Clase **Eutardigrada** Richters, 1926

Los apéndices cefálicos están ausentes. Las garras con ramas primarias y secundarias fusionadas, las garras muy raramente se reducen o se pierden. El bulbo faríngeo presenta placoides que rara vez se reducen o se pierden.

### **Orden Hypsibioidea** Pilato, 1969

Garras dobles asimétricas con respecto al plano medio de la pierna (2121), la garra externa (o posterior) a menudo con una rama principal flexible; garras dobles de diferente tamaño y forma en la misma pata (tipo *Hypsibius* y *Ramazzottius*, o modificadas), o de tamaño muy reducido (tipo *Calohypsibius* y *Microhypsibius*); tubo bucal a menudo muy estrecho (Bertolani et al., 2014).

### Familia **Hypsibiidae** Pilato, 1969

Garras dobles diferentes en forma y tamaño en la misma pata, garras de tipo *Hypsibius* externa (o posterior) con la rama secundaria formando un gancho continuo con su tracto basal y la rama primaria conectada al tracto basal con una parte flexible. Séptulum presente en algunos géneros. Huevos lisos (pero rara vez adornados débilmente) colocados dentro de la exuvia (Pilato y Binda, 2010).

### **Subfamilia Diphasconinae** Dastych, 1992

Tubo bucal rígido seguido de un tubo faríngeo anular, con un engrosamiento cuticular entre ellos (a menudo en forma de gota, en ocasiones muy poco evidente); bulbo faríngeo en forma de óvalo alargado, siempre con 3 macropilacoides en línea, en ocasiones con un micropilacoide y/o séptulum. Apófisis faríngeas generalmente están presentes y bien desarrolladas (Bertolani et al., 2014).

### **Género Diphascon** Plate, 1888

Mismos caracteres que la subfamilia (Bertolani et al., 2014).  
Especie tipo: *Diphascon chilense* Plate, 1888

### *Diphascon ongulense* (Morikawa, 1962)

Cutícula lisa (sin granulación, poros o reticulación) (Fig. 10A). Engrosamiento en forma de gota entre el tubo bucal y el tubo faríngeo (Fig. 10B). Tres macropilacoides presentes de forma redonda, séptulum presente, micropilacoide ausente (Fig. 10C). Hilera de macropilacoides más corta que la mitad de la longitud del tubo bucal. Los soportes de los estiletes insertados en el tubo bucal en promedio a 72.8% de su longitud. La longitud de los macropilacoides aumenta desde el primero al tercero. Lúnulas u otros engrosamientos cuticulares en las patas ausentes (Figs. 10D y 10E). Las ramas de las garras poco desarrolladas (Bertolani et al., 2014).

**Material examinado:**

**Hábitat:** Sitio 1. Bosque de pino. Altitud: 2937 msnm; Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

**Muestras:** TARDIS-13 (dos ejemplares), TARDIS-16 (tres ejemplares), TARDIS-18 (seis ejemplares), TARDIS-116 (ocho ejemplares), TARDIS-123 (un ejemplar), TARDIS-124 (un ejemplar), TARDIS-125 (dos ejemplares), TARDIS-126 (cuatro ejemplares), TARDIS-156 (un ejemplar), TARDIS-174 (tres ejemplares).

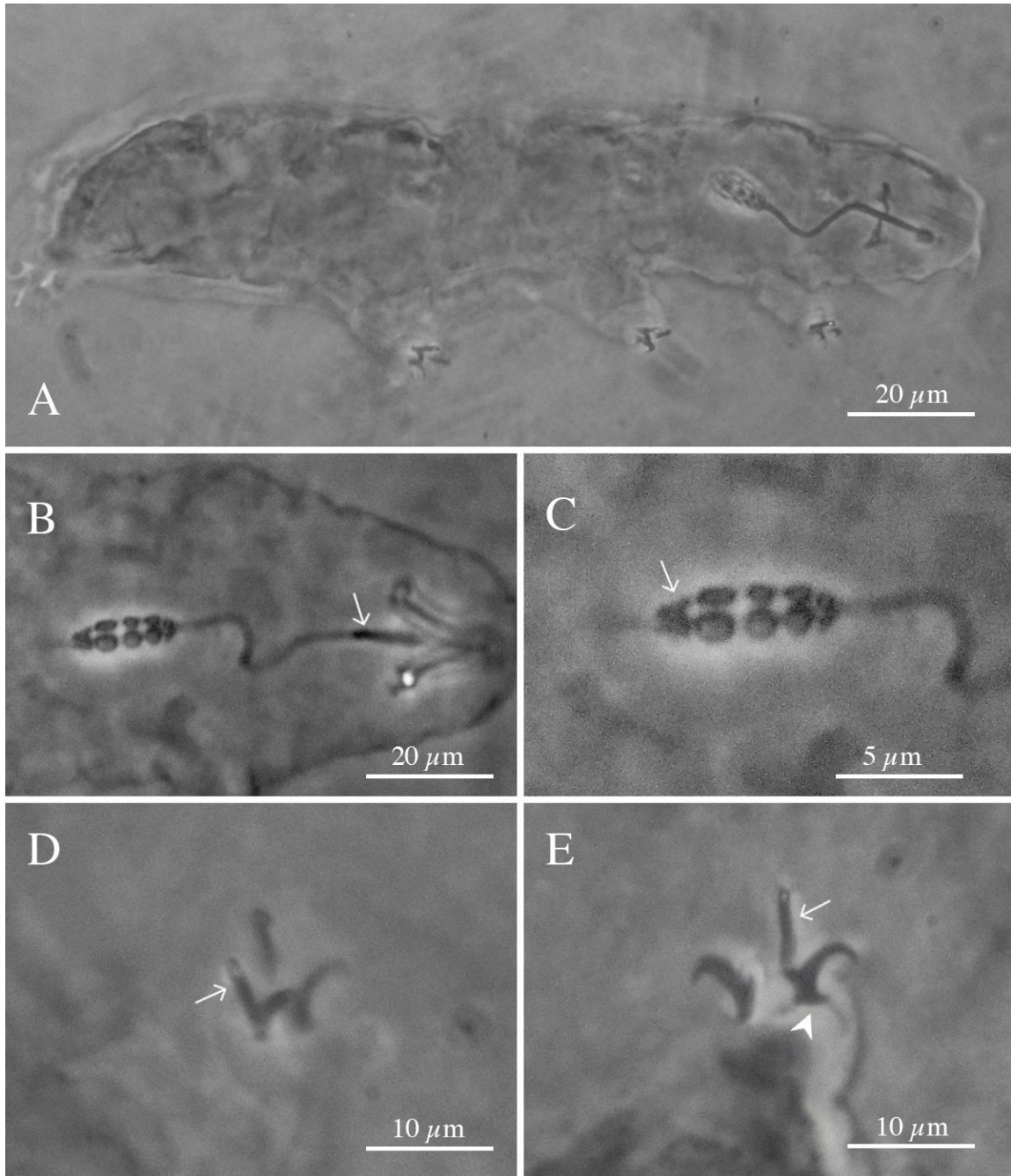
**Ejemplares medidos:** diez (Tabla 14).

**Musgos asociados:** *Bryum billarderi*, *Campylopus* cf. *fragilis*, Hypnaceae sp., *Hypnum amabile*, *Hypnum* sp., *Leptodontium flexifolium*, *Neckera chlorocaulis*, Pottiaceae sp. 2, *Rhexophyllum subnigrum*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum* y *Zygodon obtusifolius*.

**Comentarios taxonómicos:** Dentro de la familia Hypsibiidae, el género *Diphascon* difiere del género *Adropion* por el engrosamiento cuticular en forma de gota (ausente en *Adropion* y presente en *Diphascon*). *Diphascon ongulense* difiere de las especies dentro de los grupos *pingue* y *nobilei* por la configuración del bulbo faríngeo (microplacoide y séptulum presentes en el grupo *pingue*, microplacoide presente y séptulum ausente en el grupo *nobilei*, microplacoide ausente y séptulum presente en *D. ongulense*).

**Observaciones:** Es el primer registro de la especie para México.





**Figura 10.** *Diphascocon ongulense*: A – habitus; B – aparato bucofaríngeo (la flecha indica el engrosamiento entre el tubo bucal y el tubo faríngeo); C – bulbo faríngeo (la flecha indica el séptulum); D – garras de la pata II (la flecha indica la rama primaria); E – garras de la pata IV (la flecha indica la rama primaria, el puntero indica la base de las garras externas). Todas las imágenes tomadas con MCF.

**Tabla 14.** Mediciones y valores de *pt* de ejemplares y estructuras de *Diphascosca ongulense*. N = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estandar.

CARACTER	N	RANGO						MEDIA		SD	
		$\mu\text{m}$			<i>pt</i>			$\mu\text{m}$	<i>pt</i>	$\mu\text{m}$	<i>pt</i>
Longitud corporal	10	139	–	299	739	–	943	210	838	56	60
Tubo bucofaríngeo											
Longitud del tubo bucal	10	18.8	–	32.9		–		24.8	–	5.1	–
Punto de inserción de soporte de los estiletes	10	13.5	–	23.0	69.9	–	74.9	18.1	72.8	3.6	1.5
Ancho externo del tubo bucal	10	2.1	–	4.2	9.6	–	20.1	3.0	12.5	0.7	3.3
Ancho interno del tubo bucal	10	0.7	–	2.8	3.7	–	13.4	1.5	6.3	0.7	3.1
Longitudes placoides											
Macroplacoide 1	10	1.2	–	3.3	6.1	–	15.8	2.1	8.7	0.7	3.1
Macroplacoide 2	10	1.4	–	3.5	6.9	–	16.7	2.5	10.0	0.8	3.1
Macroplacoide 3	10	1.8	–	4.0	8.3	–	19.1	2.9	11.6	0.8	3.3
Fila macroplacoide	10	5.4	–	11.0	26.6	–	35.9	7.7	30.9	2.0	3.2
Séptulum	10	1.3	–	3.4	6.7	–	15.9	2.3	9.7	0.7	3.1
Longitudes de garras I											
Base externa	8	2.1	–	7.1	10.0	–	24.2	5.0	19.1	1.6	4.3
Rama primaria externa	7	2.1	–	12.2	10.0	–	37.1	7.8	28.9	3.5	9.4
Rama secundaria externa	6	2.1	–	8.7	10.0	–	32.6	6.1	25.3	2.2	7.9
Base interna	9	3.4	–	5.7	15.4	–	27.3	4.4	18.8	0.8	3.6
Rama primaria interna	9	5.6	–	10.1	21.6	–	41.6	7.8	32.0	1.6	5.8
Rama secundaria interna	9	3.6	–	6.6	17.7	–	31.1	5.3	22.4	1.1	4.2
Longitudes de garras II											
Base externa	9	3.3	–	6.3	17.0	–	25.8	5.0	20.8	1.0	2.9
Rama primaria externa	9	5.5	–	12.5	27.1	–	47.4	8.4	35.3	2.1	6.9
Rama secundaria externa	8	4.5	–	9.3	20.6	–	38.8	7.0	30.7	1.5	5.2
Base interna	10	2.9	–	8.1	15.4	–	24.6	4.6	18.5	1.4	3.5
Rama primaria interna	9	5.6	–	11.1	25.7	–	53.1	8.7	35.8	1.9	8.9
Rama secundaria interna	10	4.2	–	7.7	19.3	–	33.5	6.2	25.3	1.2	4.1
Longitudes de garras III											
Base externa	8	3.4	–	8.1	17.0	–	30.7	5.3	22.9	1.5	5.3
Rama primaria externa	9	6.9	–	13.5	31.7	–	47.4	9.3	38.9	2.1	6.0
Rama secundaria externa	9	4.1	–	11.6	18.8	–	41.4	7.9	32.8	2.4	7.1
Base interna	9	3.3	–	8.0	17.0	–	30.2	5.3	22.1	1.5	5.0
Rama primaria interna	10	5.6	–	13.7	25.7	–	47.9	9.3	37.9	2.2	7.2
Rama secundaria interna	10	4.0	–	10.2	18.3	–	37.2	6.8	27.6	1.7	6.2
Longitudes de garras IV											
Base anterior	9	2.1	–	5.8	7.9	–	22.8	4.3	17.0	1.3	5.1
Rama primaria anterior	10	4.1	–	10.2	12.5	–	38.8	7.6	31.4	2.0	7.5
Rama secundaria anterior	9	3.1	–	8.1	9.4	–	27.8	5.4	21.9	1.5	5.4
Base posterior	9	3.1	–	6.7	9.4	–	27.8	4.9	20.0	1.4	5.7
Rama primaria posterior	10	5.1	–	13.2	15.5	–	45.5	8.3	34.0	2.3	8.2
Rama secundaria posterior	10	3.6	–	7.5	10.9	–	30.1	5.7	23.6	1.2	5.2

## Subfamilia Hypsibiinae Rudescu, 1964

Tubo bucal completamente rígido. Apófisis para la inserción de los músculos de los estiletes en forma de gancho (Bertolani et al., 2014)

### Género *Hypsibius* Ehrenberg, 1848

Garras del tipo *Hypsibius*. Aparato bucco-faríngeo del tipo *Hypsibius*, variante de *Hypsibius*. Seis lóbulos peribucales presentes. Apófisis faríngeas y placoides presentes. Estiletes con forma típica. Lúnulas ausentes en las especies conocidas. Huevos lisos depositados en la exuvia (excluyendo una o dos especies) (Pilato y Binda, 2010). Especie tipo: *Hypsibius dujardini* (Doyère, 1840).

### *Hypsibius dujardini* (Doyère, 1840)

#### Diagnosis

Longitud promedio del cuerpo 303  $\mu\text{m}$ . Ojos presentes. Cutícula lisa (Fig. 11A). Apertura bucal rodeada por un anillo peribucal delgado sin papulas ni papilas. La armadura de la cavidad oral consiste de 3 a 4 filas de dientes cónicos diminutos ubicados en el pliegue del anillo (Fig. 11B). Tubo bucal corto y estrecho, de aproximadamente 2  $\mu\text{m}$  de diámetro (Fig. 11C). La faringe oval, con apófisis y dos macroplacoides con forma de bastón, delgadas, de aproximadamente la misma longitud; microplacoide ausente, séptulum presente.

Las dos garras dobles de cada pata tienen un tamaño muy diferente, la porción basal común de las dos ramas es muy corta y la rama principal con puntos accesorios (Figs. 11D y 11E). Barras cuticulares ausentes. Los huevos son lisos y depositados en la exuvia (Fig. 11F) (Ramazzotti y Maucci, 1983; Miller et al., 2005).

#### Material examinado:

**Hábitat:** Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm.

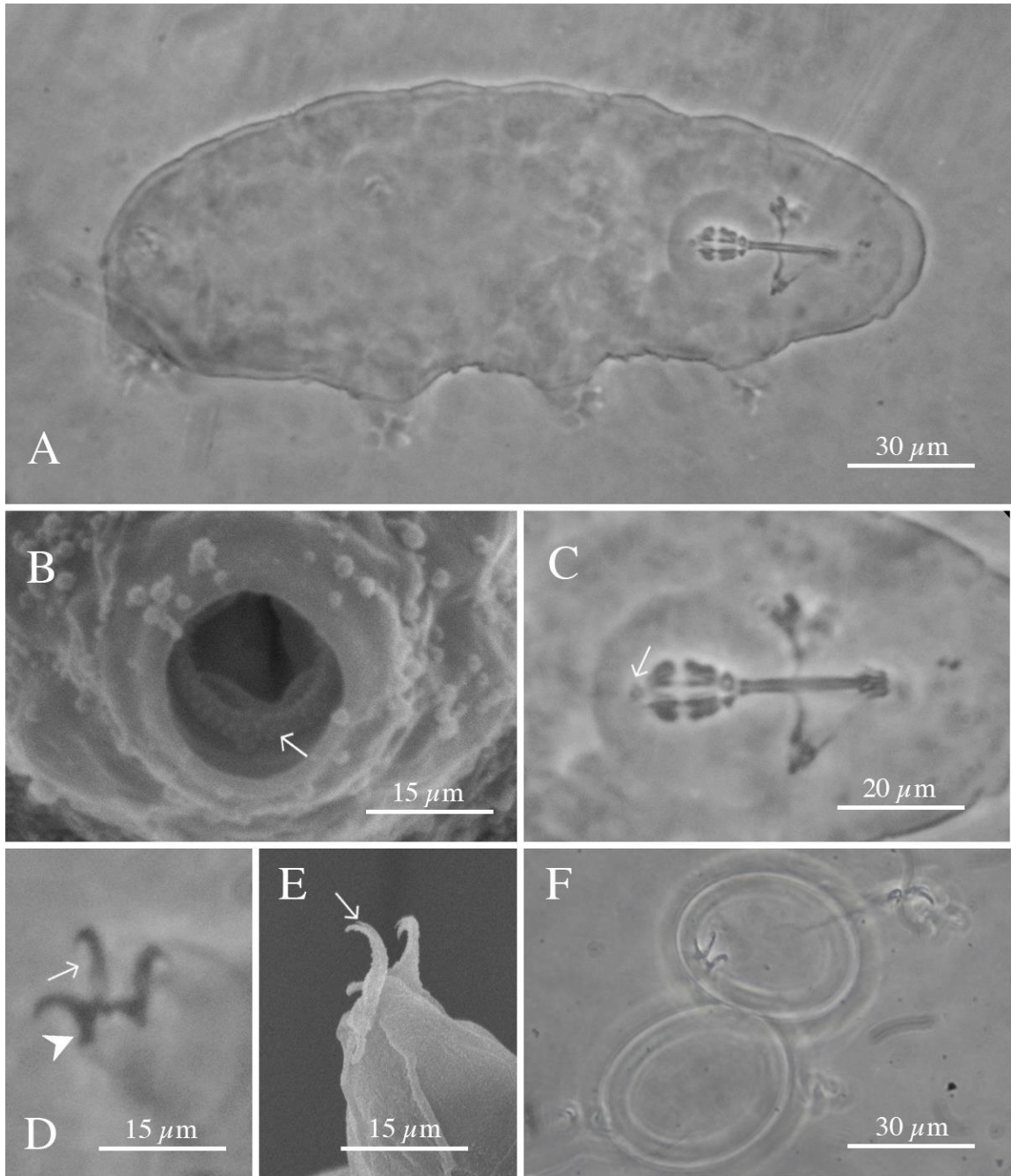
**Muestras:** TARDIS-16 (seis ejemplares), TARDIS-140 (ocho ejemplares), TARDIS-134 (dos ejemplares).

**Ejemplares medidos:** 12 (Tabla 15).

**Musgos asociados:** *Campylopus* cf. *fragilis*, *Hypnum* sp. y *Neckera chlorocaulis*.

**Comentarios taxonómicos:** Difiere de otras especies del grupo *dujardini* por la presencia de séptulum (ausente en *H. allisoni* y *H. convergens*). *H. pedrotti* también presenta séptulum, sin embargo, *H. dujardini* difiere específicamente de éste por la ausencia de microplacoide (presente en *H. pedrotti*).

**Observaciones:** La localidad tipo de la especie se encuentra en Francia, sin embargo ha sido reportada en distintos países a lo largo del mundo. Actualmente en el continente americano está reportada para Argentina, Bolivia, Canadá, Chile, Costa Rica, Groenlandia, Ecuador, Estados Unidos y Uruguay (Kaczmarek et al., 2014a, 2015, 2016). Este es el primer registro de la especie para México.



**Figura 11.** *Hypsibius dujardini*: A – habitus; B – anillo peribucal y armadura de la vavidad oral (la flecha indica la hilera de dientes cónicos situada en el pliegue del anillo); C – aparato bucofaríngeo (la flecha indica el séptulum); D – garras de la pata 3 (la flecha indica la rama primaria, el puntero indica la base de la rama secundaria); E – garras de la pata 2 (la flecha indica las puntas accesorias); F – huevos en exuvia. B y E – MEB; A, C, D, F – MCF.

**Tabla 15.** Mediciones y valores de pt de ejemplares y estructuras de *Hypsibius dujardini*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estandar.

CARACTER	N	RANGO						MEDIA		SD	
		μm			pt			μm	pt	μm	pt
Longitud del cuerpo	12	255	–	335	1094	–	1332	303	1201	25	73
Tubo bucofaríngeo											
Longitud del tubo bucal	12	23.1	–	27.4		–		25.2	–	1.2	–
Punto de inserción del soporte de los estiletes	12	13.7	–	17.1	59.3	–	65.2	15.7	62.2	1.0	1.5
Ancho externo del tubo bucal	12	1.9	–	2.3	7.8	–	9.4	2.2	8.6	0.1	0.5
Ancho interno del tubo bucal	12	0.8	–	1.2	3.2	–	4.5	1.0	4.0	0.1	0.4
Longitudes de placoides											
Macroplacoides 1	12	3.6	–	4.8	15.5	–	19.2	4.2	16.5	0.3	1.0
Macroplacoides 2	12	2.4	–	3.8	10.3	–	15.2	3.2	12.8	0.4	1.3
Séptulum	12	1.0	–	1.7	4.0	–	6.4	1.3	5.3	0.2	0.9
Fila de macroplacoides	12	6.7	–	9.2	28.8	–	36.8	8.3	33.1	0.7	2.2
Longitudes de garras I											
Base externa	10	3.1	–	4.5	13.4	–	18.0	4.0	15.9	0.4	1.5
Rama primaria externa	5	8.9	–	10.3	35.5	–	41.5	9.5	38.3	0.7	2.6
Rama secundaria externa	10	6.3	–	7.9	26.4	–	31.3	7.2	28.5	0.6	1.6
Base interna	12	2.7	–	4.2	11.6	–	16.3	3.6	14.3	0.5	1.5
Rama primaria interna	8	6.4	–	7.7	24.2	–	30.8	7.0	27.2	0.6	2.2
Rama secundaria interna	8	4.7	–	5.9	19.1	–	22.9	5.2	20.2	0.4	1.3
Longitudes de garras II											
Base externa	12	3.3	–	5.3	14.2	–	21.2	4.5	18.0	0.5	2.0
Rama primaria externa	8	8.4	–	11.5	34.3	–	46.0	9.9	40.0	1.3	4.2
Rama secundaria externa	11	6.6	–	8.6	24.1	–	32.8	7.4	29.4	0.6	2.3
Base interna	11	2.9	–	4.3	12.4	–	17.1	3.9	15.3	0.4	1.4
Rama primaria interna	7	7.7	–	9.4	29.9	–	34.8	8.3	32.4	0.6	1.9
Rama secundaria interna	9	4.6	–	6.1	17.8	–	24.0	5.4	21.2	0.6	2.2
Longitudes de garras III											
Base externa	11	4.3	–	5.6	17.5	–	22.1	4.9	19.5	0.5	1.7
Rama primaria externa	8	8.4	–	11.5	36.4	–	45.6	10.0	40.4	1.2	3.6
Rama secundaria externa	11	6.3	–	8.3	25.3	–	32.9	7.3	29.0	0.6	2.2
Base interna	9	3.1	–	4.6	13.3	–	18.4	4.0	15.6	0.5	1.8
Rama primaria interna	4	7.7	–	9.0	30.1	–	35.2	8.3	32.3	0.7	2.3
Rama secundaria interna	7	5.3	–	6.9	20.7	–	26.8	6.1	24.0	0.5	2.0
Longitudes de garras IV											
Base anterior	12	3.3	–	4.8	13.4	–	19.0	4.2	16.6	0.5	1.8
Rama primaria anterior	10	7.1	–	9.1	27.6	–	35.2	8.2	32.3	0.6	2.0
Rama secundaria anterior	6	5.7	–	6.5	22.2	–	23.7	6.0	23.1	0.3	0.6
Base posterior	12	4.3	–	5.7	16.7	–	22.6	5.0	20.0	0.4	1.5
Rama primaria posterior	12	10.0	–	13.2	42.9	–	53.7	12.4	49.4	0.9	2.7
Rama secundaria posterior	11	6.3	–	8.7	27.0	–	33.2	7.6	30.1	0.6	1.9

### **Subfamilia Itaquasconinae** Pilato, 1969

Tubo bucal seguido de una porción flexible, sin engrosamiento cuticular entre ellos; la porción flexible es un tubo faríngeo anular en todos los géneros (excluido *Parascon*); bulbo faríngeo muy alargado; placoides muy largos y en línea, a veces reducidos a un revestimiento bulbar (Bertolani et al., 2014).

### **Género *Adropion*** Pilato, 1987

Engrosamiento cuticular en forma de gota entre el tubo bucal y el tubo faríngeo ausente; tubo bucofaríngeo largo y estrecho. Soportes de los estiletes evidentes. Seis lóbulos peribucales presentes. Apófisis faríngea bien desarrollada; bulbo faríngeo redondo esférico con dos macroplacoides, el primero en forma de bastón con una constricción, el segundo elíptico y mucho más corto que el primero; microplacoide ausente o presente, séptulum ausente o presente (Bertolani et al., 2014).

Especie tipo: *Adropion scoticum scoticum* (Murray, 1905)

### ***Adropion scoticum scoticum*** (Murray, 1905)

#### **Diagnosis**

Longitud corporal 210 – 471  $\mu\text{m}$  (313  $\mu\text{m}$  en promedio). Cutícula lisa, transparente - marrón. Ojos ausentes (Fig. 12A). Aparato buco-faríngeo del tipo *Diphascon* (*Adropion*). Espesor cuticular en forma de gota entre el tubo bucal y el tubo faríngeo ausente (Fig. 12B); tubo bucofaríngeo largo y estrecho. Furcas de los estiletes con forma típica. Seis lóbulos peribucales presentes. Apófisis faríngeas pobremente desarrolladas; bulbo faríngeo redondo esférico con tres macroplacoides alargados, con forma de bastón. Secuencia de macroplacoides  $2 < 1 < 3$  (Fig. 12C). Microplacoide y séptulum presente (Fig. 12D). Garras del tipo *Hypsibius*. Puntas accesorias presentes. Lúnulas ausentes. Barra cuticular cerca de las garras ausente en todas las patas (Fig. 12E). Huevos desconocidos.

#### **Material examinado:**

**Hábitat:** Sitio 1. Bosque de pino. Altitud: 2937 msnm; Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

**Muestras:** TARDIS-13 (un ejemplar), TARDIS-14 (un ejemplar), TARDIS-116 (un ejemplar), TARDIS-126 (un ejemplar), TARDIS-174 (un ejemplar).

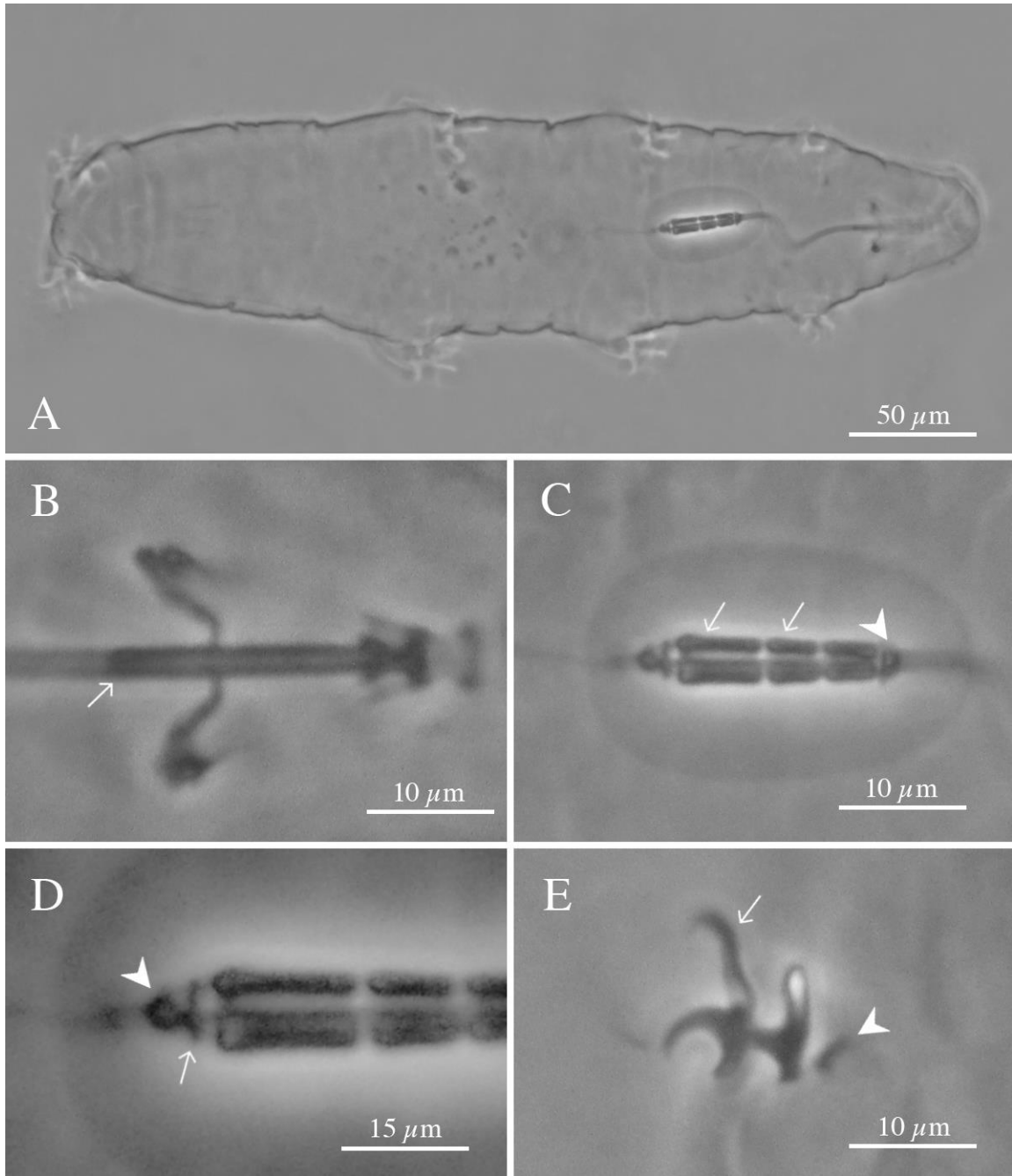
**Ejemplares medidos:** cinco (Tabla 16).

**Musgos asociados:** *Campylopus* cf. *fragilis*, *Hypnum* sp., *Neckera chlorocaulis* y *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum*.

**Comentarios taxonómicos:** Difiere del género *Diphascon* por carecer de un engrosamiento cuticular en forma de gota entre el tubo bucal y el tubo faríngeo; y del género *Pilatobius* por presentar tres macroplacoides en lugar de dos macroplacoides como *Pilatobius*. *Adropion scoticum* se conforma por tres subespecies (*A. scoticum ommatophorum*, *A. scoticum qinlingensis* y *A. scoticum scoticum*). *A. scoticum scoticum* se distingue de *A. scoticum qinlingensis* por la base de las garras primarias (base de la rama externa contraída en *A.*

*scoticum qinlingensis*, base expandida en *A. scoticum scoticum*). Y por la ausencia de ojos (presentes en *A. scoticum ommatophorum*).

**Observaciones:** La especie fue descrita de Escocia, en América ha sido reportada en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Groenlandia, Perú y Uruguay (Kaczmarek et al., 2014a, 2015, 2016). Es el primer registro de la especie para México.



**Figura 12.** *Adropion scoticum scoticum*: A – habitus; B – aparato bucofaríngeo (la flecha indica el límite del tubo bucal con el tubo faríngeo); C – placoides y apófisis del tubo faríngeo (las flechas indican los placoides, el puntero indica las apófisis); D – bulbo faríngeo (la flecha indica el microplacoide, el puntero indica el séptulum); E – garras de la pata III (la flecha indica las ramas primarias, el puntero indica la barra cuticular). Todas las imágenes tomadas con MCF.



**Tabla 16.** Mediciones y valores de *pt* de ejemplares y estructuras de *Adropion scoticum scoticum*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estandar.

CHARACTER	N	RANGO						MEDIA		SD	
		$\mu\text{m}$			<i>pt</i>			$\mu\text{m}$	<i>pt</i>	$\mu\text{m}$	<i>pt</i>
Longitud corporal	5	210	–	471	849	–	1389	313	1023	109	226
Tubo bucofaríngeo											
Longitud del tubo bucal	5	24.7	–	33.9		–		30.0	–	4.4	–
Punto de inserción de soporte de los estiletes	5	17.8	–	25.5	72.1	–	75.2	22.2	73.8	3.6	1.4
Ancho externo del tubo bucal	5	2.5	–	5.6	9.9	–	16.5	4.1	13.5	1.4	3.3
Ancho interno del tubo bucal	5	1.1	–	4.3	4.5	–	12.7	2.8	8.9	1.5	3.8
Longitudes placoides											
Macroplacoides 1	5	5.6	–	9.1	19.7	–	26.8	7.3	24.2	1.5	3.0
Macroplacoides 2	5	4.5	–	8.2	16.2	–	24.2	6.2	20.6	1.6	3.3
Macroplacoides 3	5	6.2	–	9.9	22.6	–	29.2	8.0	26.8	1.6	2.8
Hilera de macroplacoides	5	16.6	–	27.2	59.9	–	80.2	21.8	72.5	4.7	8.6
Microplacoides	4	1.2	–	1.9	3.5	–	5.6	1.4	4.8	0.3	0.8
Séptulum	4	1.8	–	2.8	6.5	–	8.3	2.2	7.2	0.4	0.7
Longitudes de garras I											
Base externa	5	4.1	–	9.3	16.6	–	27.4	7.0	22.7	2.3	4.7
Rama primaria externa	5	11.3	–	13.9	36.3	–	48.3	12.6	42.5	1.3	4.7
Rama secundaria externa	5	6.1	–	10.2	24.5	–	30.1	8.3	27.5	1.8	2.8
Base interna	5	3.8	–	7.7	15.4	–	22.7	5.9	19.3	1.7	3.4
Rama primaria interna	5	9.9	–	12.6	32.2	–	42.9	11.3	37.9	1.3	4.0
Rama secundaria interna	5	5.7	–	9.1	21.0	–	26.8	7.3	24.0	1.7	2.7
Longitudes de garras II											
Base externa	5	4.2	–	8.8	17.0	–	26.0	6.7	22.0	2.1	3.9
Rama primaria externa	5	8.7	–	15.0	35.2	–	44.2	12.2	40.4	2.9	3.9
Rama secundaria externa	5	6.9	–	11.2	27.7	–	33.0	9.2	30.6	1.9	2.6
Base interna	5	3.8	–	7.5	15.4	–	22.1	5.8	19.0	1.7	3.2
Rama primaria interna	5	10.3	–	12.8	32.8	–	46.3	11.7	39.7	1.1	5.4
Rama secundaria interna	5	5.8	–	10.2	23.5	–	30.1	8.2	27.0	2.0	3.1
Longitudes de garras III											
Base externa	5	4.3	–	8.6	17.4	–	25.4	6.6	21.8	1.9	3.6
Rama primaria externa	5	7.9	–	13.6	32.0	–	40.1	11.1	36.5	2.6	3.5
Rama secundaria externa	5	6.6	–	13.6	26.7	–	40.1	10.5	34.5	3.2	6.0
Base interna	5	4.2	–	8.3	17.0	–	24.5	6.4	21.1	1.8	3.4
Rama primaria interna	5	8.0	–	13.0	32.4	–	38.3	10.7	35.6	2.2	2.7
Rama secundaria interna	5	5.7	–	10.0	23.1	–	29.5	8.0	26.5	1.9	3.0
Longitudes de garras IV											
Base anterior	5	4.9	–	7.7	16.6	–	23.6	6.3	21.1	1.3	2.9
Rama primaria anterior	5	8.8	–	12.7	32.5	–	38.6	10.9	36.3	1.7	2.4
Rama secundaria anterior	5	5.4	–	10.6	21.9	–	31.3	8.3	27.1	2.3	4.1
Base posterior	5	5.8	–	9.2	21.3	–	27.1	7.6	25.2	1.5	2.7
Rama primaria posterior	5	8.0	–	15.7	32.4	–	46.3	12.4	40.5	3.6	6.3
Rama secundaria posterior	5	5.6	–	9.6	22.6	–	28.3	7.7	25.6	1.8	2.9

## Género *Platicrista* Pilato, 1987

Garras del tipo *Hypsibius*. Aparato buco-faríngeo del tipo *Platicrista*. Espesor cuticular entre el tubo bucal y el tubo faríngeo ausente en las especies conocidas. Apófisis faríngea ausente en las especies conocidas; placoides presentes. Furcas de los estiletes del tipo *Platicrista*. Huevos lisos puestos en la exuvia (Pilato y Binda, 2010).

Especie tipo: *Platicrista angustata* (Murray, 1905).

### *Platicrista angustata* (Murray, 1905)

#### Diagnosis

Longitud corporal entre 259 - 512  $\mu\text{m}$ . Cutícula color marrón, lisa (Fig. 13A). Ojos ausentes. Tubo faríngeo corto y ancho, con un típico patrón anular (Figs. 13B y 13C), algunas veces visible solo con una gran ampliación. Barras cuticulares debajo de las garras, ausentes (Fig. 13D). Garras de la pata IV sin lúnulas pero con bases expandidas (Fig. 13E). Huevos desconocidos.

#### Material examinado:

**Hábitat:** Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

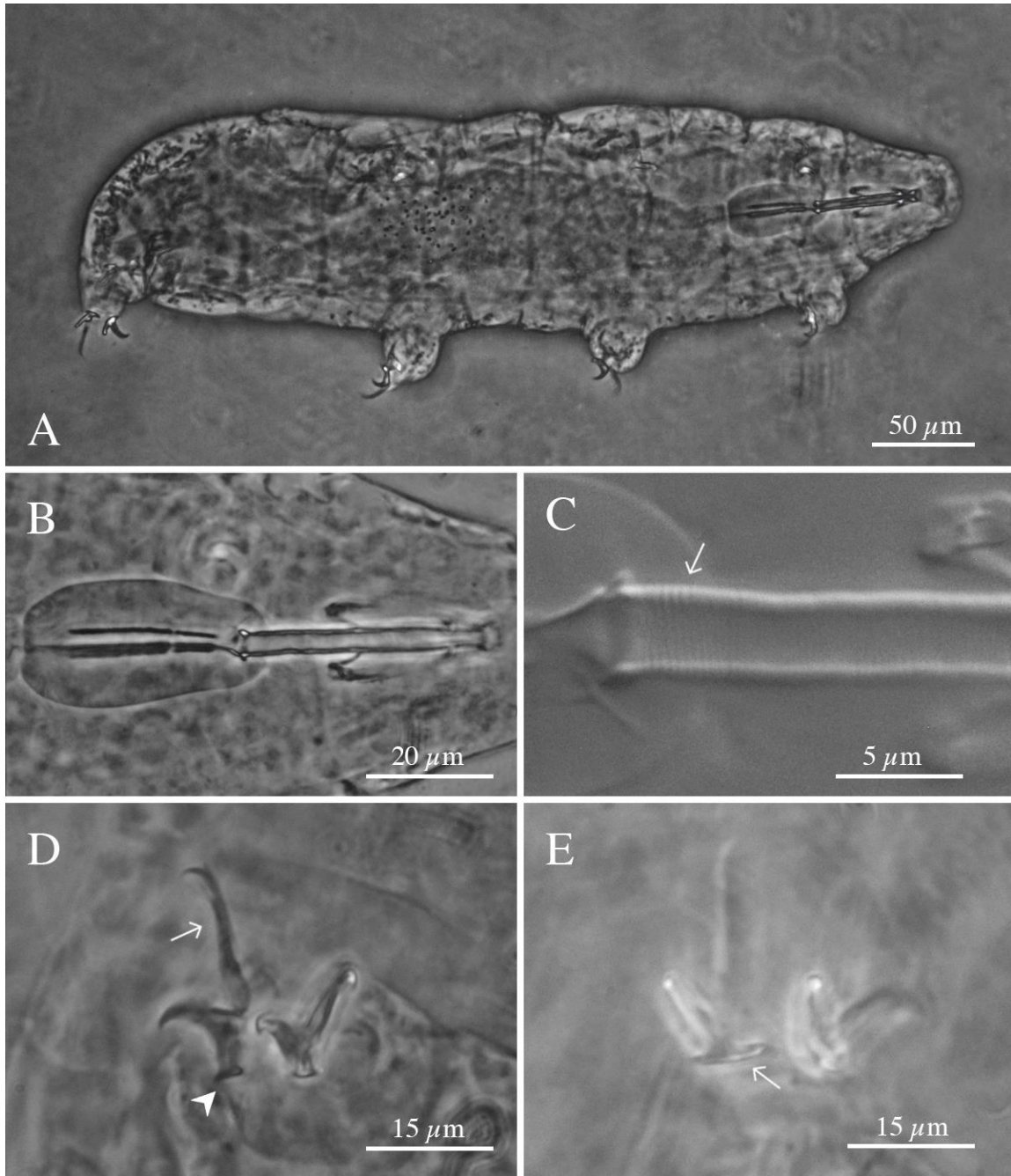
**Muestras:** TARDIS-13 (un ejemplar), TARDIS-16 (un ejemplar), TARDIS-19 (dos ejemplares).

**Ejemplares medidos:** cuatro (Tabla 17).

**Musgos asociados:** *Campylopus* cf. *fragilis*, *Hypnum amabile*, *Hypnum* sp., *Leptodontium flexifolium* y Pottiaceae sp.

**Comentarios taxonómicos:** Difiere de otros géneros de la familia Itaquasconinae por la morfología de los procesos caudales del tubo bucal (delgado y apuntando hacia los lados en *Platicrista*; apuntando hacia los lados en *Mesocrista*; muy delgados en *Itaquascon* y *Astatumen* y casi invisible en *Parascon*). El género *Platicrista* incluye seis especies, de las cuales *P. angustata* se diferencia por carecer de barras cuticulares bajo las garras (presentes en *P. cheleusis* y *P. camsayi*). Las especies restantes presentan barras cuticulares bajo las garras, y se diferencia de estas por: carecer de un gancho basal en las garras de la pata IV (presente en *P. itaquasconoide*), y de *P. horribilis* por carecer de lúnulas bajo las garras (garras con las bases ensanchadas en *P. angustata* y lúnulas presentes en *P. horribilis*).

**Observaciones:** *P. angustata* es una especie descrita de Escocia y se reporta comúnmente en Europa. En América se ha registrado en Argentina, Canada, Groenlandia y Estados Unidos (Kaczmarek et al., 2014a, 2015, 2016). Es el primer registro para México.



**Figura 13.** *Platicrista angustata*: A – habitus; B – aparato bucofaríngeo; C – tubo faríngeo (la flecha indica el patrón anular del tubo); D – garras de la pata III (la flecha indica la rama primaria, el puntero indica la base de la rama secundaria); E – garras de la pata IV (la flecha indica la base de la garra). A, B, D y E – MCF; C – DIF.

**Tabla 17.** Mediciones y valores de *pt* de ejemplares y estructuras de *Platicrista angustata*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estandar.

CARACTER	N	RANGO						MEDIA		SD	
		$\mu\text{m}$			<i>pt</i>			$\mu\text{m}$	<i>pt</i>	$\mu\text{m}$	<i>pt</i>
Longitud corporal	4	250	–	512	804	–	1848	330	1134	122	487
Tubo bucofaríngeo											
Longitud del tubo bucofaríngeo	3	40.0	–	59.2	166.3	–	213.7	53.0	–	8.8	–
Longitud del tubo bucal	4	24.0	–	34.1		–		29.9	–	4.9	–
Longitud del tubo faríngeo	2	16.0	–	31.5	66.3	–	113.7	23.1	–	6.4	–
Punto de inserción de soporte de los estiletes	4	24.0	–	34.4	84.5	–	124.2	29.0	98.6	4.3	18.5
Ancho externo del tubo bucal	4	3.9	–	5.9	13.4	–	21.3	4.9	16.5	0.9	3.4
Ancho interno del tubo bucal	3	2.6	–	3.5	9.1	–	12.8	3.1	10.6	0.4	1.6
Longitud de placoides											
Macroplacoide 1	4	9.6	–	11.2	32.8	–	40.0	10.6	35.9	0.8	3.4
Macroplacoide 2	4	19.2	–	24.0	65.7	–	86.6	22.0	74.7	2.0	10.3
Longitudes de garras I											
Base externa	3	6.0	–	7.1	18.8	–	25.6	6.6	22.4	0.5	3.4
Rama primaria externa	4	10.9	–	12.2	33.3	–	45.4	11.5	39.2	0.6	6.4
Rama secundaria externa	4	8.1	–	9.3	25.0	–	33.8	8.6	29.5	0.5	4.9
Base interna	4	8.0	–	9.9	24.7	–	35.7	8.8	30.0	0.8	5.4
Rama primaria interna	3	5.8	–	7.1	18.2	–	25.6	6.4	21.7	0.6	3.8
Rama secundaria interna	4	4.7	–	6.7	15.2	–	24.2	5.5	18.6	0.9	4.2
Longitudes de garras II											
Base externa	4	5.1	–	6.9	17.6	–	24.9	6.0	20.4	0.7	3.4
Rama primaria externa	4	10.8	–	12.1	33.0	–	45.0	11.4	38.9	0.6	6.4
Rama secundaria externa	4	7.9	–	9.1	24.7	–	32.9	8.5	29.0	0.5	4.5
Base interna	2	6.9	–	8.1	21.4	–	29.2	7.5	25.6	0.5	4.0
Rama primaria interna	4	8.8	–	10.5	27.7	–	37.9	9.6	32.7	0.7	5.3
Rama secundaria interna	4	5.8	–	6.7	18.2	–	24.2	6.2	21.2	0.4	3.4
Longitudes de garras III											
Base externa	4	5.7	–	7.7	18.2	–	27.8	6.5	22.0	0.9	4.6
Rama primaria externa	4	10.7	–	12.7	33.0	–	45.8	11.5	39.4	0.9	6.8
Rama secundaria externa	4	6.7	–	8.8	20.8	–	31.8	7.5	25.7	0.9	5.1
Base interna	4	4.8	–	6.4	15.5	–	23.1	5.5	18.8	0.7	3.4
Rama primaria interna	3	9.8	–	11.0	30.4	–	40.8	10.5	35.6	0.6	5.4
Rama secundaria interna	4	5.7	–	7.2	18.2	–	26.0	6.4	21.9	0.7	3.6
Longitudes de garras IV											
Base anterior	2	3.8	–	4.3	11.9	–	15.8	4.1	13.9	0.2	2.1
Rama primaria anterior	4	14.7	–	17.2	44.9	–	62.1	15.7	53.7	1.1	9.3
Rama secundaria anterior	4	10.2	–	11.8	30.4	–	49.2	11.0	37.9	0.7	8.7
Base posterior	3	13.8	–	17.1	42.0	–	61.7	14.9	51.1	1.5	10.0
Rama primaria posterior	3	9.2	–	10.8	29.2	–	39.0	10.0	34.0	0.7	5.4
Rama secundaria posterior	4	3.8	–	4.5	11.9	–	16.2	4.1	14.1	0.3	2.3

### **Subfamilia Pilatobiinae** Bertolani Guidetti, Marchioro, Altiero, Rebecchi y Cesari, 2014

Tubo bucal rígido seguido de un tubo faríngeo anular muy alargado, con un engrosamiento cuticular entre ellos en forma de gota, muy evidente; bulbo faríngeo en forma de óvalo alargado, siempre con 2 macroplacoides en forma de bastón, el primero más largo que el segundo y con una constricción; microplacoide y / o séptulum presentes. Apófisis faríngeas presentes y bien desarrolladas (Gąsiorek et al., 2017)

### **Género *Pilatobius*** Bertolani, Guidetti, Marchioro, Altiero, Rebecchi y Cesari, 2014

Mismos caracteres que en la subfamilia Pilatobiinae (Gąsiorek et al., 2017).  
Especie tipo: *Pilatobius bullatus* (Murray, 1905)

### ***Pilatobius oculatus oculatus*** (Murray, 1906)

Longitud corporal 288  $\mu\text{m}$  (Fig. 14A). Cutícula transparente (Fig. 14B), lisa con una ligera granulación en la parte posterior del cuerpo (Fig. 14C). Ojos presentes. Aparato bucofaríngeo muy alargado (Fig. 14D). Furcas de los estiletes del tipo *Hypsibius*. Engrosamiento ovalado prominente, ubicado dorsalmente, en forma de gota entre el tubo bucal y el tubo faríngeo, presente (Fig. 14E). Bulbo con dos macroplacoides y un séptulum. Secuencia de longitud macroplacoide  $2 > 1$ ; Macroplacoides en forma de bastón, dispuestos diagonalmente (es decir, formando un rombo). El primer macroplacoide con una constricción media evidente. El segundo macroplacoide sin constricción. El séptulum con forma redondeada (Fig. 14F). Garras internas y anteriores con pseudolunulas en sus bases; garras externas y posteriores sin pseudolunulas (Fig. 14G). Barras cuticulares en las patas I – III ausentes.

### **Material examinado:**

**Hábitat:** Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

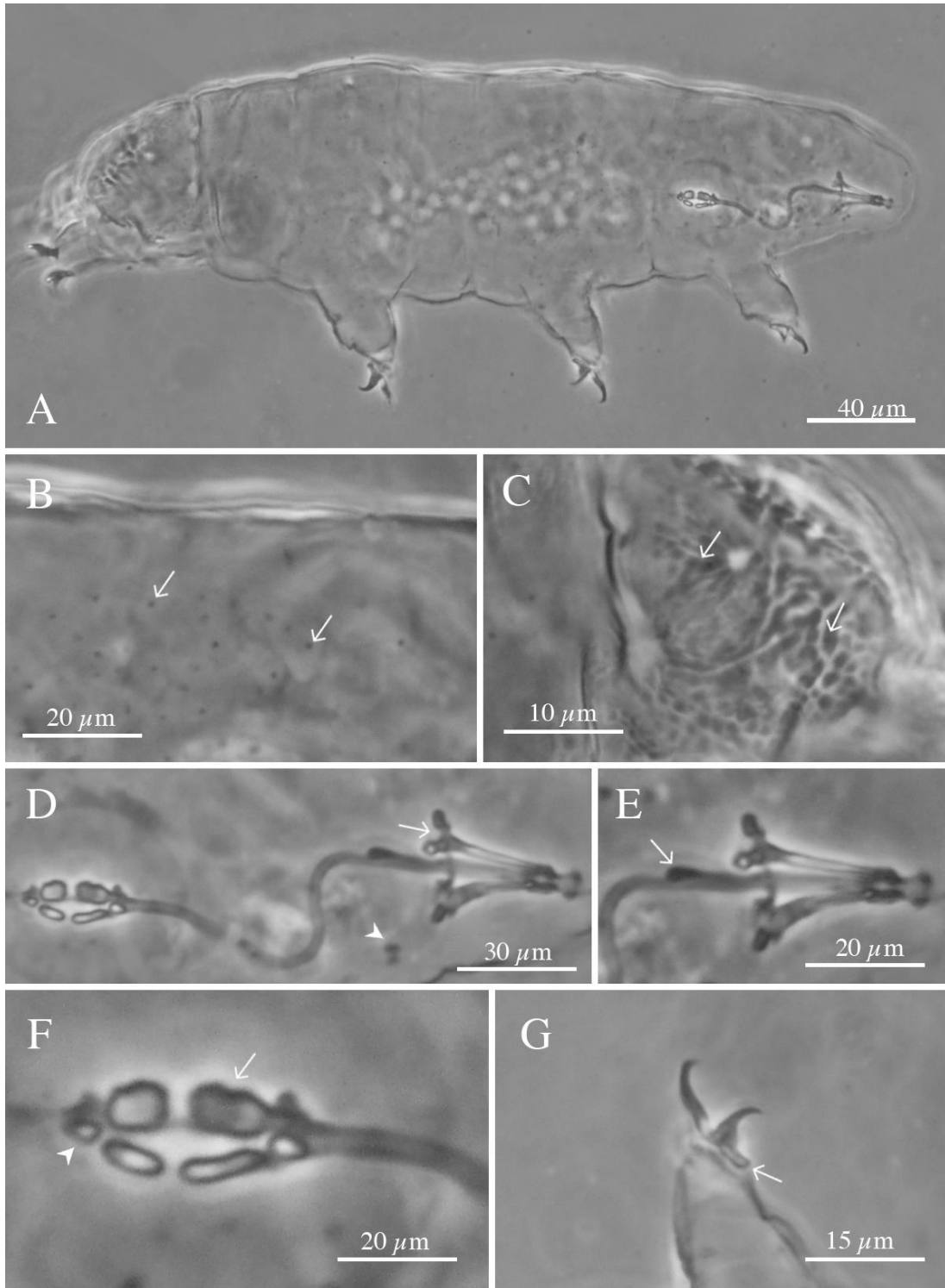
**Muestra:** TARDIS-156 (un ejemplar).

**Ejemplares medidos:** un ejemplar (Tabla 18).

**Musgos asociados:** *Rhexophyllum subnigrum*.

**Comentarios taxonómicos:** Difiere del género *Diphascon* en el número de macroplacoides (tres en *Diphascon* y dos en *Pilatobius*) y del género *Adropion* por el engrosamiento cuticular (ausente en *Adropion* y presente en *Pilatobius*). Existen tres subespecies de *P. oculatus* (*P. oculatus alpinus*, *P. oculatus canadiensis* y *P. oculatus oculatus*). *P. oculatus oculatus* se diferencia de *P. oculatus canadiensis* por presentar ojos (ausentes en *P. oculatus oculatus*). Y específicamente de *P. oculatus alpinus* por la posición de los ojos (en una posición más posterior respecto a los estiletes en *P. oculatus alpinus*). El ejemplar examinado en este trabajo coincide con los caracteres de *P. oculatus oculatus*, debido a que sólo se encontró un ejemplar, es necesario la recolecta de otros ejemplares para un mejor análisis morfométrico. McInnes (1994) y Kaczmarek et al. (2017), indican que es posible que *P. oculatus* es un complejo de especies que requiere un estudio más profundo.

**Observaciones:** La especie está descrita de Escocia, sin embargo en América ha sido reportada en Canadá y Estados Unidos (Ramazzotti y Maucci, 1983; Kaczmarek et al., 2016). Es el primer registro para México.



**Figura 14.** *Pilatobius oculatus oculatus*: A – habitus; B – cutícula dorsal anterior (la flecha indica la ausencia del patrón reticulado); C – cutícula dorsal posterior (las flechas indican el patrón reticulado); D - aparato bucofaríngeo (la flecha indica la furca del estilete, el puntero indica las manchas oculares); E – límite entre el tubo bucal y el tubo faríngeo (la flecha indica el engrosamiento en forma de gota); F – bulbo faríngeo (la flecha indica el macroplacode, el puntero indica el séptulum); G – garras de la pata III (la flecha indica la pseudolúnula). Todas las imágenes tomadas con MCF.

**Tabla 18.** Mediciones y valores de *pt* de ejemplares y estructuras de *Pilatobius oculatus oculatus*. N = número de ejemplares o estructuras medidos.

CARACTER	N	$\mu\text{m}$	<i>pt</i>
Longitud Corporal	1	288	1125
Tubo bucofaríngeo			
Longitud del tubo bucal	1	25.6	
Punto de inserción de soporte de los estiletes	1	9.7	37.9
Ancho externo del tubo bucal	1	3.8	14.8
Ancho interno del tubo bucal	1	1.8	7.0
Longitudes placoides			
Macroplacoide 1	1	4.8	18.8
Macroplacoide 2	1	3.2	12.5
Macroplacoide 3	1	2.4	9.4
Séptulum	1	2.4	9.4
Longitudes de garras I			
Base externa	1	7.1	27.7
Rama primaria externa	1	12.2	47.7
Rama secundaria externa	1	9.3	36.3
Base interna	1	9.9	38.7
Rama primaria interna	1	7.1	27.7
Rama secundaria interna	1	6.7	26.2
Longitudes de garras II			
Base externa	1	6.9	27.0
Rama primaria externa	1	12.1	47.3
Rama secundaria externa	1	9.1	35.5
Base interna	1	8.1	31.6
Rama primaria interna	1	10.5	41.0
Rama secundaria interna	1	6.7	26.2
Longitudes de garras III			
Base externa	1	7.7	30.1
Rama primaria externa	1	17.6	68.8
Rama secundaria externa	1	8.8	34.4
Base interna	1	6.4	25.0
Rama primaria interna	1	11.0	43.0
Rama secundaria interna	1	7.2	28.1
Longitudes de garras IV			
Base anterior	1	4.3	16.8
Rama primaria anterior	1	19.2	75.0
Rama secundaria anterior	1	11.2	43.8
Base posterior	1	17.1	66.8
Rama primaria posterior	1	10.8	42.2
Rama secundaria posterior	1	4.5	17.6

**Familia Ramazzottiidae** Sands, McInnes, Marley, Goodall-Copestake, Convey y Linse, 2008

Garras dobles diferentes en forma y tamaño en la misma pata, la garra externa (o posterior) con la rama primaria conectada al tracto basal por un tracto flexible y delgado, (tipo *Ramazzottius oberhaeuseri*, o modificado) o completamente desconectado. Huevos ornamentados y puestos libremente (Bertolani et al., 2014).

Género *Ramazzottius* Binda y Pilato, 1986

Un par de órganos elípticos presente en la cabeza (difícilmente visibles en microscopio óptico, pero probablemente presentes en todas las especies del género; Bartels, et al., 2011). Garras del tipo *Ramazzottius*. Aparato bucofaringeo del tipo *Hypsibius*, variante *Ramazzottius*. Apófisis y placoides presentes. Furcas de los estiletes con forma típica. Lúnulas reducidas en las especies conocidas. Huevos puestos libremente. Superficie de los huevos con proyecciones presentes (Bertolani et al., 2014).  
Especie tipo: *Ramazzottius oberhaeuseri* (Doyère, 1840).

*Ramazzottius baumanni* (Ramazzotti, 1962)

**Diagnosis**

Longitud del cuerpo entre 240 – 315  $\mu\text{m}$  (244 y 267  $\mu\text{m}$  en los ejemplares examinados en este trabajo). Cutícula con granulación en la parte dorsal del cuerpo, incluidas las patas (Fig. 15A). Esta parte dorsal presenta 9 bandas transversas de color rojizo a café; en varias de estas bandas, en particular de la cuarta a la octava, se presenta una serie de tubérculos aplanados en sus ápices (Fig. 15B). En las regiones rostral y caudal y sobre las patas, especialmente en la parte anterior, los tubérculos disminuyen en diámetro y se reducen a una fuerte granulación (Fig. 15C). La cutícula de la superficie ventral, incluyendo la de las patas, es lisa. El tubo bucal es muy delgado con apófisis muy evidentes; la faringe es circular-oval y contiene dos macroplacoides, de los cuales el primero es el de mayor tamaño. Microplacode ausente (Fig. 15D). Las diplogarras son del tipo *Ramazzottius*; la rama primaria de más delgada y larga que la garra secundaria, con puntos accesorios muy pequeños (Fig. 15E). La garra interna es muy robusta y tiene puntos accesorios distintos en su rama principal (Pilato y Binda, 2010; Bertolani et al., 2014).

**Material examinado:**

**Hábitat:** Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm.

**Muestras** TARDIS-140 (un ejemplar), TARDIS-156 (um ejemplar).

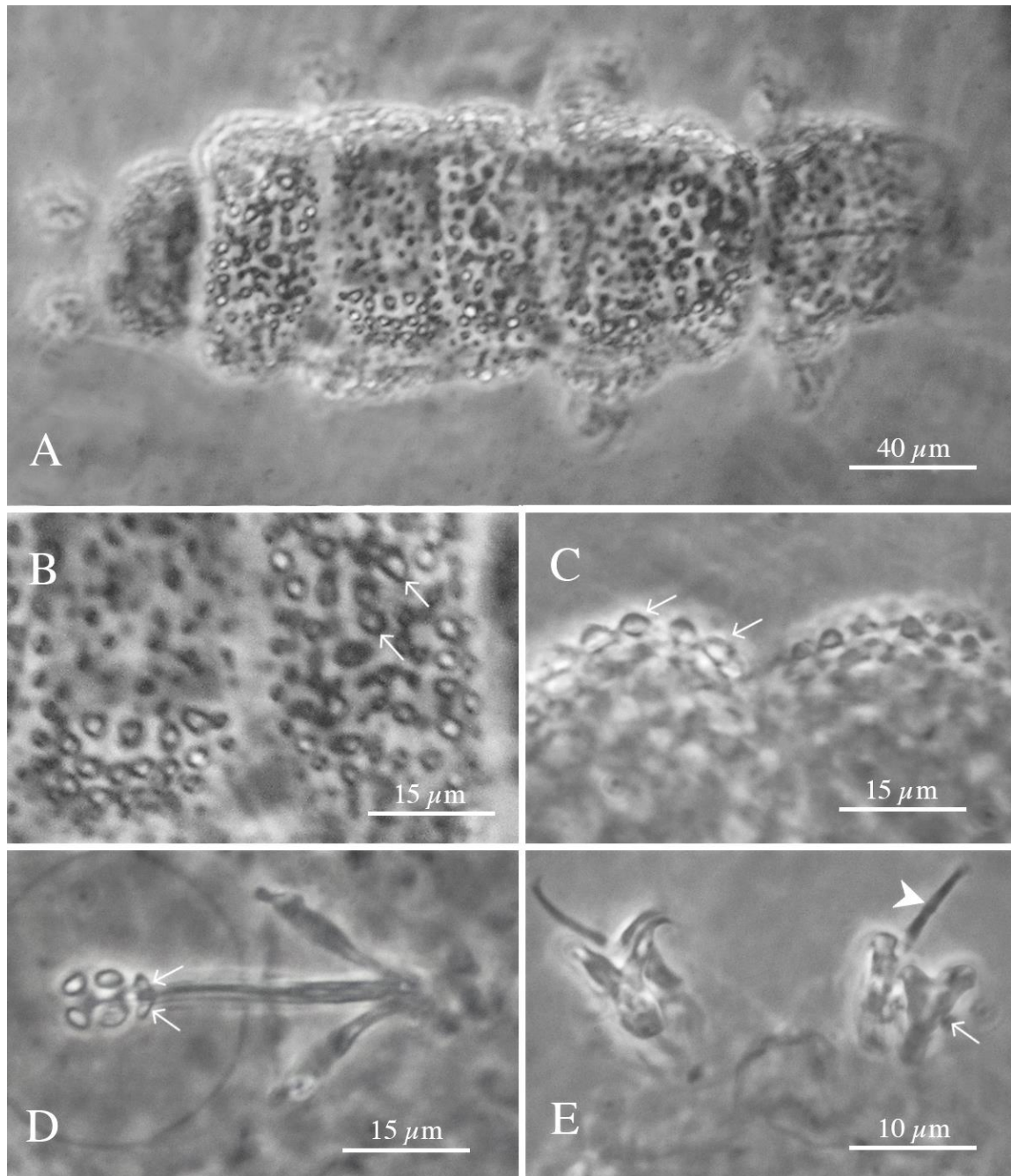
**Ejemplares medidos:** dos ejemplares (Tabla 19).

**Musgos asociados:** *Neckera chlorocaulis* y *Rhexophyllum subnigrum*.

**Comentarios taxonómicos:** esta especie es fácilmente distinguible de otros miembros conocidos del género por la presencia de una serie de tubérculos aplanados (espinas triangulares dorsales afiladas en *R. Belubellus* y dispuestas en bandas transversales). Se diferencian también del complejo *R. oberhaeuseri*, en el cual, las especies presentan un diseño reticular fino (principalmente en la parte posterior del cuerpo), en una cutícula lisa.



**Observaciones:** Es la cuarta ocasión que se registra la especie en México. Ha sido registrada en el Estado de México, Morelos y Michoacán (Beasley, 1972; Kaczmarek et al., 2014a). En el presente estudio se amplía su distribución en el país.



**Figura 15.** *Ramazzottius baumanni*: A – habitus; B – cutícula dorsal (las flechas indican los gránulos de la banda 6); C – Cutícula lateral (las flechas indican los gránulos de la banda 8); D - aparato bucofaríngeo (las flechas indican las apófisis); E – Garras IV (el puntero indica la garra primaria, la flecha indica la garra secundaria). Todas las fotografías tomadas con MCF.

**Tabla 19.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Ramazzottius baumanni*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones.

CARACTER	N	RANGO						MEDIA	
		$\mu\text{m}$		<i>pt</i>		$\mu\text{m}$	<i>pt</i>		
Longitud corporal	2	244	–	267	907	–	1254	256	1080
Tubo bucofaríngeo									
Longitud	2	21.3	–	26.9		–		24.1	–
Punto de incisión del soporte del estilete	2	12.1	–	16.6	56.8	–	61.7	14.4	59.3
Ancho externo	2	1.7	–	2.1	7.8	–	8.0	1.9	7.9
Ancho interno	2	1.2	–	1.4	4.5	–	6.6	1.3	5.5
Longitud de placoides									
Macroplacoides 1	2	2.6	–	3.3	9.7	–	15.5	3.0	12.6
Macroplacoides 2	2	2.4	–	3.1	8.9	–	14.6	2.8	11.7
Fila de macroplacoides	2	6.7	–	6.8	25.3	–	31.5	6.8	28.4
Longitudes de la garra I									
Base externa	2	6.3	–	6.6	23.4	–	31.0	6.5	27.2
Rama primaria externa	2	10.9	–	11.1	40.5	–	52.1	11.0	46.3
Rama secundaria externa	2	9.9	–	10.6	36.8	–	49.8	10.3	43.3
Base interna	2	5.3	–	5.7	19.7	–	26.8	5.5	23.2
Rama primaria interna	2	10.8	–	11.3	40.1	–	53.1	11.1	46.6
Rama secundaria interna	2	9.8	–	10.1	36.4	–	47.4	10.0	41.9
Longitudes de la garra II									
Base externa	2	7.8	–	8.2	29.0	–	38.5	8.0	33.7
Rama primaria externa	2	10.1	–	10.6	37.5	–	49.8	10.4	43.7
Rama secundaria externa	2	6.9	–	7.1	25.7	–	33.3	7.0	29.5
Base interna	2	6.5	–	6.7	24.2	–	31.5	6.6	27.8
Rama primaria interna	2	9.8	–	10.1	36.4	–	47.4	10.0	41.9
Rama secundaria interna	2	6.1	–	6.8	22.7	–	31.9	6.5	27.3
Longitudes de la garra III									
Base externa	2	7.8	–	8.1	29.0	–	38.0	8.0	33.5
Rama primaria externa	2	11.8	–	12.1	43.9	–	56.8	12.0	50.3
Rama secundaria externa	2	6.6	–	7.1	24.5	–	33.3	6.9	28.9
Base interna	2	5.9	–	6.8	21.9	–	31.9	6.4	26.9
Rama primaria interna	2	9.8	–	10.1	36.4	–	47.4	10.0	41.9
Rama secundaria interna	2	6.1	–	6.7	22.7	–	31.5	6.4	27.1
Longitudes de la garra IV									
Base anterior	2	5.9	–	6.6	21.9	–	31.0	6.3	26.5
Rama primaria anterior	2	13.5	–	14.5	50.2	–	68.1	14.0	59.1
Rama secundaria anterior	2	7.8	–	8.3	29.0	–	39.0	8.1	34.0
Base posterior	2	6.7	–	6.9	24.9	–	32.4	6.8	28.7
Rama primaria posterior	2	13.6	–	14.2	50.6	–	66.7	13.9	58.6
Rama secundaria posterior	2	7.8	–	8.1	29.0	–	38.0	8.0	33.5

## *Ramazzottius oberhaeuseri* (Doyère, 1840)

### Diagnosis

Longitud del cuerpo entre 229 - 422  $\mu\text{m}$  (239 – 397  $\mu\text{m}$  en los ejemplares examinados en el presente trabajo). Cutícula lisa en la parte anterior (Fig. 16A) y granulada especialmente en las regiones caudal del cuerpo (Fig. 16B y 16C), color marrón, o pardo rojizo. La superficie pigmentada está dividida por cuatro bandas longitudinales y ocho transversales transparentes que delinean cinco bandas longitudinales y nueve bandas transversales pigmentadas. La banda longitudinal central de pigmentación se extiende desde la primera banda transversal transparente en la cabeza hasta el final del cuerpo y está compuesta por dos filas de cuadros pigmentados. Ojos ausentes. El tubo bucal es muy estrecho (2.2  $\mu\text{m}$  en promedio en los ejemplares medidos), con apéndices en forma de ganchos para la inserción de los músculos de los estiletes presentes. La faringe es ovalada y presenta apófisis y 2 macroplacoides aproximadamente del mismo tamaño o bien el primero puede ser un poco más largo y ovalado, y el segundo más corto y casi redondo, el microplacode está ausente. Las dos garras de cada pata son distintas (Fig. 16F): la externa es más larga, con la rama principal larga, esbelta y recta, con dos puntos accesorios y la rama secundaria fuertemente curvada; la interna es más corta y está constituida por dos ramas cortas, la primera con dos puntos accesorios muy robustos.

Depositando pequeños huevos esféricos libres, a veces pegados uno a otro, con un diámetro de 45-57  $\mu\text{m}$  excluyendo las proyecciones, que son numerosas y de forma diversa (Figs. 16D y 16E) (Ramazzotti y Maucci, 1983; Stec et al., 2018).

### Material examinado:

**Hábitat:** Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

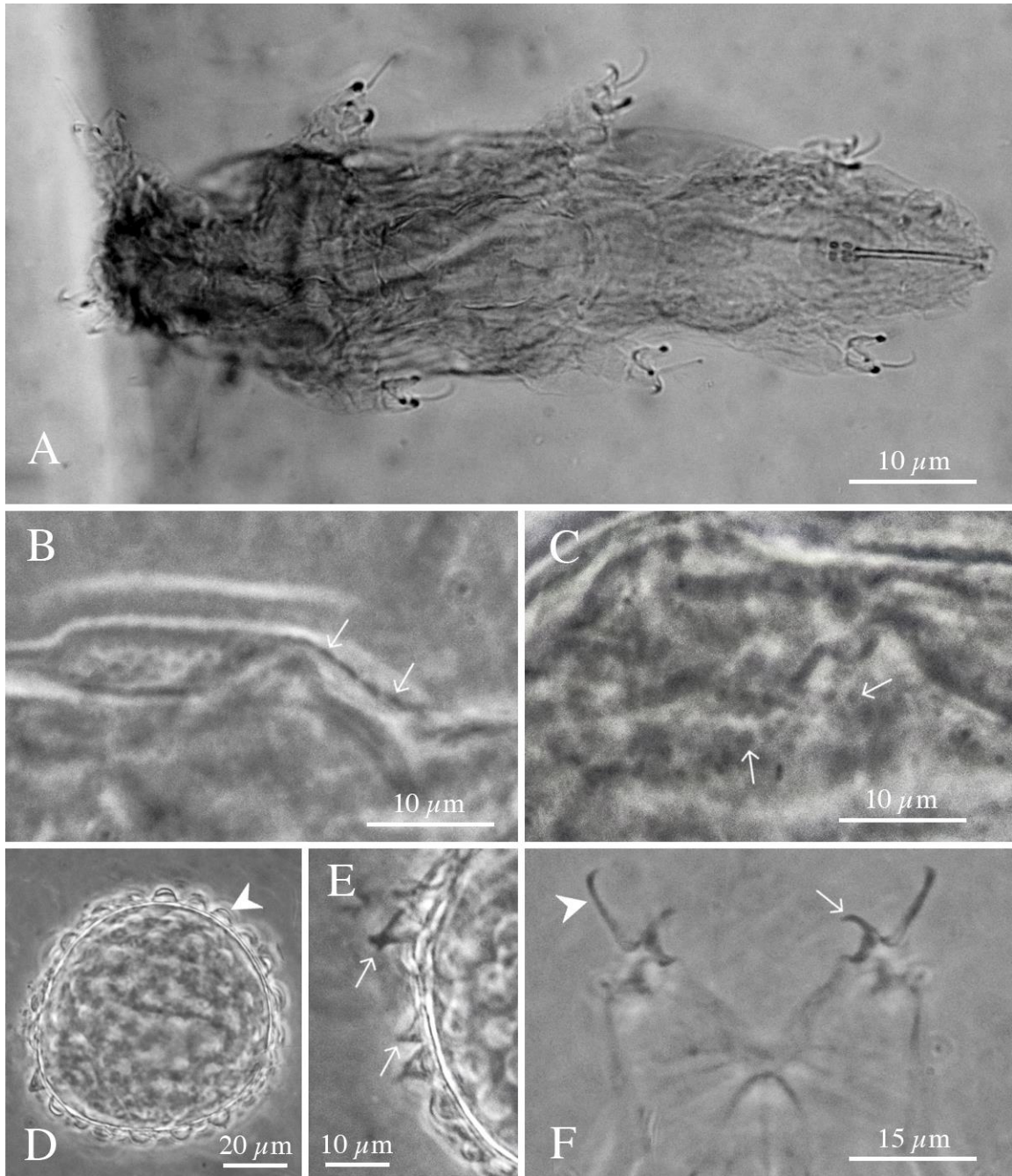
**Muestras:** TARDIS-155 (ocho ejemplares y tres huevos), TARDIS-175 (un ejemplar).

**Ejemplares medidos:** nueve ejemplares y tres huevos (Tablas 20 y 21).

**Musgos asociados:** *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris* y *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum*.

**Comentarios taxonómicos:** El complejo *oberhaeuseri* (definido como un grupo de especies que ponen huevos con proyecciones hemisféricas), actualmente comprende solo tres especies descritas: *R. oberhaeuseri* (descrita de Francia), *R. thulini* (conocida solo de Italia) y *R. libycus* (solo conocida de Libia). *R. oberhaeuseri* se puede distinguir fácilmente de los dos últimos taxones por la morfología de la cutícula dorsal (suave a débilmente ornamentada con polígonos planos débiles en *R. oberhaeuseri* vs. polígonos granulares bien desarrollados en *R. thulini* y *R. libycus*).

**Observaciones:** Es la tercera ocasión que se registra la especie en México. Anteriormente fue registrado en el Estado de México y en Michoacán (Beasley, 1972; Kaczmarek et al., 2014a), por tanto se amplía su distribución en el país.



**Figura 16.** *Ramazzottius oberhauseri*: A – habitus; B – cutícula dorsal posterior (las flechas indican la ornamentación); C – Cutícula lateral posterior (las flechas indican la ornamentación); D - Huevo (el puntero indica una de las proyecciones); E – Proyecciones del huevo (las flechas indican dos proyecciones con morfología distinta; F – Garras IV (el puntero indica la rama primaria, la flecha indica la garra secundaria). Todas las fotografías tomadas con MCF.

**Tabla 20.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Ramazzottius oberhaeuseri*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estandar.

CARACTER	N	RANGO						MEDIA		SD	
		$\mu\text{m}$			<i>pt</i>			$\mu\text{m}$	<i>pt</i>	$\mu\text{m}$	<i>pt</i>
Longitud corporal	9	239	–	397	873	–	1175	326	1024	46	101
Tubo bucofaríngeo											
Longitud	9	26.7	–	33.8		–		31.8	–	2.2	–
Punto de incisión del soporte del estilete	9	16.4	–	19.5	56.4	–	61.4	18.5	58.2	1.0	1.5
Ancho externo	9	1.8	–	2.5	5.7	–	7.8	2.2	6.9	0.2	0.7
Ancho interno	9	0.9	–	1.3	2.8	–	4.1	1.1	3.5	0.1	0.4
Longitud de placoides											
Macroplacoides 1	9	2.5	–	4.2	9.4	–	12.4	3.7	11.6	0.5	1.0
Macroplacoides 2	9	2.3	–	3.7	8.6	–	11.2	3.3	10.2	0.4	0.7
Fila de macroplacoides	9	6.7	–	9.7	25.1	–	29.5	8.6	27.2	1.0	1.6
Longitudes de la garra I											
Base externa	8	5.1	–	8.1	19.0	–	24.4	6.8	21.4	0.9	1.8
Rama primaria externa	9	7.5	–	10.9	28.1	–	34.1	9.8	30.8	1.0	2.0
Rama secundaria externa	5	4.5	–	6.3	16.9	–	19.0	5.8	18.3	0.8	0.8
Base interna	9	4.4	–	6.4	15.6	–	19.0	5.6	17.5	0.7	1.3
Rama primaria interna	8	4.7	–	7.4	17.6	–	23.0	6.7	21.1	0.9	1.9
Rama secundaria interna	8	4.5	–	6.0	16.6	–	18.3	5.5	17.3	0.5	0.7
Longitudes de la garra II											
Base externa	9	6.2	–	10.0	20.9	–	30.1	7.9	24.8	1.1	2.6
Rama primaria externa	9	8.1	–	12.5	28.7	–	37.8	10.7	33.7	1.3	2.9
Rama secundaria externa	8	4.5	–	7.6	16.9	–	22.6	6.6	20.5	1.0	1.9
Base interna	9	4.7	–	7.4	17.6	–	22.3	6.2	19.5	0.8	1.5
Rama primaria interna	9	5.4	–	8.7	20.2	–	26.9	7.6	23.9	1.0	2.1
Rama secundaria interna	9	4.4	–	7.7	16.5	–	23.2	6.4	20.2	0.9	2.0
Longitudes de la garra III											
Base externa	7	6.6	–	10.0	23.4	–	30.1	8.4	26.4	1.2	2.4
Rama primaria externa	9	8.2	–	13.2	30.5	–	41.0	11.4	36.4	1.5	2.8
Rama secundaria externa	7	4.7	–	8.2	17.6	–	24.7	7.0	21.9	1.1	2.2
Base interna	6	4.7	–	7.4	17.6	–	22.3	6.0	19.2	0.9	1.7
Rama primaria interna	6	5.3	–	8.9	19.9	–	26.8	7.5	24.0	1.2	2.4
Rama secundaria interna	6	4.3	–	7.4	16.1	–	23.0	6.4	20.5	1.1	2.4
Longitudes de la garra IV											
Base anterior	5	4.8	–	6.8	18.0	–	20.5	6.1	19.7	0.8	1.0
Rama primaria anterior	3	5.4	–	8.3	20.2	–	27.3	7.3	24.5	1.6	3.8
Rama secundaria anterior	3	5.2	–	7.6	19.5	–	25.3	6.7	22.6	1.3	3.0
Base posterior	4	6.3	–	8.6	23.6	–	28.7	7.7	25.4	1.0	2.4
Rama primaria posterior	9	9.8	–	15.6	36.7	–	47.0	13.6	42.7	1.7	3.4
Rama secundaria posterior	1	6.8	–	6.8	22.7	–	22.7	6.8	22.7	?	?

**Tabla 21.** Mediciones de los huevos y estructuras del huevo de *Ramazzottius oberhaeuseri*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estandar.

CARACTER	N	RANGO			MEDIA	SD
		µm			µm	µm
Diámetro del huevo sin proyecciones	3	45.3	–	57.2	51.9	6.1
Diámetro del huevo con proyecciones	3	61.8	–	71.6	67.4	5.0
Altura de las proyecciones	9	5.1	–	8.6	7.1	1.1
Ancho de la base de las proyecciones	9	7.1	–	10.3	9.0	1.1
Relción base / altura de las proyecciones	9	98%	–	169%	128%	11%
Distancia entre proyecciones	9	1.9	–	5.2	3.2	1.0
Número de proyecciones en la circunferencia del huevo	3	15	–	18	16.3	1.5
Número de proyecciones anormales en el huevo.	3	0	–	3	1.7	1.5

## ***Ramazzottius* sp. nov.**

### **Diagnosis**

Longitud del cuerpo entre 280 – 353  $\mu\text{m}$ . Cutícula con granulación en la parte dorsal del cuerpo, incluidas las patas (Fig. 17A). Esta parte dorsal presenta 9 bandas transversas de color marrón a café; en cinco de estas bandas (1, 3, 5, 7 y 9), se presenta una serie de tubérculos aplanados en sus ápices, los cuales miden entre 6 – 9  $\mu\text{m}$  de diámetro. En las bandas 2, 4, 6 y 8, la serie de tubérculos aplanados está ausente (Figs. 17B, 17C y 17E).

En las regiones rostral y caudal y sobre las patas hacia su parte distal, los tubérculos disminuyen en diámetro, y se reducen a una fuerte granulación (Fig. 17D y 17F). La cutícula de la superficie ventral, incluyendo la de las patas, es lisa.

El tubo bucal es muy delgado con apófisis muy evidentes (Fig. 17G). La faringe es circular-oval y contiene dos macropalacoides, de los cuales el primero es el de mayor tamaño. Microplacoide ausente.

Las garras son del tipo *Ramazzottius* (Fig. 17H); la rama primaria de más delgada y larga que la garra secundaria, con puntas accesorias muy pequeñas. Las garras interna es muy robusta y tiene puntas accesorias distintas en su rama principal.

### **Material examinado:**

**Hábitat:** Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

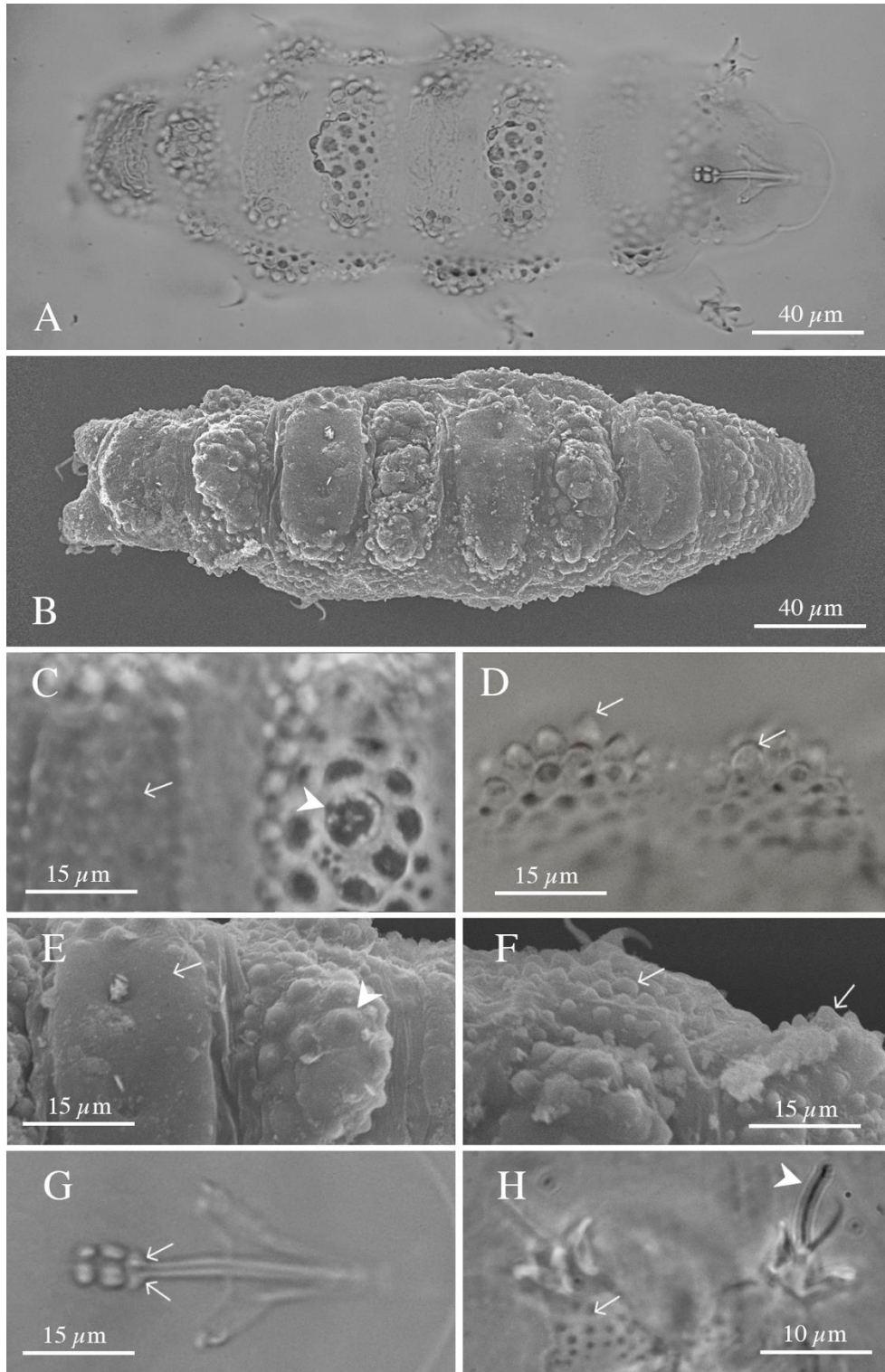
**Muestras:** TARDIS-128 (cuatro ejemplares), TARDIS-140 (cuatro ejemplares).

**Ejemplares medidos:** ocho (Tabla 22).

**Musgos asociados:** *Neckera chlorocaulis*.

**Comentarios taxonómicos:** Difiere de *R. belubellus* por presentar tubérculos aplanados en la cutícula (espinas triangulares dorsales afiladas en *R. belubellus*), y de *R. baumanni* (especie muy similar), principalmente por la ausencia de tubérculos aplanados en las bandas 2, 4, 6 y 8 (presentes en las bandas 4 a 8 en *R. baumanni*).





**Figura 17.** *Ramazzottius* sp. nov.: A y B – habitus; C y E – cutícula dorsal (las flechas indican la banda 5, los punteros indican los gránulos de la banda 6); D y F – Cutícula lateral; G - aparato bucofaríngeo (las flechas indican las apófisis); H – Garras IV (el puntero indica la garra primaria, la flecha indica la granulación en las patas IV). A, C, D, G y H - MCF; B, E y F - MEB.



**Tabla 22.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Ramazottius* sp. nov. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estandar.

CARACTER	N	RANGO				MEDIA		SD	
		$\mu\text{m}$		<i>pt</i>		$\mu\text{m}$	<i>pt</i>	$\mu\text{m}$	<i>pt</i>
Longitud corporal	7	198	– 288	841	– 1297	237	1025	37	223
Tubo bucofaríngeo									
Longitud	8	20.7	– 26.7		–	23.4	–	2.0	–
Punto de incisión del soporte del estilete	8	11.6	– 16.4	56.0	– 62.5	14.0	59.7	1.7	2.5
Ancho externo	8	1.3	– 2.0	6.0	– 8.5	1.7	7.1	0.2	1.0
Ancho interno	7	0.5	– 1.1	2.4	– 4.7	0.9	3.7	0.2	0.8
Longitud de placoides									
Macroplacoide 1	8	2.5	– 3.5	9.4	– 15.6	3.2	13.6	0.3	1.9
Macroplacoide 2	8	2.3	– 3.4	8.6	– 14.6	2.9	12.6	0.4	2.3
Fila de macroplacoides	8	6.2	– 7.0	25.0	– 31.6	6.7	28.6	0.3	2.4
Longitudes de la garra I									
Base externa	7	5.1	– 6.9	19.1	– 30.8	6.1	26.4	0.5	3.7
Rama primaria externa	8	7.5	– 11.2	28.1	– 52.4	10.2	44.2	1.2	7.7
Rama secundaria externa	7	4.5	– 10.4	16.9	– 48.6	9.1	39.3	1.9	10.1
Base interna	8	4.4	– 5.7	16.5	– 26.4	5.1	21.8	0.4	3.4
Rama primaria interna	8	4.7	– 11.0	17.6	– 51.9	9.8	42.5	2.1	10.8
Rama secundaria interna	5	4.5	– 10.1	16.9	– 47.6	9.0	38.9	1.8	9.7
Longitudes de la garra II									
Base externa	8	6.2	– 8.0	23.2	– 37.7	7.4	32.0	0.6	4.6
Rama primaria externa	6	8.1	– 10.4	30.3	– 49.1	9.8	42.0	0.7	6.0
Rama secundaria externa	8	4.5	– 7.0	16.9	– 33.0	6.3	27.1	0.8	5.1
Base interna	8	4.7	– 6.6	17.6	– 31.1	6.0	25.7	0.6	4.3
Rama primaria interna	6	5.4	– 10.1	20.2	– 47.6	9.1	39.2	1.5	8.6
Rama secundaria interna	8	4.4	– 6.7	16.5	– 31.6	6.0	25.8	0.7	4.8
Longitudes de la garra III									
Base externa	8	6.6	– 8.0	24.7	– 37.7	7.4	31.9	0.5	4.3
Rama primaria externa	5	8.2	– 12.0	30.7	– 56.6	11.1	47.8	1.2	8.2
Rama secundaria externa	8	4.7	– 7.0	17.6	– 33.0	6.3	27.1	0.8	4.9
Base interna	6	4.7	– 6.6	17.6	– 31.1	5.9	25.5	0.6	4.4
Rama primaria interna	8	5.3	– 10.1	19.9	– 47.6	9.1	39.5	1.6	8.7
Rama secundaria interna	7	4.3	– 6.7	16.1	– 31.6	6.0	25.8	0.8	4.9
Longitudes de la garra IV									
Base anterior	6	4.8	– 6.7	18.0	– 31.6	6.0	25.8	0.6	4.5
Rama primaria anterior	8	5.7	– 14.4	21.3	– 67.9	12.7	55.2	2.9	14.8
Rama secundaria anterior	7	5.2	– 8.3	19.5	– 39.2	7.3	31.7	1.0	6.3
Base posterior	7	5.6	– 6.9	23.4	– 32.5	6.2	26.8	0.5	3.9
Rama primaria posterior	8	3.5	– 14.2	14.9	– 67.0	8.4	36.9	5.1	24.8
Rama secundaria posterior	8	5.3	– 8.1	19.9	– 38.2	7.3	31.5	0.9	5.8

**Orden Isohypsibioidea** Sands, McInnes, Marley, Goodall-Copestake, Convey y Linse, 2008

Eutardígrados con garras dobles asimétricas con respecto al plano medio de la pierna (2121), normalmente con forma y tamaño similar en cada pierna; garras dobles del tipo *Isohypsibius* (rama secundaria de la garra externa insertada perpendicularmente en el tracto basal de la garra). Tubo bucal completamente rígido y con frecuencia relativamente grande, lámina ventral ausente. Huevos lisos puestos dentro de la exuvia (Bertolani et al., 2014).

**Familia Isohypsibiidae** Sands, McInnes, Marley, Goodall-Copestake, Convey y Linse, 2008

Mismos caracteres del orden.

Género *Isohypsibius* Thulin, 1928

Garras del tipo *Isohypsibius*; Las diplogarras en la misma pata son ligeramente diferentes en tamaño y forma. Aparato buco-faríngeo del tipo *Isohypsibius*, variante *Isohypsibius*. Seis lóbulos peribucales presentes. Apófisis y placoides faríngeos presentes. Furcas de los estiletes con forma típica. Lúnulas presentes o ausentes. Huevos lisos colocados en la exuvia (los huevos de muchas especies no están descritos hasta el momento) (Bertolani et al., 2014). Especie tipo: *Isohypsibius prosostomus* Thulin, 1928.

*Isohypsibius* sp.

**Diagnosis**

Cuerpo transparente, ojos ausentes (Fig. 18A). Cutícula reticulada en los lados dorsal y ventral del cuerpo (Fig. 18B). Aparato buco-faríngeo de tipo *Isohypsibius*. Tubo bucal de aproximadamente 12.1  $\mu\text{m}$  de largo y 2.1  $\mu\text{m}$  de ancho. Al final del tubo bucal se observan apófisis triangulares. Bulbo faríngeo esférico con 3 macroplocoides redondeados. Secuencia de macroplocoides  $2 < 1 < 3$ . Microplacoide ausente (Fig. 18C). Garras de tipo *Isohypsibius*. Ramas primarias de las garras sin puntos accesorios. Lúnulas ausentes pero con bases de las garras expandidas. Barras cuticulares ausentes.

**Material examinado:**

**Hábitat:** Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm.

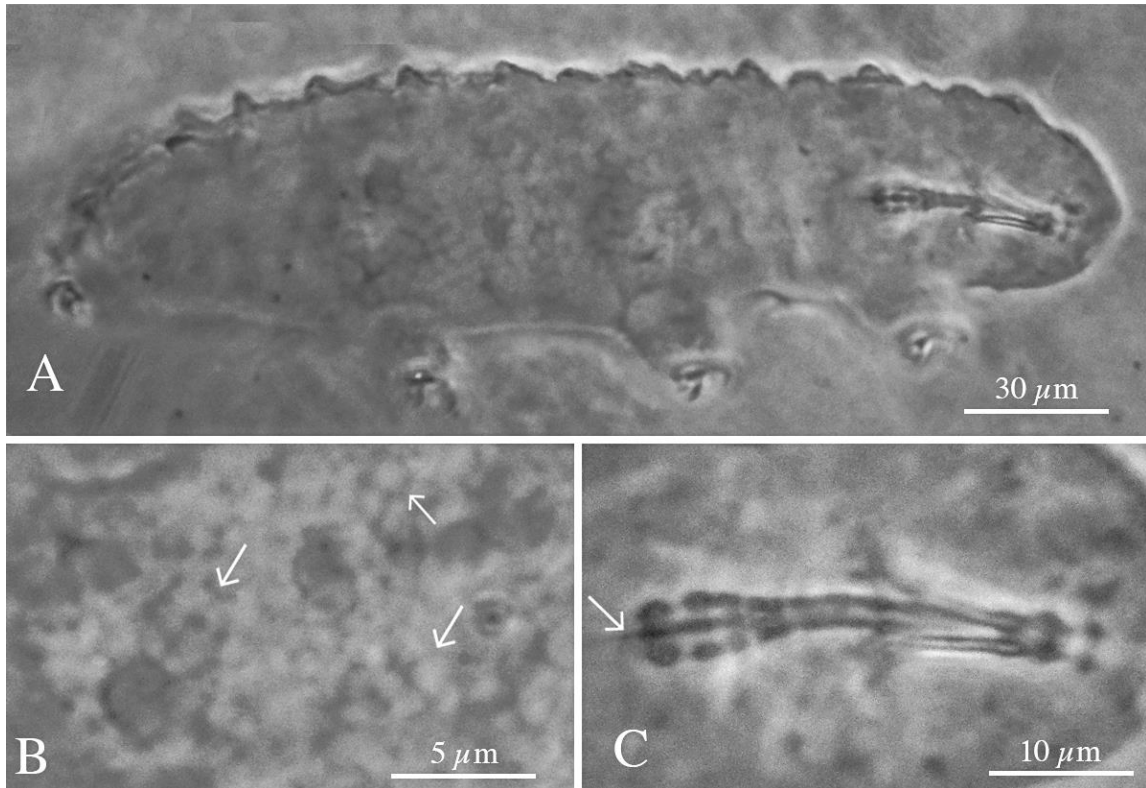
**Muestra:** TARDIS-136 (dos ejemplares).

**Ejemplares medidos:** dos (Tabla 23).

**Musgos asociados:** *Pohlia elongata*.

**Comentarios taxonómicos:** Los ejemplares examinados son similares a *I. brulloi* por los siguientes caracteres: cutícula reticulada, garras de tipo *Isohypsibius* modificadas (distintas en cada una de las patas), tres macroplocoides redondeados presentes (el primero de ellos muy cercano a los apófisis del tubo bucal), microplacoide ausente. Sin embargo, difiere en la morfología de la base de las garras, las cuales se encuentran expandidas (en *I. brulloi* se

presentan lúnulas en lugar de bases expandidas). Asimismo *I. sp.* difiere *I. brulloi* en la ausencia de puntas accesorias (presentes en *I. brulloi*). Dado que únicamente se encontraron dos ejemplares, y sumando la complejidad del género (Ramazzotti y Maucci, 1983), un análisis más detallado sobre esta especie no fue posible.



**Figura 18.** *Isohypsibius* sp.: A – habitus; B – cutícula dorsal (las flechas indican la reticulación); C – aparato bucofaríngeo (la flecha indica la ausencia del microplacoide). Todas las fotografías tomadas con MCF.

**Tabla 23.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Isohypsibius* sp. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones.

CARACTER	N	RANGO						MEDIA	
		$\mu\text{m}$			<i>pt</i>			$\mu\text{m}$	<i>pt</i>
Longitud corporal	2	163	–	171	1371	–	1402	167	1387
Tubo bucofaringeo									
Longitud	2	11.9	–	12.2		–		12.1	–
Punto de incisión del soporte del estilete	2	6.3	–	6.6	52.9	–	54.1	6.5	53.5
Ancho externo	2	1.9	–	2.3	15.6	–	19.3	2.1	17.5
Ancho interno	2	1.5	–	1.8	12.3	–	15.1	1.7	13.7
Longitud de placoides									
Macroplacoide 1	2	1.0	–	1.3	8.4	–	10.7	1.2	9.5
Macroplacoide 2	2	0.7	–	1.0	5.9	–	8.2	0.9	7.0
Macroplacoide 3	2	1.3	–	1.6	10.9	–	13.1	1.5	12.0
Fila de macroplacoides	2	5.0	–	5.3	42.0	–	43.4	5.2	42.7
Longitudes de la garra I									
Base externa	2	3.8	–	4.1	31.9	–	33.6	4.0	32.8
Rama primaria externa	2	8.9	–	9.2	74.8	–	75.4	9.1	75.1
Rama secundaria externa	2	7.9	–	8.2	66.4	–	67.2	8.1	66.8
Base interna	2	3.5	–	3.8	29.4	–	31.1	3.7	30.3
Rama primaria interna	2	8.8	–	9.1	73.9	–	74.6	9.0	74.3
Rama secundaria interna	2	7.9	–	8.2	66.4	–	67.2	8.1	66.8
Longitudes de la garra II									
Base externa	2	6.0	–	6.3	50.4	–	51.6	6.2	51.0
Rama primaria externa	2	8.4	–	8.7	70.6	–	71.3	8.6	70.9
Rama secundaria externa	2	4.8	–	5.1	40.3	–	41.8	5.0	41.1
Base interna	2	4.5	–	4.8	37.8	–	39.3	4.7	38.6
Rama primaria interna	2	7.8	–	8.1	65.5	–	66.4	8.0	66.0
Rama secundaria interna	2	4.5	–	4.8	37.8	–	39.3	4.7	38.6
Longitudes de la garra III									
Base externa	2	5.8	–	6.1	48.7	–	50.0	6.0	49.4
Rama primaria externa	2	9.7	–	10.0	81.5	–	82.0	9.9	81.7
Rama secundaria externa	2	4.6	–	4.9	38.7	–	40.2	4.8	39.4
Base interna	2	4.4	–	4.7	37.0	–	38.5	4.6	37.7
Rama primaria interna	2	7.9	–	8.2	66.4	–	67.2	8.1	66.8
Rama secundaria interna	2	4.4	–	4.7	37.0	–	38.5	4.6	37.7
Longitudes de la garra IV									
Base anterior	2	10.8	–	11.1	90.8	–	91.0	11.0	90.9
Rama primaria anterior	2	6.8	–	7.1	57.1	–	58.2	7.0	57.7
Rama secundaria anterior	2	4.3	–	4.6	36.1	–	37.7	4.5	36.9
Base posterior	2	8.9	–	9.2	74.8	–	75.4	9.1	75.1
Rama primaria posterior	2	6.8	–	7.1	57.1	–	58.2	7.0	57.7
Rama secundaria posterior	2	163	–	171	1371	–	1402	167	1387

## Superfamilia *Macrobiotoidea* Thulin, 1928

Garras dobles simétricas con respecto al plano medio de la pata (secuencia 2112); doble garra de cada pata similar en forma y tamaño; cada doble garra se caracteriza por la presencia de un tallo (pedúnculo) con forma cilíndrica o laminar; 10 lamelas o pápulas peribucales; tubo bucal fortalecido por una lámina ventral. Huevos puestos libremente y siempre rodeados por un caparazón ornamentado (Pilato y Binda, 2010).

### Familia *Macrobiotidae* Thulin, 1928

Garras dobles en forma de Y, con las dos ramas formando un tracto basal común evidente de longitud variable. Tubo bucal completamente rígido o anular caudalmente (Ramazzotti y Maucci, 1983).

#### Género *Macrobiotus* Schultze, 1834

Garras del tipo *hufelandi*. Aparato bucofaríngeo del tipo *Macrobiotus*, variante *Macrobiotus*. Apófisis y placoides faríngeos presentes. Furcas de los estiletes con forma típica. Lúnulas presentes en las especies conocidas. Huevos puestos libremente en las especies conocidas; superficie de los huevos con procesos (solo se conocen dos excepciones) (Pilato y Binda, 2010).

Especie tipo: *Macrobiotus hufelandi* Schultze, 1834.

#### *Macrobiotus hufelandi* Schultze, 1834.

### Diagnosis

Longitud corporal promedio de 407.9  $\mu\text{m}$ . Cutícula sin granulación (Fig. 19A). Tres bandas de dientes en la cavidad oral visible en microscopio óptico. Secuencia de longitud de macroplacoides:  $2 < 1$ . Microplacoide en forma de coma y colocado cerca del macroplacoide 2 (es decir, menos de una longitud de microplacoide lejos del macroplacoide 2) (Fig. 19B). Garras en forma de Y (es decir, con un tracto basal común) y con lúnulas conectadas a las garras por un pedúnculo (Fig. 19C). Huevos esféricos, con entre 25 – 30 proyecciones en forma de copa invertida (Fig. 19D). La forma del tronco de las proyecciones es sigmoidal (Fig. 19E), con terminaciones a menudo con un disco distinto (Fig. 19F), solo muy raramente con un disco reducido, terminalmente alargado o aplanado lateralmente. La superficie del huevo es reticulada (Fig. 19G) (Kaczmarek y Michalczyk, 2017).

### Material examinado:

**Hábitat:** Sitio 1. Bosque de pino. Altitud: 2937 msnm; Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

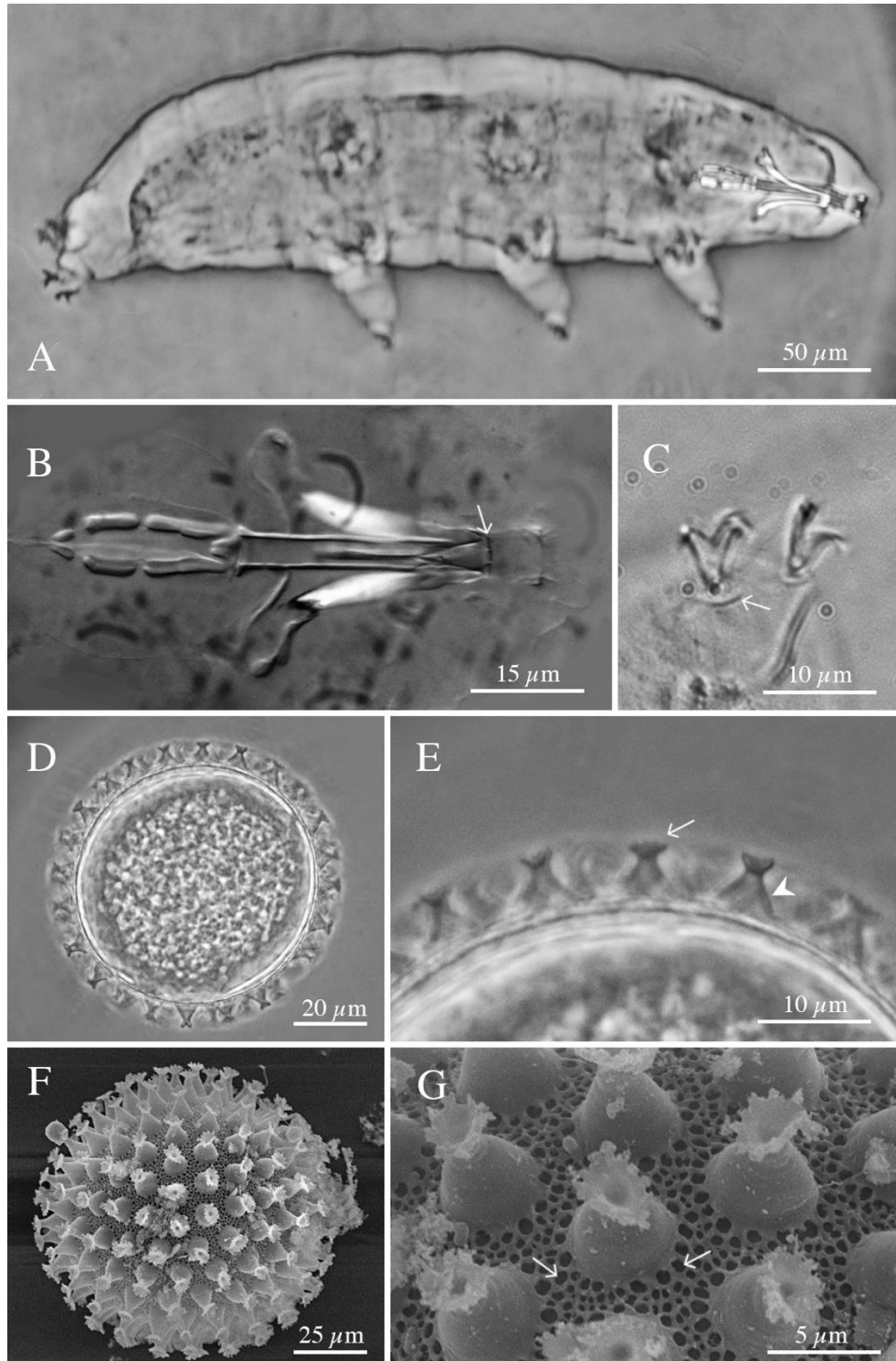
**Muestras:** TARDIS-13 (22 ejemplares), TARDIS-18 (36 ejemplares), TARDIS-19 (23 ejemplares, 4 huevos), TARDIS-105 (58 ejemplares), TARDIS-116 (43 ejemplares), TARDIS-127 (siete ejemplares), TARDIS-128 (15 ejemplares, 6 huevos), TARDIS-135 (dos ejemplares), TARDIS-140 (tres ejemplares), TARDIS-160 (23 ejemplares), TARDIS-174 (seis ejemplares), TARDIS-175 (dos ejemplares).

**Ejemplares medidos:** 45 ejemplares y 10 huevos (Tablas 24 y 25).

**Musgos asociados:** *Bratythecium* sp 2, *Braunia secunda*, *Bryum argenteum*, *Campylopus pilifer*, *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, *Hypnum amabile*, Hypnaceae sp., *Leptodontium flexifolium*, *Neckera chlorocaulis*, Pottiaceae sp. 2, *Ptychomitrium lepidomitrium*, *Rhynchostegium scariosum*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum* y *Zygodon obtusifolius*.

**Comentarios taxonómicos:** *Macrobotus hufelandi* pertenece al denominado “grupo *hufelandi*”, el cual se caracteriza por presentar una cutícula con poros, dos macropilacoides en forma de barra y un microplacoide, y por la morfología de los huevos con proyecciones en forma de "copas invertidas" (Kaczmarek y Michalczyk, 2017). Dentro de este complejo de especies, *M. hufelandi* difiere de *M. patagonicus*, *M. maculatus* y *M. lissostomus* por el tipo de armadura en la cavidad oral (tres bandas de dientes visibles al microscopio óptico en *M. hufelandi*, la primera banda no visible en *M. patagonicus*, las dos primeras bandas no visibles en *M. maculatus*, y ninguna banda visible en *M. lissostomus*. Se diferencia también de *M. sapiens* (la especie más parecida a *Macrobotus hufelandi*), por los dientes laterales y medios (no fusionados en *Macrobotus hufelandi*, y fusionados en *M. sapiens*).

**Observaciones:** En América la especie ha sido registrada en Argentina, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, Las Antillas, Paraguay, Perú, Republica Dominicana y Uruguay. Es la cuarta ocasión que se registra en México (Schuster, 1971; Heinis, 1911; Kaczmarek et al., 2014a).



**Figura 19.** *Macrobotus hufelandi*: A – habitus; B – aparato bucofaríngeo (la flecha indica la tercera banda de tres dientes); C – garras de la pata IV (la flecha indica la lúnula bajo la garra); D – huevo; E – detalle de las proyecciones del huevo (la flecha indica el disco terminal, el puntero indica el tronco de la proyección); F – hemisferio del huevo; G – detalle de la superficie del huevo (las flechas indican la superficie reticulada). A – E – MCF; F y G – MEB.

**Tabla 24.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Macrobotus hufelandi*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estándar.

CARACTER	N	RANGO						MEDIA		SD	
		$\mu\text{m}$			<i>Pt</i>			$\mu\text{m}$	<i>pt</i>	$\mu\text{m}$	<i>pt</i>
Longitud corporal	45	310	–	513	607	–	1000	407	787	64	114
Tubo bucal											
Longitud	45	44.8	–	56.0		–		51.8	–	4.1	–
Punto de inserción de soporte del estilete	45	38.4	–	46.4	72.7	–	91.7	43.5	84.1	2.3	5.2
Ancho externo	45	9.6	–	13.6	18.2	–	26.7	12.1	23.4	1.2	1.9
Ancho interno	45	7.4	–	9.9	13.6	–	19.4	8.4	16.3	0.9	2.3
Longitud de lámina ventral	9	31.2	–	37.0	61.2	–	77.1	34.8	68.4	2.2	5.4
Longitudes de placoides											
Macroplacoide 1	45	8.0	–	10.4	15.2	–	20.0	9.5	18.3	0.8	1.2
Macroplacoide 2	45	6.4	–	9.6	12.1	–	17.1	7.8	15.0	0.8	1.3
Microplacoide	45	2.1	–	3.9	4.0	–	8.7	3.0	5.8	0.6	1.1
Fila de macroplacoides	45	14.2	–	19.0	26.1	–	41.1	16.7	32.5	1.6	4.6
Longitudes de garras I											
Rama primaria externa	27	10.4	–	14.4	19.7	–	28.2	12.7	24.7	1.1	2.0
Rama secundaria externa	26	8.7	–	11.2	15.5	–	23.3	10.1	19.5	0.8	2.3
Rama primaria interna	28	8.8	–	12.8	16.7	–	25.1	11.1	21.4	1.1	1.9
Rama secundaria interna	28	8.1	–	9.9	14.5	–	20.6	9.3	18.0	0.8	1.9
Longitudes de garras II											
Rama primaria externa	28	11.2	–	14.0	21.2	–	27.5	12.8	24.8	0.8	1.8
Rama secundaria externa	27	8.8	–	11.6	16.0	–	24.2	10.1	19.7	1.1	3.2
Rama primaria interna	28	9.6	–	12.1	18.2	–	23.7	11.0	21.3	0.9	1.4
Rama secundaria interna	28	8.6	–	10.5	17.1	–	21.9	9.7	18.9	0.7	1.8
Longitudes de garras III											
Rama primaria externa	27	11.2	–	15.0	21.2	–	29.4	13.5	26.2	0.9	2.2
Rama secundaria externa	27	9.9	–	13.0	19.8	–	24.6	11.4	22.1	0.8	1.9
Rama primaria interna	27	9.4	–	12.1	17.8	–	23.7	11.0	21.2	1.0	1.5
Rama secundaria interna	26	9.3	–	11.8	18.2	–	23.3	10.4	20.2	0.9	1.8
Longitudes de garras IV											
Rama primaria anterior	29	11.2	–	15.2	21.2	–	29.8	13.5	26.2	1.0	2.1
Rama secundaria anterior	29	9.9	–	11.8	19.8	–	24.6	11.1	21.4	0.6	1.4
Rama primaria posterior	40	12.8	–	15.2	24.2	–	29.8	14.4	27.8	0.9	1.4
Rama secundaria posterior	40	8.7	–	10.5	17.7	–	20.6	10.0	19.3	0.6	0.7



**Tabla 25.** Mediciones de los huevos de *Macrobotus hufelandi*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estándar.

<b>CARACTER</b>	<b>N</b>	<b>RANGO</b>		<b>MEDIA</b>	<b>SD</b>
Diámetro de huevo sin proyecciones	10	75.3	– 92.4	83.6	5.5
Diámetro de huevo con proyecciones	10	114.9	– 129.2	123.4	5.4
Altura de las proyecciones	30	16.9	– 24.4	20.6	1.9
Ancho de la base de las proyecciones	30	22.4	– 31.4	26.3	2.6
Relación de base / altura de las proyecciones	30	100%	– 157%	129%	19%
Distancia entre proyecciones	30	2.2	– 30.0	5.2	6.3
Número de proyecciones en la circunferencia del huevo	10	25	– 30	9.5	0.5

## ***Macrobotus* grupo *hufelandi* sp.**

### **Diagnosis**

Longitud corporal promedio 463  $\mu\text{m}$ . Cuerpo transparente (Fig 20A). Secuencia de longitud de macroplacoides:  $2 < 1$ . Microplacoide en forma de coma y colocado cerca del macroplacoide 2 (es decir, menos de una longitud de microplacoide lejos del macroplacoide 2 (Fig. 20B). Tres bandas de dientes en la cavidad oral visible al microscopio óptico (Fig. 20C). Garras en forma de Y (con un tracto basal común) y con lúnulas conectadas a las garras por un pedúnculo. Huevos con superficie reticulada. Entre 27 y 34 proyecciones (Fig. 20D), en forma de conos truncados (forma del tronco cóncava (Fig. 20E), terminados en un disco dentado.

### **Material examinado:**

**Hábitat:** Sitio 1. Bosque de pino. Altitud: 2937 msnm; Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

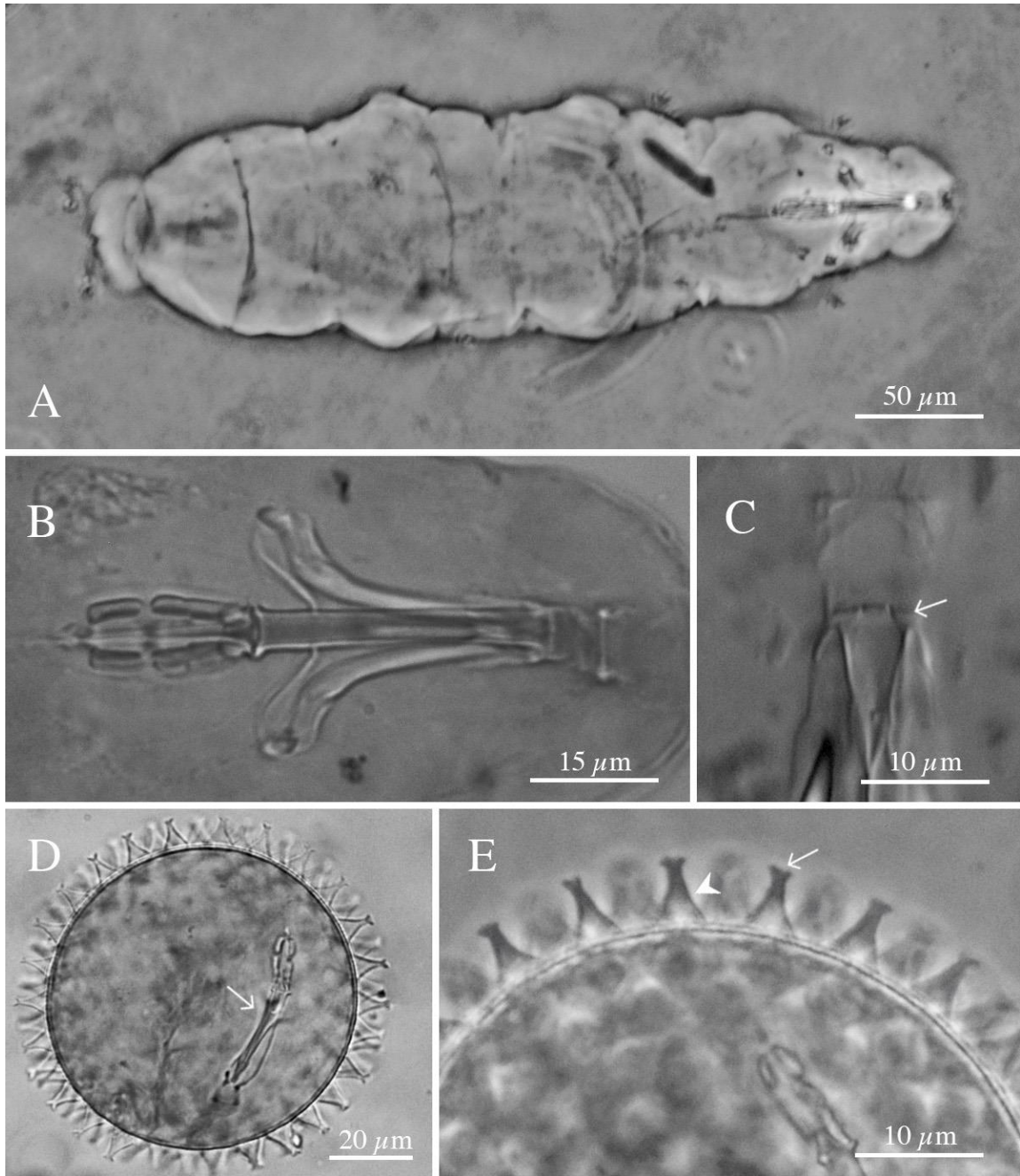
**Muestras:** TARDIS-13 (25 ejemplares), TARDIS-14 (48 ejemplares, 2 huevos), TARDIS-17 (25 ejemplares), TARDIS-103 (52 ejemplares), TARDIS-137 (tres ejemplares), TARDIS-140 (dos ejemplares), TARDIS-144 (seis ejemplares), TARDIS-145 (12 ejemplares, 3 huevos), TARDIS-146 (10 ejemplares), TARDIS-157 (seis ejemplares), TARDIS-158 (nueve ejemplares), TARDIS-159 (cuatro ejemplares), TARDIS-172 (22 ejemplares), TARDIS-174 (16 ejemplares), TARDIS-175 (un ejemplar).

**Ejemplares medidos:** 20 ejemplares y cinco huevos (Tablas 26 y 27).

**Musgos asociados:** *Bratythecium* sp 2, *Braunia secunda*, *Bryum argenteum*, *Campylopus pilifer*, *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, *Hypnum amabile*, *Hypnaceae* sp., *Leptodontium flexifolium*, *Neckera chlorocaulis*, *Pottiaceae* sp. 2, *Ptychomitrium lepidomitrium*, *Rhynchostegium scariosum*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum* y *Zygodon obtusifolius*.

**Comentarios taxonómicos:** Con características similares a *Macrobotus hufelandi*, sin embargo, difiere de esta por el número de proyecciones en la superficie de los huevos (entre 27 y 34 proyecciones en *M. grupo hufelandi* sp. y de 25 a 30 en *M. hufelandi*), el diámetro del huevo sin incluir las proyecciones (83.6  $\mu\text{m}$  en *M. hufelandi* y 85.2  $\mu\text{m}$  en *M. grupo hufelandi* sp.), la forma del tronco de las proyecciones (forma sigmoidal y con un borde y curvatura del disco distintos en el mismo huevo en *M. hufelandi*; curvatura cóncava y borde liso en *M. grupo hufelandi* sp.). Adicionalmente el valor de *pt* del punto de inserción de soporte del estilete es de 84.1 en *M. Hufelandi* y de 79.4 en *M. grupo hufelandi* sp.).

**Observaciones:** Dadas las características similares de *Macrobotus* grupo *hufelandi* sp. con *M. hufelandi*, podría tratarse de una variación dentro de esta última especie. Sin embargo, las diferencias en el número de proyecciones en la superficie de los huevos y el valor de *pt* del punto de inserción de soporte del estilete, podría indicar que se trata de una especie distinta, por lo que un número mayor de huevos, o un análisis de DNA, son necesarios para corroborar la identificación de esta especie.



**Figura 20.** *Macrobiotus* grupo *hufelandi* sp.: A – habitus; B – aparato bucofaríngeo; C – apertura bucal (la flecha indica la tercera banda de dientes); D –huevo embrionado (la flecha indica el aparato bucofaríngeo del embrión); E – detalle de las proyecciones del huevo (la flecha indica el disco terminal, el puntero indica el tronco de la proyección). Todas las imágenes tomadas con microscopio óptico. A, B, D y R – MCF; C – DIF.

**Tabla 26.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Macrobotus* grupo *hufelandi* sp. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estándar.

CARACTER	N	RANGO				MEDIA		SD			
		$\mu\text{m}$		<i>pt</i>		$\mu\text{m}$	<i>pt</i>	$\mu\text{m}$	<i>Pt</i>		
Longitud corporal	18	346	–	575	819	–	1079	463	966	64	74
Tubo bucal											
Longitud	20	39.5	–	55.9		–		47.9	–	5.2	–
Punto de inserción de soporte del estilete	20	30.9	–	44.5	77.5	–	80.7	38.0	79.4	4.3	1.0
Ancho externo	20	5.5	–	9.1	13.9	–	16.9	7.4	15.4	1.1	0.8
Ancho interno	17	3.7	–	6.6	9.4	–	12.2	5.3	10.9	0.9	0.9
Longitud de la lámina ventral	8	24.2	–	31.2	56.6	–	63.8	27.5	60.5	3.2	3.3
Longitudes de placoides											
Macroplacoide 1	20	5.6	–	9.1	14.0	–	17.9	7.6	15.8	1.3	1.3
Macroplacoide 2	20	4.5	–	7.2	11.2	–	13.4	5.9	12.2	0.9	0.7
Microplacoide	20	1.8	–	3.3	4.7	–	8.0	1.5	3.3	1.3	1.2
Fila de macroplacoides	20	16.8	–	27.3	42.5	–	51.5	23.2	48.2	3.6	2.9
Longitudes de garras I											
Rama primaria externa	14	10.0	–	14.0	24.2	–	27.8	12.3	25.6	1.4	1.2
Rama secundaria externa	12	7.4	–	11.6	16.3	–	21.8	9.2	19.2	1.6	2.7
Rama primaria interna	10	9.6	–	13.1	23.4	–	25.4	12.0	24.3	1.3	0.8
Rama secundaria interna	12	8.1	–	11.4	18.8	–	20.9	9.8	19.9	1.2	0.8
Longitudes de garras II											
Rama primaria externa	12	11.1	–	14.6	25.0	–	29.2	13.1	27.6	1.3	1.6
Rama secundaria externa	12	7.3	–	12.1	18.5	–	24.7	10.1	21.2	1.8	2.2
Rama primaria interna	11	11.2	–	15.0	24.7	–	30.0	13.0	27.2	1.6	2.2
Rama secundaria interna	12	9.1	–	12.8	21.4	–	26.3	11.3	23.6	1.6	2.0
Longitudes de garras III											
Rama primaria externa	14	10.5	–	16.0	24.4	–	29.7	13.2	27.5	1.9	1.8
Rama secundaria externa	13	8.6	–	11.8	18.5	–	23.2	10.1	21.1	1.2	1.6
Rama primaria interna	14	9.7	–	14.1	24.1	–	29.9	12.4	26.5	1.6	2.0
Rama secundaria interna	12	8.7	–	11.6	20.6	–	24.6	10.2	21.9	1.2	1.4
Longitudes de garras IV											
Rama primaria anterior	14	11.1	–	15.6	25.8	–	31.8	14.2	29.1	1.5	2.3
Rama secundaria anterior	14	7.6	–	11.9	19.2	–	24.0	10.7	21.9	1.5	1.8
Rama primaria posterior	12	10.7	–	15.9	26.1	–	32.3	14.3	29.9	1.9	2.4
Rama secundaria posterior	16	8.4	–	12.6	18.2	–	26.8	10.6	22.3	1.2	2.7

**Tabla 27.** Mediciones de los huevos de *Macrobotus* grupo *hufelandi* sp. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estándar.

<b>CARACTER</b>	<b>N</b>	<b>RANGO</b>		<b>MEDIA</b>	<b>SD</b>
Diámetro de huevo sin proyecciones	5	75.2	– 93.2	85.2	7.1
Diámetro de huevo con proyecciones	5	106.8	– 132.6	117.9	10.9
Altura de las proyecciones	15	15.4	– 21.4	18.9	1.9
Ancho de la base de las proyecciones	15	24.2	– 33.4	27.9	2.5
Relación de base / altura de las proyecciones	15	127%	– 160%	148%	11%
Distancia entre proyecciones	15	2.2	– 30.0	5.6	6.8
Número de proyecciones en la circunferencia del huevo	5	27	– 34	9.8	0.4

## **Género *Mesobiotus* Vecchi, Cesari, Bertolani, Jönsson, Rebecchi y Guidetti, 2016**

Macrobiótidos con garras dobles en forma de Y con un tracto basal común caracterizado por un septum interno que define una parte distal. Cutícula sin poros. Apertura bucal con 10 lamelas peribucales; tubo bucal rígido; tres macroplacoides redondeados dispuestos a lo largo de una línea curva; microplacoide claramente cercano (menor que su longitud) al tercer macroplacoide. Los huevos se ponen libremente y se caracterizan por procesos cónicos o semiesféricos, generalmente con puntas agudas (Vecchi, et al., 2016).

Especie tipo: *Mesobiotus harmsworthi harmsworthi* (Murray, 1907)

*Mesobiotus simulans* (Pilato, Binda, Napolitano y Moncada, 2000)

### **Diagnosis**

Longitud corporal 566  $\mu\text{m}$ . Cutícula lisa (Fig. 21A). Aparato bucofaríngeo del tipo *Macrobiotus* (Fig. 21B), con 10 lamelas peribucales. Armadura de la cavidad oral del tipo *harmsworthi*, compuesto de tres bandas de dientes (Fig. 21C). Tres microplacoides y un microplacoide, todos equidistantes uno del otro. La secuencia de macroplacoides es  $2 < 3 < 1$  (Fig. 21D). El bulbo faríngeo está equipado con apófisis faríngeas.

Entre 15 y 17 proyecciones en la circunferencia del huevo, de forma cónica (Fig. 21E).

Garras del tipo *Mesobiotus*, con un septum y puntos accesorios bien desarrollados. Lúnulas lisas en las garras I-III (Fig. 21F) y fuertemente crenuladas en las garras IV (Fig. 21G) (Kaczmarek et al., 2011c; Vecchi, et al., 2016).

### **Material examinado:**

**Hábitat:** Sitio 1. Bosque de pino. Altitud: 2937 msnm; Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

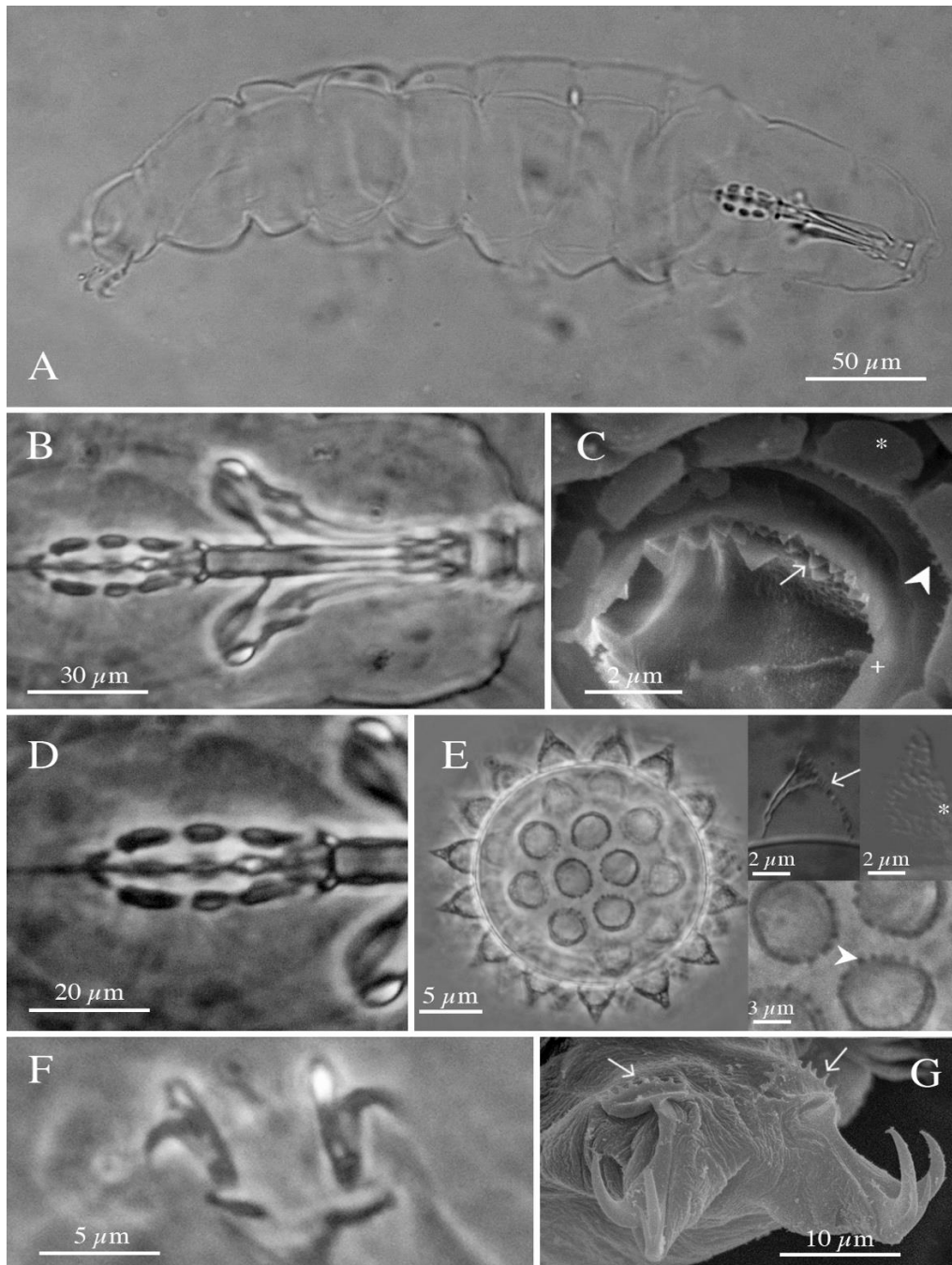
**Muestras:** TARDIS-15 (siete ejemplares y 3 huevos), TARDIS-133 (Seis ejemplares y tres huevos), TARDIS-140 (dos ejemplares), TARDIS-156 (un ejemplar), TARDIS-175 (un ejemplar).

**Ejemplares medidos:** diez ejemplares y tres huevos. (Tablas 28 y 29).

**Musgos asociados:** *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, *Leptodontium flexifolium*, *Neckera chlorocaulis*, *Rhexophyllum subnigrum* y *Rhytidium rugosum*.

**Comentarios taxonómicos:** *M. simulans* pertenece al llamado grupo *harmsworthi*, que se caracteriza por tres macroplacoides claramente separados, con forma de bastones cortos y redondeados y un microplacoide situado muy cerca de estos, y proyecciones de los huevos esféricas o cónicas (Kaczmarek et al., 2018). Y específicamente se agrupa con dos especies con los mismos caracteres (granulación evidente presente en las patas I – IV. Proyecciones del huevo: menos de 20 en la circunferencia. De forma cónica reticuladas y con un ápex afilado. Corona bien visible de puntos alrededor de las bases, espacio entre las proyecciones presente. Aerolación del huevo ausente, reticulación en la superficie del huevo presente). *M. simulans* difiere de estas dos especies (que son las de mayor similitud) por la presencia de ojos (ausentes en *M. patiens*) y por la presencia de lúnulas indentadas (lúnulas lisas en *M. coronatus*).

**Observaciones:** *M. simulans* únicamente ha sido reportada en algunas localidades de Italia (Kaczmarek et al., 2018). Este es el primer registro de la especie para México y para América.



**Figura 21.** *Mesobiotus simulans*: A – habitus (las flechas indican los poros de la cutícula); B – aparato bucofaríngeo; C – armadura del aparato bucal mostrando las tres bandas de dientes (el puntero indica la primera banda, el signo de más la tercera banda y la flecha los dientes adicionales; el asterisco indica las lamelas peribucuales); D – bulbo faríngeo; E – huevo y detalle de las proyecciones (la flecha indica la pared de una proyección, el asterisco indica la reticulación de la superficie, el puntero indica la corona de puntos alrededor de la base); F y G – garras de la pata IV (las flechas indican las indentaciones de las lúnulas). A, B, D, E, F - MCF; C y G - MEB.

**Tabla 28.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Mesobiotus simulans*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones.

CARACTER	N	RANGO						MEDIA		SD	
		$\mu\text{m}$			<i>pt</i>			$\mu\text{m}$	<i>pt</i>	$\mu\text{m}$	<i>pt</i>
Longitud corporal	10	423	–	655	963	–	1191	566	1039	86	94
Tubo bucal											
Longitud	10	40.5	–	66.8		–		55.1	–	11.2	–
Punto de inserción de soporte del estilete	10	37.3	–	48.8	72.0	–	92.1	43.2	79.9	4.7	8.0
Ancho externo	10	3.5	–	10.1	8.6	–	15.1	6.9	12.3	2.3	2.2
Ancho interno	10	2.5	–	8.2	6.2	–	12.3	5.5	9.8	1.9	2.1
Longitud de la lámina ventral	7	17.8	–	23.6	32.7	–	42.6	20.9	37.1	2.2	4.0
Longitudes de placoides											
Macroplacoide 1	9	3.3	–	7.1	8.1	–	12.6	5.1	9.5	1.3	1.5
Macroplacoide 2	10	2.1	–	5.7	5.2	–	10.2	4.0	7.2	1.2	1.5
Macroplacoide 3	8	2.8	–	5.9	6.9	–	11.5	4.5	8.3	1.1	1.6
Microplacoide	8	2.1	–	5.4	4.7	–	9.1	3.9	6.7	1.0	1.5
Fila de macroplacoides	10	13.2	–	20.3	27.6	–	35.1	16.9	31.0	2.5	2.5
Fila placoide	10	17.3	–	22.7	31.3	–	43.8	20.1	37.5	1.8	5.2
Longitudes de garras I											
Rama primaria externa	10	9.3	–	16.8	22.1	–	26.8	13.2	24.0	2.7	1.5
Rama secundaria externa	10	7.6	–	13.6	17.1	–	23.2	10.7	19.6	2.0	1.8
Rama primaria interna	10	7.7	–	15.2	19.0	–	23.4	11.6	20.9	2.7	1.6
Rama secundaria interna	8	7.0	–	11.0	15.1	–	21.9	9.2	17.8	1.3	2.3
Longitudes de garras II											
Rama primaria externa	10	10.1	–	16.3	21.0	–	28.5	13.1	24.2	1.9	2.4
Rama secundaria externa	9	7.6	–	13.9	17.4	–	23.2	10.6	19.7	2.1	1.8
Rama primaria interna	9	8.5	–	14.5	18.5	–	23.3	11.6	20.9	2.2	1.5
Rama secundaria interna	9	7.6	–	11.6	16.0	–	23.2	9.9	18.8	1.3	2.4
Longitudes de garras III											
Rama primaria externa	10	10.1	–	17.3	22.5	–	28.5	13.6	25.0	2.4	1.8
Rama secundaria externa	10	8.8	–	15.3	19.5	–	24.5	11.8	21.4	2.2	1.6
Rama primaria interna	9	8.3	–	14.4	18.5	–	24.7	11.2	21.0	2.0	1.9
Rama secundaria interna	9	8.2	–	14.1	17.7	–	22.4	11.0	19.8	1.9	1.6
Longitudes de garras IV											
Rama primaria anterior	10	10.1	–	14.2	18.1	–	28.5	12.3	22.9	1.4	3.7
Rama secundaria anterior	10	8.8	–	17.6	21.7	–	26.3	13.3	24.0	3.4	1.7
Rama primaria posterior	10	10.3	–	15.0	16.0	–	31.9	12.4	23.7	1.4	6.4
Rama secundaria posterior	9	7.6	–	16.9	18.8	–	25.3	12.8	22.4	3.6	2.3



**Tabla 29.** Mediciones de los huevos de *Mesobiotus simulans*. N = número de ejemplares o estructuras medidos.

<b>CARACTER</b>	<b>N</b>	<b>RANGO</b>		<b>MEDIA</b>	<b>SD</b>
Diámetro de huevo sin proyecciones	3	64.3	– 73.2	69.1	4.5
Diámetro de huevo con proyecciones	3	71.1	– 79.8	75.2	4.4
Altura de las proyecciones	9	3.2	– 7.7	5.5	1.6
Ancho de la base de las proyecciones	9	5.5	– 7.3	6.5	0.6
Relación de base / altura de las proyecciones	9	95%	– 184%	127%	###
Distancia entre proyecciones	9	2.4	– 5.9	4.1	1.2
Número de proyecciones en la circunferencia del huevo	3	15	– 17	16.0	1.0

## Género *Minibiotus* Schuster, 1980

Garras del tipo *hufelandi*. Aparato bucofaríngeo del tipo *Macrobotus*, variante de *Minibiotus*. Los soportes de los estiletes se insertan al 73% o menos de la longitud del tubo bucal. Apófisis y placoides faríngeos presentes. Furcas de los estiletes con forma típica. Lúnulas presentes en las especies conocidas. Huevos puestos libremente; superficie de los huevos con procesos en las especies conocidas (Claxton, 1998).

Especie tipo: *Minibiotus intermedius* Plate, 1889.

*Minibiotus formosus* Zawierucha, Dziamięcki, Jakubowska, Michalczyk y Kaczmarek, 2014

### Diagnosis

Longitud corporal de rango 113 – 236  $\mu\text{m}$  (129 – 253  $\mu\text{m}$  en los ejemplares en el presente estudio). Cutícula lisa color blanco - transparente y cubierta con poros redondos de distintos tamaños (Fig. 22A). Los poros están dispuestos en 9-10 bandas transversales pobremente definidas. Diez papulas peribucales presentes. Aparato bucco-faríngeo del tipo *Minibiotus*. Armadura de la cavidad oral ausente o no visible bajo PCM. Tubo bucal con una lámina ventral poco visible y con una curva anterior y posterior (Fig. 22B). Tres macropilacoides granulares y un micropilacoides diminuto presentes en el bulbo faríngeo (Fig. 22C). Todos los macropilacoides de distintos tamaños, la secuencia de longitud de los macropilacoides:  $2 < 1 < 3$ . Séptulum ausente. Garras con lúnulas presentes. Huevos color blanco - transparente, depositados libremente. Esféricos, sin areolación (Fig. 22D). Proyecciones en forma de conos cortos, suaves y ligeramente flexibles (Fig. 22E). Las proyecciones se distribuyen en la superficie del huevo, uno cerca del otro, pero nunca en contacto (Zawierucha et al., 2014).

### Material examinado:

**Hábitat:** Sitio 1. Bosque de pino. Altitud: 2937 msnm; Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

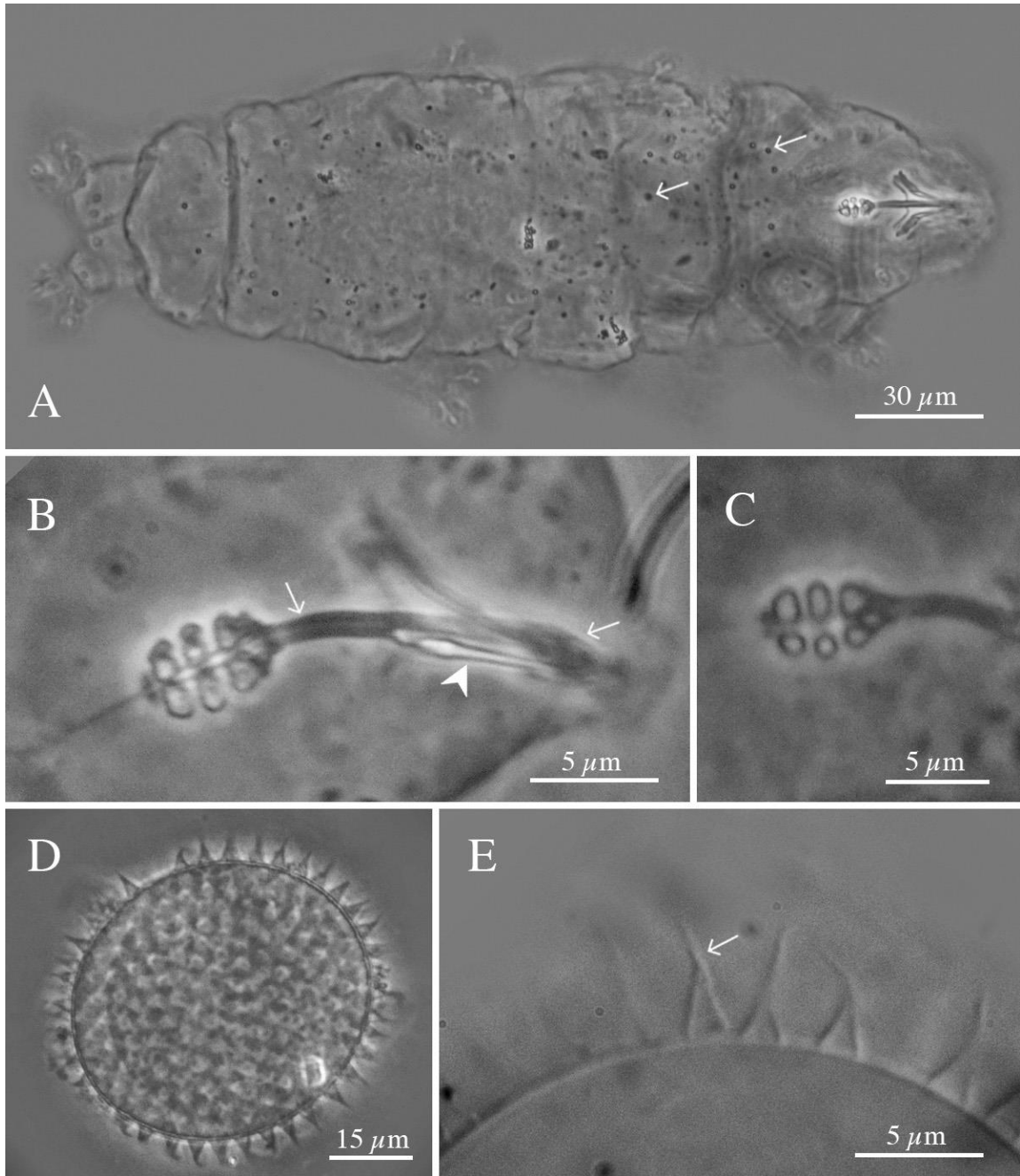
**Muestras:** TARDIS-13 (ocho ejemplares), TARDIS-116 (12 ejemplares), TARDIS-137 (15 ejemplares), TARDIS-140 (un ejemplar), TARDIS-144 (tres ejemplares), TARDIS-146 (diez ejemplares), TARDIS-148 (cinco ejemplares y 3 huevos), TARDIS-171 (nueve ejemplares), TARDIS-175 (dos ejemplares).

**Ejemplares medidos:** 10 ejemplares y tres huevos (Tablas 30 y 31).

**Musgos asociados:** *Bratythecium* sp 2, *Braunia secunda*, *Bryum argenteum*, *Campylopus pilifer*, *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, *Hypnum amabile*, *Leptodontium flexifolium*, *Neckera chlorocaulis*, *Ptychomitrium lepidomitrium*, *Rhynchostegium scariosum*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum* y *Zygodon obtusifolius*.

**Comentarios taxonómicos:** Difiere principalmente de las especies *M. orthofasciatus*, *M. poricinctus*, *M. pustulatus*, *M. ramazzottii*, *M. vinciguerrae*, *M. weglarskae* y *M. xavieri* por la presencia de poros de distintos tamaños (poros uniformes en las especies anteriormente mencionadas). Y de *M. subintermedius* por la presencia de lúnulas bien desarrolladas (pobremente desarrolladas en *M. subintermedius*).

**Observaciones:** La especie fue descrita de Letonia (Zawierucha et al., 2014). Este es el primer registro de la especie para México y para América.



**Figura 22.** *Minibiotus formosus*: A – habitus (las flechas indican los poros de la cutícula); B – aparato bucofaríngeo (las flechas indican las curvaturas del tubo bucal, el puntero indica la lámina ventral); C – bulbo faríngeo; D –huevo; E – detalle de las proyecciones del huevo (la flecha indica la parte flexible de la proyección). A - E – MCF; E – DIF.

**Tabla 30.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Minibiotus formosus*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones.

CARACTER	N	RANGO				MEDIA		SD			
		$\mu\text{m}$		<i>pt</i>		$\mu\text{m}$	<i>pt</i>	$\mu\text{m}$	<i>pt</i>		
Longitud corporal	10	129	–	253	717	–	1077	201	956	35	109
Tubo bucal											
Longitud	10	18.0	–	23.5		–		20.9	–	1.8	–
Punto de inserción de soporte de los estiletes	10	9.8	–	12.7	50.2	–	56.8	11.4	54.4	1.0	1.9
Ancho externo	9	1.6	–	2.3	8.2	–	11.2	1.9	9.1	0.2	0.9
Ancho interno	7	0.8	–	1.0	3.8	–	4.9	0.9	4.1	0.1	0.4
Longitudes de los placoides											
Macroplacoide 1	8	1.5	–	2.6	7.9	–	11.1	1.9	9.2	0.3	1.0
Macroplacoide 2	10	1.5	–	2.3	8.2	–	9.8	1.9	8.9	0.2	0.6
Macroplacoide 3	9	1.7	–	2.9	9.1	–	12.3	2.1	10.0	0.4	1.0
Microplacoide	7	0.8	–	1.3	3.8	–	6.7	1.0	4.6	0.2	1.0
Fila de macroplacoides	10	4.8	–	7.1	25.1	–	34.6	5.8	27.9	0.8	2.8
Fila de placoides	10	5.4	–	8.2	28.2	–	40.0	6.7	32.2	0.8	3.6
Longitudes de garras I											
Rama primaria externa	10	4.6	–	6.9	19.9	–	33.5	5.7	27.6	0.8	4.8
Rama secundaria externa	8	3.5	–	4.6	15.2	–	22.3	4.1	19.6	0.4	2.3
Rama primaria interna	9	5.3	–	7.3	25.4	–	33.3	6.2	29.4	0.7	2.7
Rama secundaria interna	10	3.3	–	4.8	16.3	–	22.1	4.1	19.5	0.6	2.2
Longitudes de garras II											
Rama primaria externa	10	5.5	–	7.2	24.7	–	39.4	6.2	30.0	0.6	4.6
Rama secundaria externa	10	3.6	–	5.0	16.5	–	26.1	4.4	21.1	0.5	3.6
Rama primaria interna	8	5.4	–	7.1	27.7	–	33.3	6.5	30.5	0.5	2.1
Rama secundaria interna	9	3.7	–	4.8	19.0	–	22.6	4.3	21.0	0.3	1.2
Longitudes de garras III											
Rama primaria externa	10	5.3	–	7.1	27.7	–	35.9	6.6	31.7	0.5	3.0
Rama secundaria externa	9	3.8	–	5.2	19.9	–	25.2	4.8	23.0	0.5	2.1
Rama primaria interna	9	5.3	–	6.9	23.8	–	33.5	6.1	29.3	0.6	3.3
Rama secundaria interna	10	4.3	–	5.0	18.6	–	23.9	4.6	22.0	0.2	1.7
Longitudes de garras IV											
Rama primaria anterior	9	6.6	–	8.1	29.4	–	39.3	7.3	34.7	0.5	3.3
Rama secundaria anterior	8	4.1	–	5.8	20.3	–	28.2	5.1	24.4	0.5	2.8
Rama primaria posterior	8	6.2	–	8.3	32.5	–	41.5	7.4	35.8	0.8	3.6
Rama secundaria posterior	8	4.2	–	6.3	22.0	–	31.8	5.6	26.4	0.7	3.7

**Tabla 31.** Mediciones de los huevos de *Minibiotus formosus*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estándar.

<b>CARACTER</b>	<b>N</b>	<b>RANGO</b>			<b>MEDIA</b>	<b>SD</b>
Diámetro de huevo sin proyecciones	3	43.2	–	49.8	45.9	3.4
Diámetro de huevo con proyecciones	3	54.7	–	59.6	56.4	2.8
Altura de las proyecciones	9	4.8	–	5.4	5m.2	0.2
Ancho de la base de las proyecciones	9	2.8	–	3.5	3.0	0.2
Relación de base / altura de las proyecciones	9	53%	–	67%	58%	5%
Distancia entre proyecciones	9	2.0	–	3.0	2.6	0.4
Número de proyecciones en la circunferencia del huevo	3	27	–	31	29.0	2.0

Género *Paramacrobotus* Guidetti, Schill, Bertolani, Dandekar y Wolf, 2009

Poros cuticulares ausentes, armadura de la cavidad oral del tipo *harmsworthi*, casi siempre compuesta por tres bandas de dientes. Tubo bucal con lámina ventral presente. Configuración de los macroplacoides  $2 < 1 < 3$ . Lúnulas lisas bajo las garras presentes. Tipos de huevo: *areolatus*, *beotiae*, *chierегоi*, *csotiensis*, *huziori*, *richtersi*, *submorulatus* y *tonollii* (Kaczmarek, et al., 2017).

Especie tipo: *Paramacrobotus richtersi* (Murray, 1911).

Subgénero *Paramacrobotus* Guidetti, Schill, Bertolani, Dandekar y Wolf, 2009

Faringe con microplacoide presente, el cual presenta “alas” laterales. Los demás caracteres igual que en el género *Paramacrobotus* (Kaczmarek, et al., 2017).

Especie tipo: *Paramacrobotus richtersi* (Murray, 1911).

*Paramacrobotus (Paramacrobotus) gerlachae* (Pilato, Binda y Lisi, 2004)

### Diagnosis

Longitud promedio del cuerpo 331  $\mu\text{m}$ ; transparente; ojos ausentes, cutícula lisa, sin gránulos (Fig. 23A). Aparato buco-faríngeo del tipo *Macrobotus*. Tubo bucal rígido, con lámina ventral (Fig. 23B); apertura bucal con diez lamelas peribucales (Fig. 23C). Una banda anterior de dientes finos, una corona posterior de dientes triangulares y un sistema de tres crestas dorsales y tres ventrales transversales también están presentes en la pared de la cavidad bucal (Fig. 23C). Tubo bucal de 42  $\mu\text{m}$  de largo y 7.3  $\mu\text{m}$  de ancho. Los soportes de los estiletes se insertan en el tubo bucal a 79.4% de su longitud ( $pt = 79.4$ ). El bulbo faríngeo con apófisis presentes, tres macroplacoides en forma de bastón y un pequeño microplacoide que se encuentra muy lejos del tercer macroplacoide (Fig. 23B).

Garras del tipo *hufelandi* con puntas accesorias en las ramas principales presentes. Lúnulas lisas en las garras de las patas IV presentes (Figs. 23D y 23E).

Huevos del tipo *richtersi*, depositados libremente, esféricos, areolados y con proyecciones truncocónicas bien desarrolladas (10 a 12 en la circunferencia) ligeramente variables en su forma (Figs. 23F y 23G), 71.2 – 75.3  $\mu\text{m}$  de diámetro excluyendo las proyecciones (Kaczmarek, et al., 2017).

### Material examinado:

**Hábitat:** Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

**Muestra:** TARDIS – 146 (dos ejemplares y cuatro huevos).

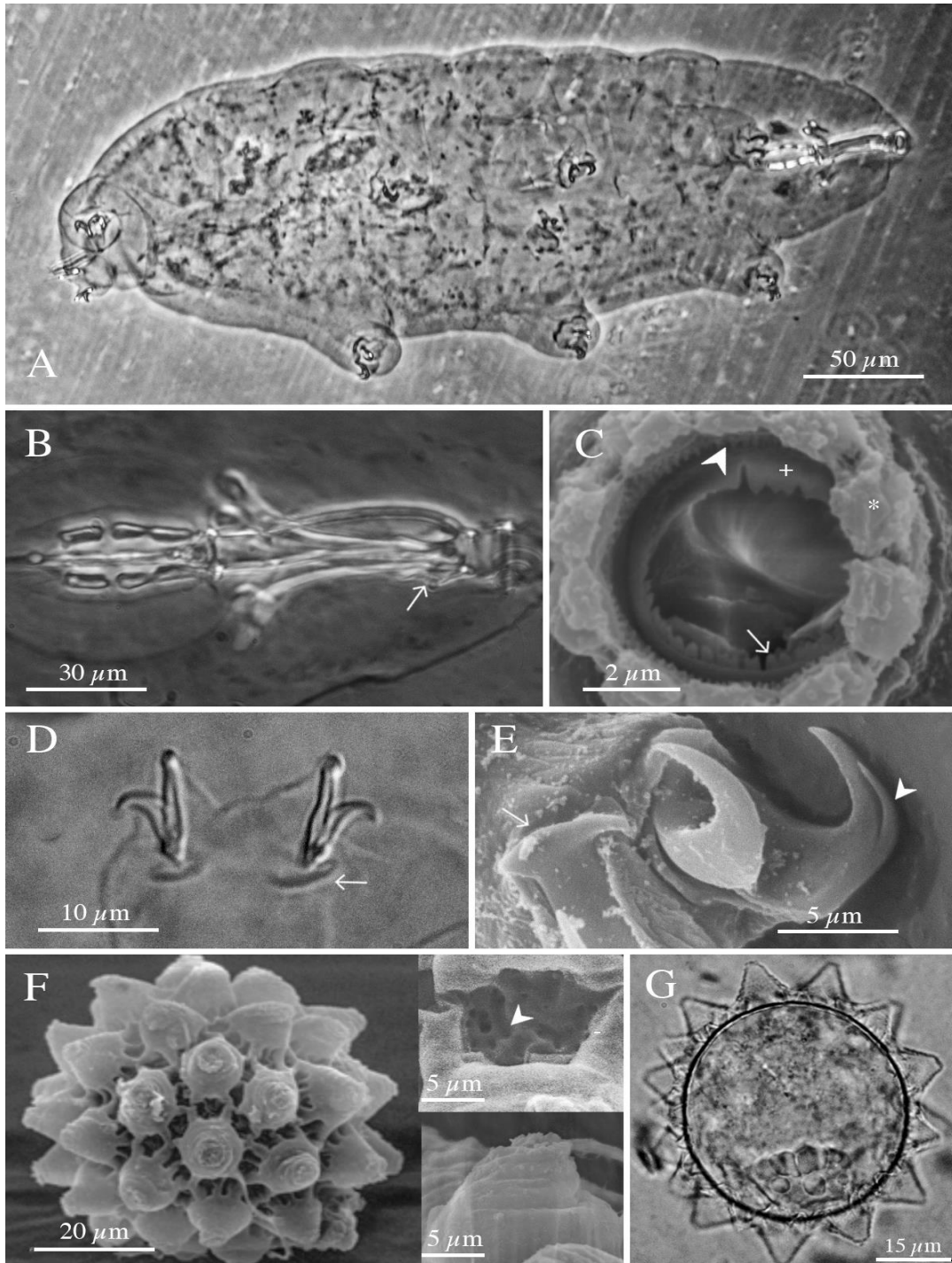
**Ejemplares medidos:** dos ejemplares y tres huevos (Tablas 32 y 33).

**Musgos asociado:** *Hypnum amabile* y *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*.

**Comentarios taxonómicos:** Difiere principalmente de otras especies del mismo subgénero *Paramacrobotus*, en el tipo de huevo (tipo *aerolatus* en *P. (P.) danielae*, *P. (P.) garynahi*, *P. (P.) hapukuensis*, *P. (P.) peteri*, *P. (P.) rioplatensis* y *P. (P.) savaii*; tipo *beotiae* en *P. (P.) beotiae*; tipo *chierегоi* en *P. (P.) chierегоi*; tipo *richtersi* en *P. (P.) magdalanae*). Dentro de las especies que presentan un huevo tipo *richtersi* con más de seis areolas alrededor de cada proyección, *P. (P.) gerlachae* se diferencia por la ausencia de ojos (presentes en *P. (P.)*

*magdalenae* P. (P.) y *P. (P.) sklodowskiae*). Asimismo se diferencia por presentar lúnulas lisas en las garras de las patas IV (dentadas en *P. (P.) alekseevi*), por presentar la cutícula lisa en las patas I-III (granulada en *P. (P.) lorenae*, que es la especie más parecida).

**Observaciones:** La especie se describió de Seychelles, en el Océano Índico y en el continente americano solamente se registró en Costa Rica. Es un nuevo registro para México y norteamérica.



**Figura 23.** *Paramacrobotus (Paramacrobotus) gerlachae*: A – habitus; B – aparato bucofaríngeo (la flecha indica la lámina ventral); C – armadura del aparato bucal mostrando las tres bandas de dientes (el puntero indica la primera banda, la flecha la segunda banda y el signo de más la tercera banda; el asterisco indica las lamelas peribucales); D y E – garras de la pata IV (la flecha indica la lúnula lisa, el puntero indica la punta accesoria); F y G – huevo con detalle de las proyecciones (el puntero indica los poros de la areolación entre las proyecciones). A, B, D, G – MCF; C, E y F – MEB.



**Tabla 32.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Paramacrobiotus (P.) gerlachae*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones.

CARÁCTER	N	RANGO				MEDIA			
		$\mu\text{m}$		<i>Pt</i>		$\mu\text{m}$	<i>pt</i>		
Longitud corporal	2	302	–	427	700	–	953	331	693
Tubo bucal									
Longitud	2	66.1	–	78.1		–		72.1	–
Punto de inserción de soporte del estilete	2	36.4	–	44.8	79.1	–	91.4	37.7	79.4
Ancho externo	2	12.8	–	13.6	26.1	–	29.6	7.3	17.4
Ancho interno	2	8.7	–	9.9	17.8	–	21.5	9.3	19.6
Longitud de la lámina ventral	1	35.2	–	35.2	76.5	–	76.5	35.2	76.5
Longitudes de placoides									
Macroplacoide 1	2	10.4	–	10.4	21.2	–	22.6	10.4	21.9
Macroplacoide 2	2	8.1	–	9.6	16.5	–	20.9	8.9	18.7
Macroplacoide 3	2	11.5	–	12.8	23.5	–	27.8	12.2	25.6
Microplacoide	2	4.0	–	4.0	8.2	–	8.7	4.0	8.4
Fila de macroplacoides	2	35.0	–	35.0	71.4	–	76.1	35.0	73.8
Longitudes de garras I									
Rama primaria externa	2	13.6	–	14.4	27.8	–	31.3	14.0	29.5
Rama secundaria externa	2	8.7	–	10.5	17.8	–	22.8	9.6	20.3
Rama primaria interna	2	12.0	–	12.8	24.5	–	27.8	12.4	26.2
Rama secundaria interna	2	8.1	–	9.9	16.5	–	21.5	9.0	19.0
Longitudes de garras II									
Rama primaria externa	2	13.6	–	14.0	27.8	–	30.4	13.8	29.1
Rama secundaria externa	2	10.5	–	11.1	22.7	–	22.8	10.8	22.7
Rama primaria interna	2	12.0	–	12.1	24.5	–	26.3	12.1	25.4
Rama secundaria interna	2	9.9	–	10.5	21.4	–	21.5	10.2	21.5
Longitudes de garras III									
Rama primaria externa	2	14.0	–	15.0	28.6	–	32.6	14.5	30.6
Rama secundaria externa	2	11.1	–	12.4	22.7	–	27.0	11.8	24.8
Rama primaria interna	2	12.0	–	12.1	24.5	–	26.3	12.1	25.4
Rama secundaria interna	2	11.1	–	11.8	24.1	–	24.1	11.5	24.1
Longitudes de garras IV									
Rama primaria anterior	2	14.4	–	15.2	29.4	–	33.0	14.8	31.2
Rama secundaria anterior	2	11.1	–	11.8	24.1	–	24.1	11.5	24.1
Rama primaria posterior	2	15.0	–	15.2	30.6	–	33.0	15.1	31.8
Rama secundaria posterior	2	9.9	–	10.5	21.4	–	21.5	10.2	21.5

**Tabla 33.** Mediciones los huevos de *Paramacrobrotus (P.) gerlachae*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño.

<b>CARÁCTER</b>	<b>N</b>	<b>RANGO</b>		<b>MEDIA</b>	<b>SD</b>
Diámetro de huevo sin proyecciones	3	71.2	– 75.3	73.2	2.1
Diámetro de huevo con proyecciones	3	94.4	– 103.0	99.8	3.9
Altura de las proyecciones	9	12.1	– 14.3	13.1	0.9
Ancho de la base de las proyecciones	9	11.6	– 14.9	12.7	1.0
Relación de base / altura de las proyecciones	9	85%	– 120%	97%	9%
Distancia entre proyecciones	9	5.0	– 7.8	6.2	0.9
Número de proyecciones en la circunferencia del huevo	3	12	– 14	13.0	1.2

*Paramacrobotus (Paramacrobotus) magdalenae* (Michalczyk y Kaczmarek, 2006)

### Diagnosis

Longitud corporal en un rango de 205 – 545  $\mu\text{m}$ , 421  $\mu\text{m}$  en promedio (rango de 259 – 541  $\mu\text{m}$  y un promedio de 460  $\mu\text{m}$  en los ejemplares de este trabajo). Color transparente - blanco (Fig 24A). Ojos presentes, alargados. Cutícula lisa, sin poros. Granulación presente sólo en las patas IV. Aparato bucofaríngeo del tipo *Macrobotus* (Fig. 24B). Dos macroplacoides y un microplacode presentes. Apertura bucal rodeada de 10 lamelas peribucales. Cavidad oral con tres bandas de dientes (Fig. 24C). Garras del tipo *hufelandi* con puntas accesorias en las ramas principales presentes (Fig. 24D). Lúnulas lisas en las garras de todas las patas (Fig. 24E). Huevos del tipo *richtersi*, presentando de 10 a 12 proyecciones en la circunferencia de forma cónica y con terminaciones alargadas (Figs. 24F y 24G) (Kaczmarek et al., 2017).

### Material examinado:

**Hábitat:** Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm;

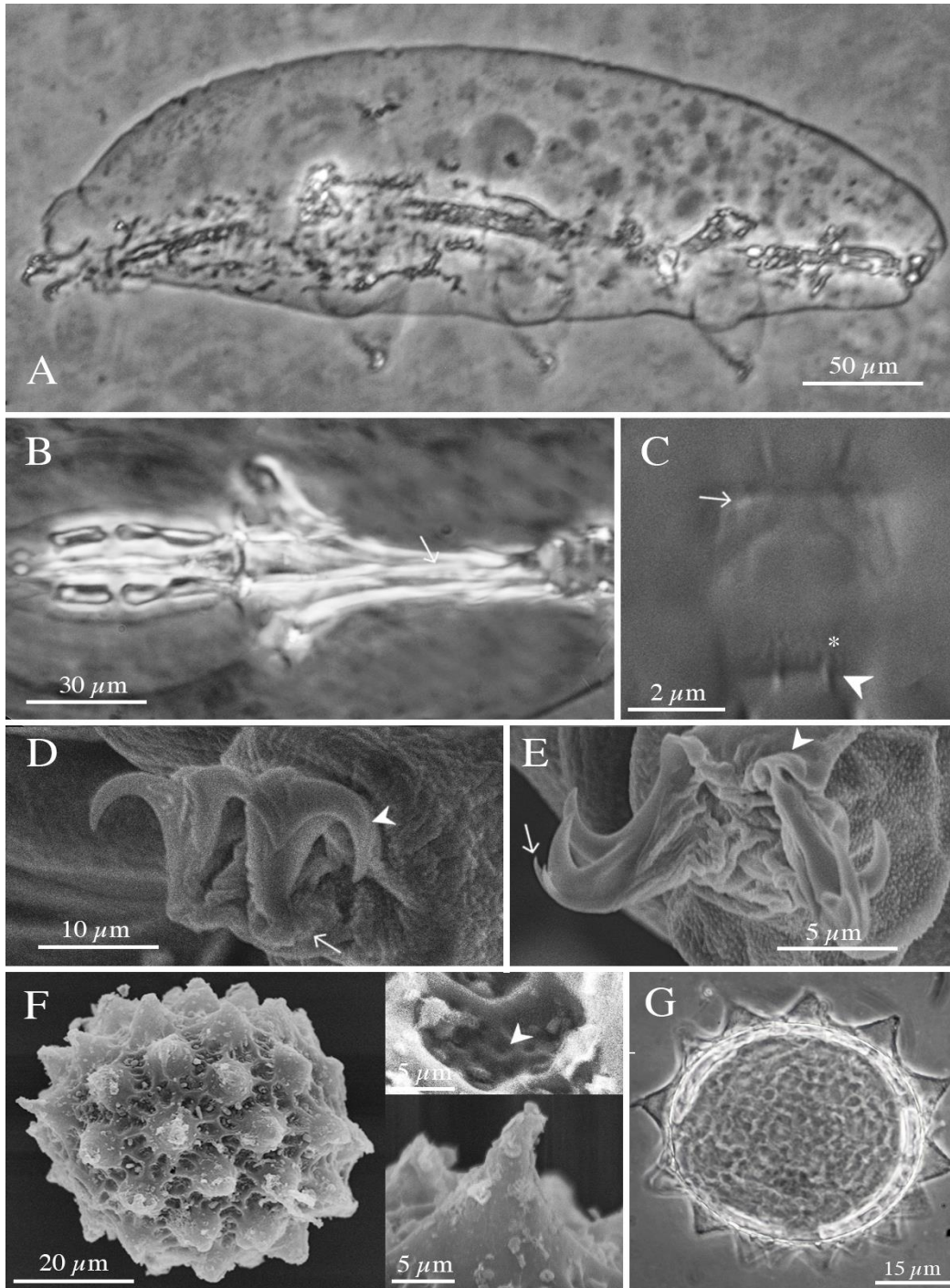
**Muestra:** TARDIS- 128 (diez ejemplares y cinco huevos).

**Ejemplares medidos:** nueve ejemplares y cuatro huevos (Tablas 34 y 35).

**Musgos asociados:** *Bryum argenteum*, *Hypnum amabile*, *Neckera chlorocaulis* y *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum*.

**Comentarios taxonómicos:** Difiere principalmente de otras especies del mismo subgénero *Paramacrobotus*, en el tipo de huevo (tipo *aerolatus* en *P. (P.) danielae*, *P. (P.) garynahi*, *P. (P.) hapukuensis*, *P. (P.) peteri*, *P. (P.) rioplatensis* y *P. (P.) savai*; tipo *beotiae* en *P. (P.) beotiae*; tipo *chierегоi* en *P. (P.) chierегоi*; tipo *richtersi* en *P. (P.) magdalenae*). Dentro de las especies que presentan un huevo tipo *richtersi* con más de seis areolas alrededor de cada proyección, *P. (P.) magdalenae* se diferencia por la presencia de ojos (ausentes en *P. (P.) alekseevi*, *P. (P.) lorenae* y *P. (P.) gerlachae*). Y se diferencia particularmente de *P. (P.) sklodowskae* (la especie más parecida), por la ausencia de granulación en las patas I-III (presente en *P. (P.) sklodowskae*).

**Observaciones:** Es el primer registro fuera de su localidad tipo en Costa Rica (Kaczmarek et al., 2014a).



**Figura 24.** *Paramacrobiotus (Paramacrobiotus) magdalenae*: A – habitus; B – aparato bucofaríngeo (la flecha indica la lámina ventral); C – armadura del aparato bucal mostrando las tres bandas de dientes (la flecha indica la primera banda, el asterisco la segunda banda y el puntero la tercera banda); D – garras de la pata III (la flecha indica la lúnula, el puntero indica la punta accesoria); E – garras de la pata IV (el puntero indica la lúnula lisa, la flecha indica la punta accesoria); F y G – huevo con detalle de las proyecciones (el puntero indica los poros de la areolación entre las proyecciones). A, B y G – MCF; C – DIF; D, E y F - MEB.

**Tabla 34.** Mediciones y valores de *pt* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Paramacrobiotus* (*P.*) *magdalenae*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estándar.

CARÁCTER	N	RANGO						MEDIA		SD	
		µm			pt			µm	pt	µm	pt
Longitud corporal	9	259	–	541	502	–	1174	460	884	63	92
Tubo bucal											
Longitud	9	27.9	–	56.0		–		52.5	–	3.9	–
Punto de inserción de soporte del estilete	9	22.0	–	46.4	70.2	–	89.1	42.3	80.4	3.3	1.1
Ancho externo	9	5.2	–	13.6	10.7	–	24.3	10.8	20.4	0.9	0.9
Ancho interno	9	4.3	–	9.9	10.1	–	17.7	7.7	14.6	0.7	0.9
Longitud de la lámina ventral	8	15.9	–	36.0	53.1	–	66.2	32.1	61.5	2.9	4.9
Longitudes placoides											
Macroplacoide 1	9	3.6	–	11.0	7.4	–	19.6	8.5	16.0	1.1	1.3
Macroplacoide 2	9	2.1	–	9.6	4.1	–	17.1	6.8	12.7	0.7	0.6
Macroplacoide 3	9	5.2	–	12.8	10.7	–	22.9	10.0	18.8	1.1	1.2
Microplacoide	9	2.2	–	5.2	0.2	–	7.4	2.2	5.1	2.8	2.5
Fila de macroplacoides	9	10.8	–	35.0	47.1	–	64.8	31.2	59.2	1.1	1.3
Longitudes de garras I											
Rama primaria externa	9	7.6	–	12.4	12.4	–	25.7	11.6	22.0	1.5	2.3
Rama secundaria externa	9	5.5	–	10.5	11.4	–	18.8	8.5	16.1	1.5	2.6
Rama primaria interna	9	6.4	–	12.8	9.1	–	22.9	9.9	18.6	1.3	1.8
Rama secundaria interna	9	3.7	–	9.9	7.6	–	18.2	7.5	14.2	1.1	1.3
Longitudes de garras II											
Rama primaria externa	9	7.8	–	13.9	14.0	–	25.2	11.6	22.0	1.0	1.5
Rama secundaria externa	9	6.1	–	11.1	12.6	–	19.8	9.2	17.4	1.5	1.9
Rama primaria interna	9	5.2	–	12.1	10.7	–	22.2	9.9	18.6	1.1	2.4
Rama secundaria interna	9	5.5	–	10.5	11.4	–	18.8	8.8	16.7	1.1	2.4
Longitudes de garras III											
Rama primaria externa	9	8.8	–	14.2	14.0	–	26.8	12.2	23.0	1.6	2.2
Rama secundaria externa	9	6.6	–	9.4	16.9	–	22.1	10.7	20.2	1.1	2.1
Rama primaria interna	9	5.0	–	12.1	10.3	–	22.2	9.8	18.5	1.7	3.8
Rama secundaria interna	9	5.5	–	11.8	11.4	–	21.1	9.5	17.9	0.9	2.1
Longitudes de garras IV											
Rama primaria anterior	9	10.8	–	13.2	14.0	–	27.1	12.4	23.3	1.3	2.5
Rama secundaria anterior	9	7.6	–	11.8	12.6	–	21.1	10.0	18.9	1.2	1.7
Rama primaria posterior	9	9.4	–	12.2	17.4	–	27.8	13.2	24.9	1.5	2.6
Rama secundaria posterior	9	6.5	–	11.5	11.4	–	20.5	9.0	16.9	1.1	2.3

**Tabla 35.** Mediciones los huevos de *Paramacrobrotus (P.) magdalenae*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estándar.

<b>CARÁCTER</b>	<b>N</b>	<b>RANGO</b>		<b>MEDIA</b>	<b>SD</b>
Diámetro de huevo sin proyecciones	4	69.0	– 78.0	73.5	2.1
Diámetro de huevo con proyecciones	4	92.4	– 105.0	99.8	3.9
Altura de las proyecciones	12	13.1	– 14.3	13.1	0.9
Ancho de la base de las proyecciones	12	12.6	– 14.9	12.7	1.0
Relación de base / altura de las proyecciones	12	85%	– 120%	97%	9%
Distancia entre proyecciones	12	4.0	– 5.8	6.2	0.9
Número de proyecciones en la circunferencia del huevo	4	10	– 12	11.2	1.2

## Clase **Heterotardigrada** Richters, 1926

Apéndices cefálicos, cirros laterales A presentes; no hay placoides separados en la faringe, distintos entre sí, pero con bandas faríngeas (bandas cuticulares continuas, que no se interrumpen) (Ramazzotti y Maucci, 1983).

## Orden **Echiniscoidea** Marcus, 1927

Las garras están insertadas en minúsculas papilas posicionadas al final de las patas, las cuales son no digitadas; cirros medios ausentes (Ramazzotti y Maucci, 1983).

## Familia **Echiniscidae** Thulin, 1928

Existe una armadura dorsal, formada por placas; las patas presentan cuatro garras (Ramazzotti y Maucci, 1983).

Género tipo: *Echiniscus* C.A.S. Schultze, 1840

## Subfamilia **Echiniscinae** Guil, Jørgensen, y Kristensen, 2018

Echiniscidae sin placas pseudosegmentales.

## Género *Echiniscus* C.A.S. Schultze, 1840

Echiniscidae con armadura, que consiste en placa cefálica, placa escapular, placa media I, placas pareadas I, placa media II, placas pareadas II, placa media III, la cual a veces está ausente, y placa terminal (Ramazzotti y Maucci, 1983).

Especie tipo: *Echiniscus testudo* (Doyère, 1840).

## *Echiniscus sylvanus* Murray, 1910

### **Diagnosis**

Longitud corporal promedio de 299  $\mu\text{m}$  (la longitud varía entre 230 y 343  $\mu\text{m}$  y el promedio es de 299  $\mu\text{m}$  en los ejemplares examinados en este trabajo). Ojos de color rojizo. La superficie de las placas está compuesta por una puntuación densa y uniforme (Fig. 25A y 25B). La puntuación es a manera de depresiones en la cutícula (Figs. 25C y 25D).

En ocasiones, las placas pareadas (II y III) tienen una zona anterior finamente punteada. La placa media III está ausente y solo hay una zona punteada estrecha, inmediatamente detrás de la placa pareada III. La placa terminal está facetada.

Fuera del cirro A (50  $\mu\text{m}$  o menos) y los apéndices cefálicos habituales, no hay otros apéndices laterales o dorsales.

Está presente una clava en el primer par de patas y una papila en el cuarto, que tiene un collar dentado, compuesto de muchos dientes afilados, irregularmente dispuestos; garras internas con espuelas curvadas muy grandes. Deposita los huevos dentro de la exuvia (Ramazzotti y Maucci, 1983).

**Material examinado:**

**Hábitat:** Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

**Muestras:** TARDIS-17 (11 ejemplares), TARDIS-18 (siete ejemplares), TARDIS-137 (dos ejemplares), TARDIS-140 (ocho ejemplares), TARDIS-144 (diez ejemplares), TARDIS-157 (nueve ejemplares), TARDIS-175 (13 ejemplares).

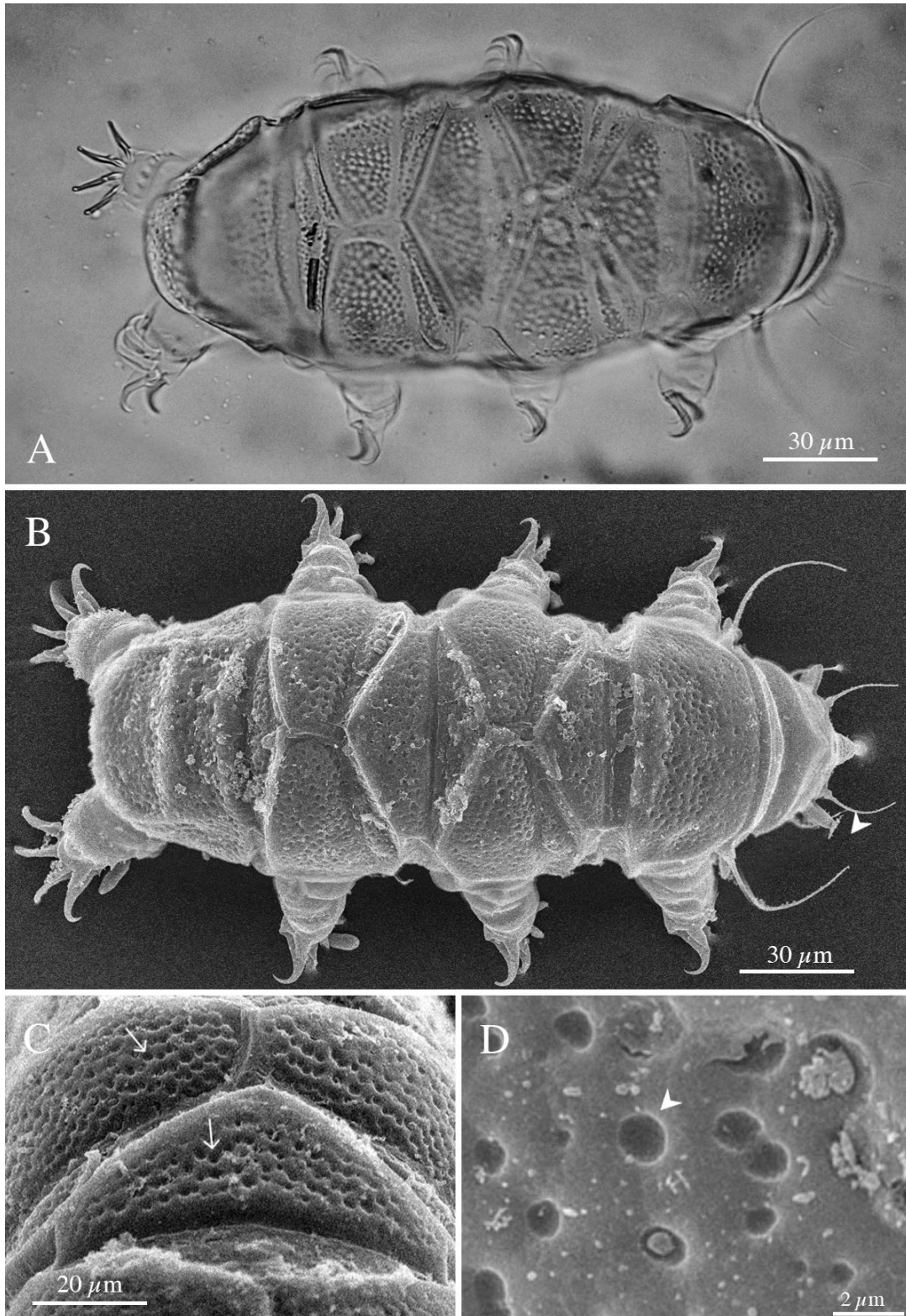
**Ejemplares medidos:** diez (Tabla 36).

**Musgos asociados:** *Hypnum amabile*, *Neckera chlorocaulis* y *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum*.

**Comentarios taxonómicos:** *E. sylvanus* pertenece al denominado grupo *arctomys*, que se caracteriza por la ausencia de apéndices laterales y dorsales (únicamente se presenta el cirro A), y presentan placas con granulación, poros o depresiones, así como ausencia de proyecciones hemisféricas. Y particularmente se distingue de *E. kerguelensis* (la especie más similar) por la superficie de las placas (compuesta por una puntuación densa y uniforme a manera de depresiones en *E. Sylvanus*; puntuación muy fina a manera de verdaderos poros en *E. kerguelensis*; Ramazzotti y Maucci, 1983).

**Observaciones:** Es el primer registro de la especie fuera de su localidad tipo en Canadá (Kaczmarek et al., 2014a; 2015; 2016).





**Figura 25.** *Echiniscus sylvanus*: A y B– habitus; C – cutícula dorsal (las flechas indican las depresiones en la cutícula); D – detalle de la cutícula dorsal (el puntero indica una depresión). A – MCF; B, C y D – MEB.

**Tabla 36.** Mediciones y valores de *sc* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Echiniscus sylvanus*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones.

CARACTER	N	RANGO						MEDIA	
		$\mu\text{m}$			<i>sc</i>			$\mu\text{m}$	<i>sc</i>
Longitud corporal	10	230	–	343	782	–	1015	299	915
Longitud de la placa escapular	7	29.4	–	35.8		–		32.7	–
Longitud de los apéndices de la cabeza									
Cirro interno	7	5.8	–	8.9	18.6	–	24.9	7.2	21.9
Papila cefálica	8	3.4	–	6.0	10.9	–	16.8	4.6	13.9
Cirro externo	8	16.6	–	19.7	53.2	–	57.1	17.9	54.8
Clava	7	3.4	–	6.4	10.9	–	17.9	4.8	14.6
Cirro A	9	44.6	–	57.9	151.7	–	170.2	53.3	163.0
Cirro A / Relación de longitud del cuerpo	9	16%	–	20%		–		18%	–
Proporción Cirro int / ext	9	35%	–	45%		–		40%	–
Longitudes de garra IV									
Rama	10	5.8	–	8.5	18.6	–	23.7	7.0	21.3
Espuela	5	0.1	–	2.6	0.3	–	7.3	1.3	4.0
Proporción de longitud de espuela / ramificación	5	2%	–	31%		–		18%	–

*Echiniscus merokensis merokensis* Richters, 1904

**Diagnosis**

Longitud entre 215 - 239  $\mu\text{m}$  con promedio de 228  $\mu\text{m}$ . Color rojo o amarillento raramente incoloro, manchas rojas en los ojos. La superficie de las placas compuesta de puntos de varios tamaños y formas (Figs. 26A y 26B), las más gruesos con apariencia de depresiones o poros solo raras veces, en *merokensis* de algunas localidades, se observa una punción extremadamente fina y casi indistinta, pero puede no ser una granulación clara. En el caso de los ejemplares examinados en este trabajo, la puntuación fina corresponde a gránulos y los puntos más robustos a verdaderos poros (Fig. 26C).

La placa media III está presente y bien desarrollada (Fig. 26D); las placas pareadas II y III a veces tienen una banda transversal menos esculpida y un pliegue longitudinal en el margen anterior. La placa terminal siempre está facetada, a veces claramente, a veces de manera menos visible; a menudo la placa escapular tiene una banda transversal, a veces también tres bandas longitudinales, lisa; un diseño análogo puede estar en la placa terminal. Los apéndices laterales son filamentos A, C, D, E, apéndices B ausentes; los apéndices dorsales C y D pueden ser filamentos, o bien una espina corta, y así también D, que puede convertirse incluso en un diente triangular extremadamente corto. Garras con espolones internos presentes (Fig. 26E) (Ramazzotti y Maucci, 1983).

**Material examinado:**

**Hábitat:** Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

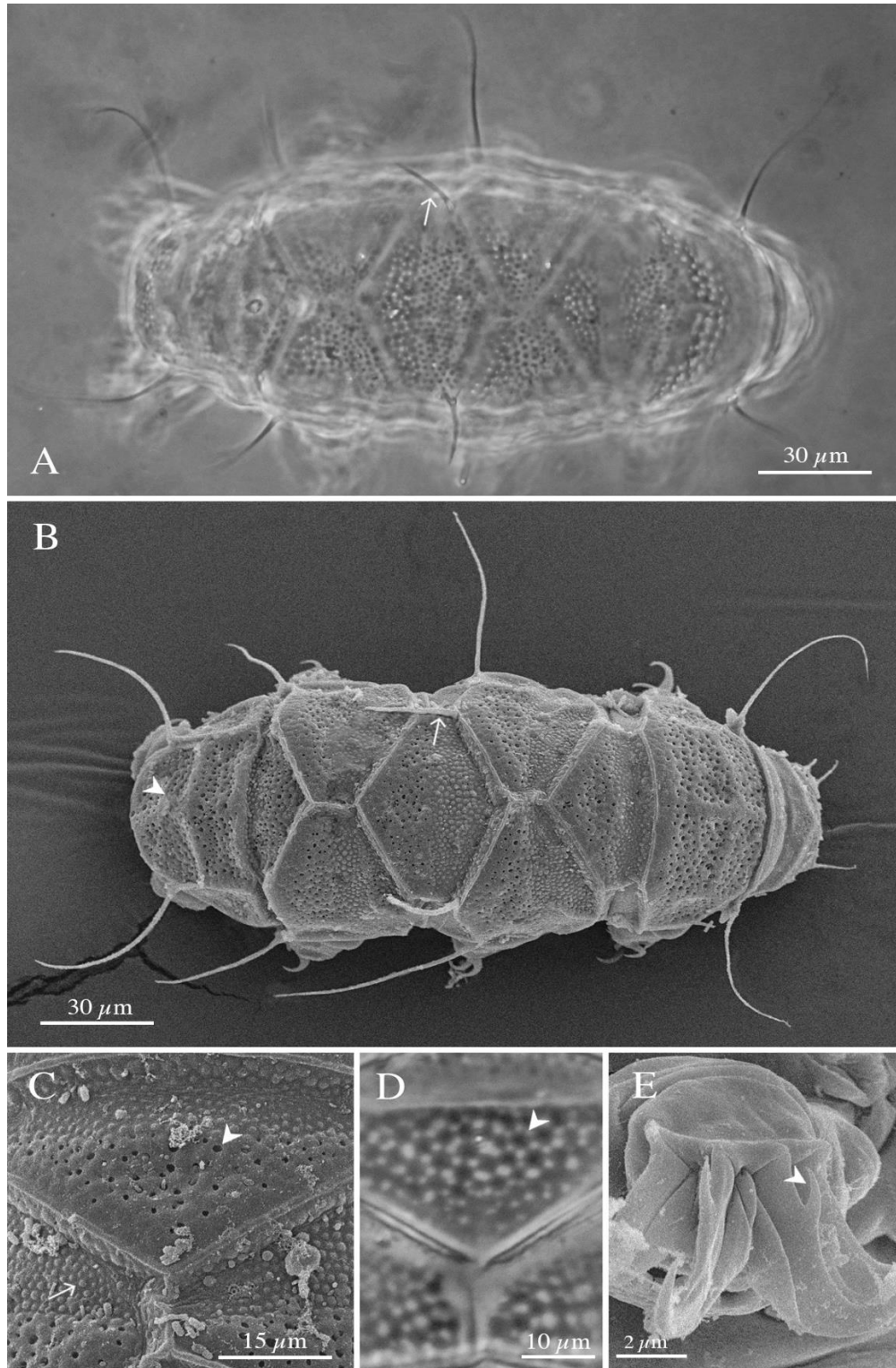
**Muestras:** TARDIS-137 (un ejemplar), TARDIS-144 (Tres ejemplares).

**Ejemplares medidos:** Cuatro (Tabla 37).

**Musgos asociados:** *Hypnum amabile*, *Neckera chlorocaulis* y *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum*.

**Comentarios taxonómicos:** Se distingue de otros grupos dentro del género por tener los apéndices B ausentes y presentar filamentos en los apéndices E (apéndices B presentes y apéndices E con forma de baston en otras especies del género). *E. merokensis* es una especie con dos subespecies: *E. merokensis merokensis* y *E. merokensis suecicus*. De esta última, *E. merokensis merokensis* se distingue por la ausencia de filamentos B (presentes en *E. merokensis suecicus*), y por los apéndices dorsales D, los cuales están insertados exactamente en los ángulos de las placas pareadas II (en una posición más anterior en *E. merokensis suecicus*).

**Observaciones:** La especie está descrita de Noruega y en América ha sido registrada en Argentina, Canadá, Chile, Estados Unidos, y Groenlandia. Es el primer registro para México (Kaczmarek et al., 2014a; 2015; 2016).



**Figura 26.** *Echiniscus merokensis merokensis*: A y B– habitus (las flechas indican las espinas dorsales, el puntero indica la placa terminal facetada); C – cutícula dorsal de la placa media I (las flechas indican la granulación, el puntero indica los poros); D – detalle de la cutícula de la placa media III (el puntero indica la ornamentación en forma de polígonos). A y D – MCF; B, C y E – MEB.

**Tabla 37.** Mediciones y valores de *sc* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Echiniscus merokensis merokensis*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones.

CARACTER	N	RANGO						MEDIA	
		$\mu\text{m}$			<i>sc</i>			$\mu\text{m}$	<i>sc</i>
Longitud corporal	4	215	–	239	778	–	782	228	779
Longitud de la placa escapular	3	27.6	–	30.7		–		29.3	–
Longitud de los apéndices de la cabeza									
Cirro interno	4	4.6	–	7.7	16.7	–	25.1	6.2	21.2
Papila cefálica	3	2.1	–	5.2	7.6	–	16.9	3.7	12.4
Cirro externo	4	15.0	–	18.1	54.3	–	59.0	16.6	56.7
Clava	3	2.5	–	5.6	9.1	–	18.2	4.2	14.1
Cirro A	4	42.8	–	45.9	149.5	–	155.1	44.5	152.0
Cirro A / Relación de longitud del cuerpo	4	19%	–	20%		–		20%	–
Proporción Cirro int / ext	4	31%	–	43%		–		37%	–
Longitudes de garra IV									
Rama	4	4.5	–	7.6	16.3	–	24.8	6.2	20.9
Espuela	2	1.2	–	3.0	4.3	–	9.8	1.9	6.4
Proporción de longitud de espuela / ramificación	2	27%	–	39%		–		30%	–

Subfamilia **Pseudechiniscinae** Guil, N., Jørgensen, A. y Kristensen, R. 2018

Echiniscidae con placas pseudosegmentales.

Género *Pseudechiniscus* Thulin, 1911

Echiniscidae con placa cefálica, placa escapular, placa media I, placas pareadas I, placa media II, placas pareadas II, placa media III (suele estar ausente); antes de la placa terminal se encuentra la placa pseudosegmental (pareada o no) (Ramazzotti y Maucci, 1983).

Especie tipo: *Pseudechiniscus suillus* (Ehrenberg, 1853)

*Pseudechiniscus facettalis* Petersen, 1951

### Diagnosis

Longitud promedio del cuerpo 180  $\mu\text{m}$ , color rojo o rojo pardusco, ojos color negro. Apéndices cefálicos normales, cirros laterales A bastante cortos (20-30  $\mu\text{m}$ ). La superficie de la cutícula está compuesta de una granulación regular, algo más fina en las placas medias y en la zona caudal de las placas pareadas (Fig. 27A). Placas cefálicas y terminales claramente facetadas (Fig. 27B). La placa pseudosegmental a menudo, aunque no siempre, se divide en dos (Fig. 27C). Patas con las partes basales ornamentadas; las del cuarto par con la papila habitual; garras internas con espuelas, que pueden ser extremadamente pequeñas y difíciles de ver (Ramazzotti y Maucci, 1983).

### Material examinado:

**Hábitat:** Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm.

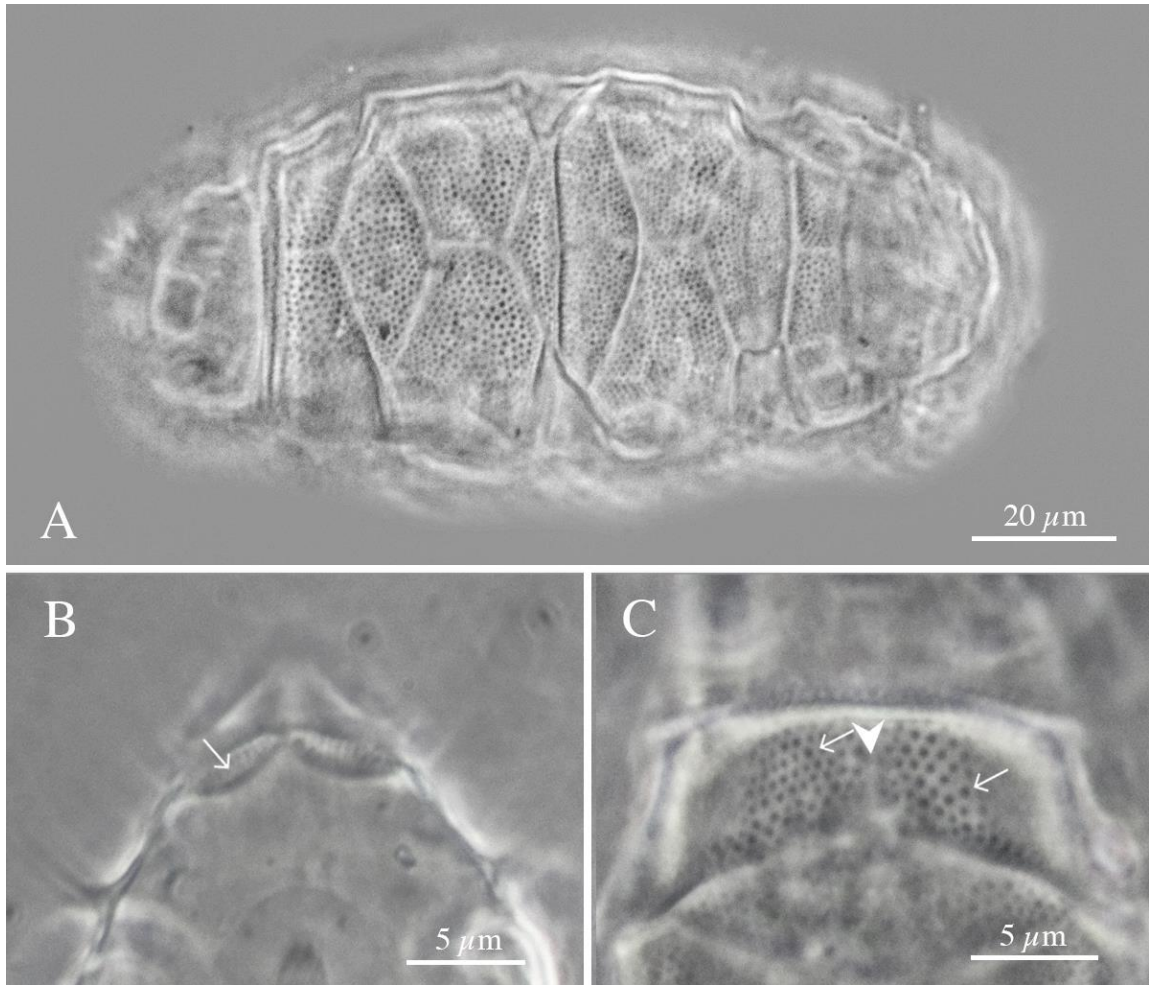
**Muestras:** TARDIS-13 (dos ejemplares), TARDIS-147 (un ejemplar), TARDIS-148 (nueve ejemplares).

**Ejemplares medidos:** diez (Tabla 38).

**Musgos asociados:** *Neckera chlorocaulis*.

**Comentarios taxonómicos:** Este es un taxón distribuido en varias partes del mundo (McInnes 1994). Pertenece al complejo de especies *suillus*. Dentro de este grupo *P. facettalis* se distingue por presentar placas cefálicas y terminales claramente facetadas.

**Observaciones:** La especie se describió de Groenlandia, en América se ha registrado en Canadá, Chile, Estados Unidos, México y Venezuela. Esta es la segunda ocasión que se registra la especie para México (Schuster, 1971; Kaczmarek et al., 2014a; 2015; 2016).



**Figura 27.** *Pseudechiniscus facettalis*: A – habitus; B – placa cefálica (la flecha indica una de las facetas); C – placa pseudosegmental (las flechas indican la ornamentación de la cutícula, el puntero indica la división de la placa). Todas las imágenes con MCF.

**Tabla 38.** Mediciones y valores de *sc* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Pseudechiniscus facettalis*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estándar.

CHARACTER	N	RANGO				MEDIA		SD			
		$\mu\text{m}$		<i>sc</i>		$\mu\text{m}$	<i>sc</i>	$\mu\text{m}$	<i>sc</i>		
Longitud corporal	10	128	–	166	469	–	548	149	513	16	32
Longitud de la placa escapular	8	27.3	–	30.3		–		29.0	–	1.3	–
Longitud de los apéndices de la cabeza											
Cirro interno	10	7.2	–	8.2	26.4	–	27.5	7.8	27.0	0.4	0.4
Papila cefálica	8	2.3	–	2.9	8.1	–	10.1	2.7	9.3	0.3	0.7
Cirro externo	10	16.2	–	18.0	58.6	–	60.1	17.2	59.4	0.7	0.5
Clava	7	2.7	–	3.2	9.5	–	10.6	2.9	10.0	0.2	0.4
Cirro A	9	28.1	–	30.5	100.0	–	105.3	29.8	102.8	1.0	2.3
Cirro A / Relación de longitud del cuerpo	9	18%	–	22%		–		20%	–	2%	–
Proporción Cirro int / ext	9	1%	–	46%		–		37%	–	20%	–
Longitudes de garra IV											
Rama	10	6.1	–	6.5	21.2	–	22.3	6.3	21.8	0.2	0.5
Espuela	5	1.2	–	1.3	4.0	–	4.5	1.2	4.3	0.1	0.2
Proporción de longitud de espuela / ramificación	8	18%	–	21%		–		20%	–	1%	–



## Diagnosis

Longitud del cuerpo 160  $\mu\text{m}$ ; color rojizo; ojos color negro; placa cefálica con un pliegue en forma de W; placa escapular con un pliegue transversal que distingue una porción anterior y una porción posterior: esta última tiene tres pliegues longitudinales y aparece facetada; placas medias I y III no divididas; placa media II dividida en dos porciones y con un pliegue longitudinal medio ligeramente evidente; placas pareadas II y III con un doblez posterolateral corto (Figs. 28A y 28B). Todas las placas con una densa puntuación; los puntos están unidos entre sí por delicadas estrías; cada punto está en el centro de un polígono (generalmente un hexágono). Los puntos más grandes se presentan en la placa terminal. Placa pseudosegmental con un pliegue mediano longitudinal (Figs. 28C y 28D), y con dos espinas caudales bien desarrolladas de forma triangular (Figs. 28E y 28F). Placa terminal no facetada y con indentaciones marcadas largas. Dos pequeñas placas suplementarias se presentan laterales a las placas medianas I y II. (Pilato et al., 2001).

## Material examinado:

**Hábitat:** Sitio 2. Bosque de oyamel. Altitud: 3149 msnm; Sitio 3. Bosque de encino-oyamel. Altitud: 3466 msnm

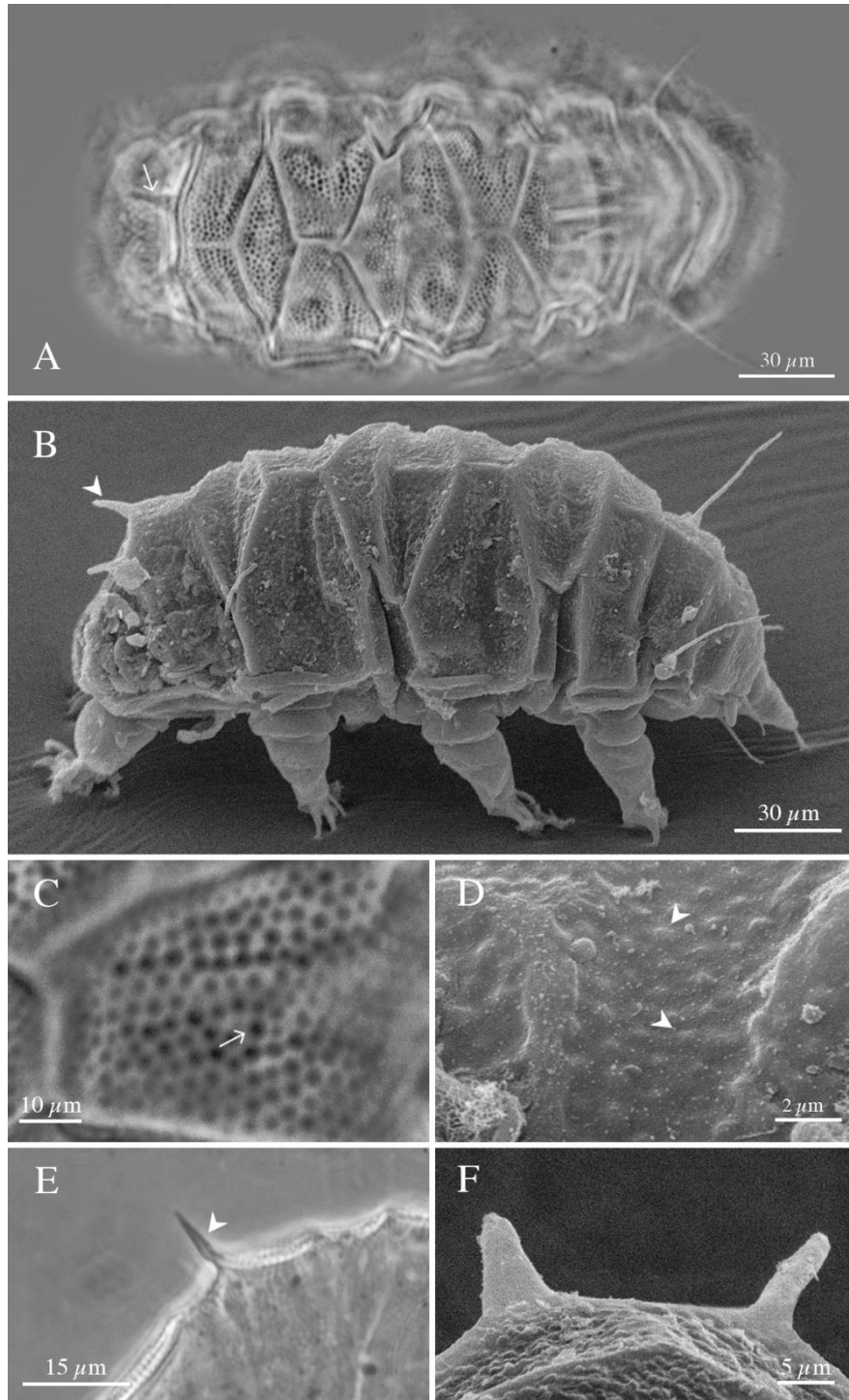
**Muestras:** TARDIS-135 (12 ejemplares), TARDIS-137 (un ejemplar), TARDIS-144 (ocho ejemplares), TARDIS-148 (11 ejemplares).

**Ejemplares medidos:** diez (Tabla 39).

**Musgos asociados:** *Bratythecium* sp. 2, *Hypnum amabile* y *Neckera chlorocaulis*.

**Comentarios taxonómicos:** pertenece al complejo de especies *suillus* y se distingue dentro de este por presentar dos espinas en el pliegue mediano longitudinal de la placa pseudosegmental.

**Observaciones:** La especie fue descrita de Ecuador. En América está registrada en Costa Rica y Ecuador (Kaczmarek et al., 2014a; 2015; 2016). Es el primer registro de la especie para México y Norte América.



**Figura 28.** *Pseudechiniscus spinerectus*: A – habitus (la flecha indica una de las espinas de la placa pseudosegmental); B – vista lateral (la flecha indica una de las espinas de la placa pseudosegmental); C – placa pareada II (la flecha indica la ornamentación de la cutícula); D – detalle de la cutícula en la placa media II (los punteros indican los gránulos); E – placa pseudosegmental en vista lateral (la flecha indica la espina sobre el borde de la placa); F – detalle de las espinas de la placa pseudosegmental. A, C y E – MCF; B, D y F – MEB.

**Tabla 39.** Mediciones y valores de *sc* de estructuras morfológicas de los ejemplares de *Pseudechiniscus spinerectus*. **N** = número de ejemplares o estructuras medidos; **Rango** = la estructura de mayor y la de menor tamaño de todos los ejemplares o estructuras medidos; **Media** = promedio de las mediciones; **SD** = desviación estándar.

CHARACTER	N	RANGO				MEDIA		SD	
		$\mu\text{m}$		<i>sc</i>		$\mu\text{m}$	<i>sc</i>	$\mu\text{m}$	<i>sc</i>
Longitud corporal	10	129	– 193	474	– 758	156	609	31	128
Longitud de la placa escapular	10	24.5	– 27.2		–	25.7	–	1.1	–
Longitud de los apéndices de la cabeza									
Cirro interno	8	9.8	– 14.8	36.0	– 58.3	12.5	48.8	2.2	9.6
Papila cefálica	9	3.5	– 4.9	12.9	– 19.2	4.3	17.0	0.6	2.9
Cirro externo	8	13.9	– 19.8	51.1	– 77.8	16.4	64.1	2.8	12.0
Clava	9	5.6	– 6.1	20.6	– 24.5	5.9	23.0	0.2	1.7
Cirro A	10	28.1	– 35.2	103.3	– 138.5	32.1	125.6	3.0	15.6
Cirro A / Relación de longitud del cuerpo	10	18%	– 24%		–	21%	–	2%	–
Proporción Cirro int / ext	10	1%	– 83%		–	55%	–	38%	–
Longitudes de garra IV									
Rama	10	6.1	– 6.7	22.4	– 27.3	6.5	25.5	0.3	2.2
Espuela	6	1.2	– 1.5	4.4	– 6.1	1.4	5.4	0.1	0.7
Proporción de longitud de espuela / ramificación	6	20%	– 22%		–	21%	–	1%	–
Espinas de la placa pseudosegmental	9	10.1	– 11.3	37.1	45.3	10.8	42.3	0.5	3.4

## 5.5. Clave para las especies de tardígrados del Parque Nacional La Malinche

1	Cirros laterales presentes (Clase Heterotardigrada).....	2
-	Cirros laterales ausentes (Clases Apotardigrada y Eutardigrada).....	5
2	Placa pseudosegmental presente (Gén. <i>Pseudechiniscus</i> ).....	3
-	Placa pseudosegmental ausente (Gén. <i>Echiniscus</i> ).....	4
3	Placas cefálicas y terminales claramente facetadas.....	<i>Pseudechiniscus facettalis</i> Petersen, 1951.
-	Placas cefálicas y terminales no facetadas; espinas en la placa pseudosegmental presentes ....	<i>Pseudechiniscus spinerectus</i> Pilato, Binda, Napolitano y Moncada, 2001.
4	Apéndices cefálicos habituales; apéndices laterales o dorsales presentes.....	<i>Echiniscus merokensis merokensis</i> Richters, 1904.
-	Apéndices cefálicos habituales; apéndices laterales o dorsales ausentes.....	<i>Echiniscus sylvanus</i> Ehrenberg, 1853.
5	Un par de papilas cefálicas y papilas peribucales presentes (Clase Apotardigrada; Gén. <i>Milnesium</i> ).....	6
-	Papilas cefálicas y papilas peribucales ausentes (Clase Eutardigrada).....	9
6	Configuración de las garras [2-3] - [3-2].....	7
-	Configuración de las garras [3-3] - [3-3].....	8
7	Cutícula lisa.....	<i>Milnesium tardigradum tardigradum</i> Doyère, 1840.
-	Cutícula con pseudoporos.....	<i>Milnesium beasleyi</i> Kaczmarek, Jakubowska y Michalczyk, 2012.
8	Ramas principales con puntas accesorias.....	<i>Milnesium sp. nov.</i>
-	Ramas principales sin puntas accesorias.....	<i>Milnesium longiungue</i> Tumanov, 2006.
9	Garras con las dos ramas fusionadas y similares en forma y tamaño (garras con forma de Y) (Fam. Macrobiotidae).....	10
-	Garras con las dos ramas no fusionadas y diferentes en forma y tamaño (Fam. Hypsibiidae; Isohypsibiidae; Itaquasconinae; Ramazzottiidae).....	15
10	Tubo bucal muy estrecho (ancho externo 1.5 µm); lamelas peribucales ausentes; papulas peribucales presentes (Gén. <i>Minibiotus</i> ).....	<i>Minibiotus formosus</i> Zawierucha, Dziamięcki, Jakubowska, Michalczyk y Kaczmarek, 2014
-	Tubo bucal amplio (ancho externo 7.4 – 13.2 µm); lamelas peribucales presentes; papulas peribucales ausentes.....	11
11	Microplacoide ausente o cuando está presente está distante del tercer macroplacoide (la distancia mide más que su longitud) (Gén. <i>Paramacrobotus</i> ).....	12
-	Microplacoide presente y no tan distante del tercer macroplacoide (la distancia mide menos que su longitud).....	13
12	Ojos presentes.....	<i>Paramacrobotus (P.) magdalenae</i> (Michalczyk y Kaczmarek, 2006).
-	Ojos ausentes.....	<i>Paramacrobotus (P.) gerlachae</i> (Pilato, Binda y Lisi, 2004).
13	Tres macroplacoides de forma circular.....	<i>Mesobiotus harmsworthi harmsworthi</i> (Murray, 1907).
-	Dos macroplacoides alargados (forma de bastón) (Gén. <i>Macrobiotus</i> ).....	14
14	Largo del tubo bucal = 51.8 µm; punto de inserción del soporte de los estiletes $pt = 84.1$ ; procesos de los huevos con forma de copa invertida (forma del tronco sigmoidal), de 25 a 30 proyecciones en la circunferencia,	

con terminaciones a menudo con un disco distinto.....	<i>Macrobotus hufelandi</i> Schultze, 1834.
- Largo del tubo bucal = 47.9 µm; punto de inserción del soporte de los estiletes $pt = 79.4$ ; procesos de los huevos con forma de conos truncados (forma del tronco cóncava), de 27 a 34 proyecciones en la circunferencia, con terminaciones en un disco liso.....	<b>Macrobotus grupo <i>hufelandi</i> sp.</b>
<b>15</b> Tubo bucofaríngeo rígido.....	18
- Tubo bucofaríngeo con una porción rígida y una porción flexible (tubo faríngeo anular).....	22
<b>18</b> Garras externas (o posteriores) con la rama primaria estrecha y alargada; huevos ornamentados, puestos libremente (Gén. <i>Ramazzottius</i> ).....	19
- Garras externas (o posteriores) con la rama primaria no tan estrecha y no alargada; huevos lisos, puestos dentro de la exuvia (Gén. <i>Hypsibius</i> ; <i>Isohypsibius</i> ).....	21
<b>19</b> Cutícula con granulación solo en la parte dorsal de la región caudal del cuerpo.....	<i>Ramazzottius oberhaeuseri</i> (Doyère, 1840).
- Cutícula con granulación en la parte dorsal de todo el cuerpo, incluidas las patas.....	20
<b>20</b> Nueve bandas transversas de color rojizo a café; de la cuarta a la octava banda, se presenta una serie de tubérculos aplanados en sus ápices.....	<i>Ramazzottius baumanni</i> (Ramazzotti, 1962).
- Nueve bandas transversas de color rojizo a café; en las bandas 2, 4, 6 y 8, la serie de tubérculos aplanados está ausente.....	<b>Ramazzottius sp. nov.</b>
<b>21</b> La rama secundaria y la sección basal forman un ángulo casi recto. Las garras de la misma pata son ligeramente diferentes en tamaño y forma. (Gén. <i>Isohypsibius</i> ).....	<b>Isohypsibius sp.</b>
- La rama secundaria y la sección basal forman una curva continua. Las garras de la misma pata son muy diferentes en tamaño y forma. (Gén. <i>Hypsibius</i> ).....	<i>Hypsibius dujardini</i> (Doyère, 1840).
<b>22</b> Tubo bucofaríngeo con patrón anular, corto y ancho (ancho externo del tubo 5 µm en promedio) (Gén. <i>Platicrista</i> ).....	<i>Platicrista angustata</i> (Murray, 1905).
- Tubo bucofaríngeo con patrón anular, largo y delgado (ancho externo del tubo 1 µm en promedio) (Gén. <i>Adropion</i> ; <i>Diphascon</i> ; <i>Pilatobius</i> ).....	23
<b>23</b> Engrosamiento en forma de gota en el tubo bucofaríngeo ausente (Gén. <i>Adropion</i> ).....	<i>Adropion scoticum scoticum</i> (Murray, 1905).
- Engrosamiento en forma de gota en el tubo bucofaríngeo presente (Gén. <i>Diphascon</i> ; <i>Pilatobius</i> ).....	24
<b>24</b> Dos macropilacoides presentes (Gén. <i>Pilatobius</i> ).....	<i>Pilatobius oculatus oculatus</i> (Murray, 1906).
- Tres macropilacoides presentes (Gén. <i>Diphascon</i> ).....	<i>Diphascon ongulense</i> (Morikawa, 1962).

## 6. Discusión

### 6.1. Diversidad de musgos

Las briofitas son el segundo grupo más diverso de las plantas del mundo, superado solamente por las plantas con flor (Magnoliophyta); comprende entre 15,000 y 25,000 especies, que se encuentran en cada continente y en cada lugar habitable por plantas fotosintéticas (Shaw et al., 2011). La División Bryopsida es la más grande del grupo de las briofitas (musgos), que también se caracteriza por ser la más diversa, con alrededor del 98% de las especies a nivel mundial (Glime, 2017). En cuanto a la diversidad de musgos para México, se han registrado 984 especies y variedades; sin embargo, son pocas las publicaciones sobre el tema y existen registros en el Herbario Nacional de México (MEXU), que no se han publicado o que no están citadas en otras fuentes (Delgadillo-Moya, 2014; Com. Pers.).

Con respecto a los musgos encontrados en el presente trabajo, las especies *Leptodontium flexifolium*, *Bryum argenteum* y *Anomobryum julaceum* ya habían sido registradas en el Parque Nacional La Malinche (Delgadillo-Moya, 1971), las especies restantes representan nuevos registros para el Parque (Delgadillo-Moya, 1971; Delgadillo-Moya, Com. Pers.), y las especies *Braunia secunda*, *Bryum billarderi*, *Campylopus pilifer*, *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, *Funaria hygrometrica*, *Grimmia trichophylla*, *Hypnum amabile*, *L. viticulosoides*, *Neckera chlorocaulis*, *Orthotrichum pycnophyllum*, *Pohlia elongata*, *Ptychomitrium lepidomitrium*, *Rhytidium rugosum*, *Schistidium apocarpum*, *Symblepharis vaginata*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum*, *T. delicatulum* var. *delicatulum*, *Rhexophyllum subnigrum*, *Rhynchostegium scariosum* y *Zygodon obtusifolius*, podrían representar nuevos registros para el estado de Tlaxcala (Delgadillo-Moya, 1971; Com. Pers.; Sharp, 1994).

Es importante señalar que los registros de Sharp et al. (1994), describen e ilustran las especies conocidas de Tlaxcala hasta esa fecha (Delgadillo-Moya, 2014; Delgadillo-Moya, Com. Pers.), por ello es importante continuar con el estudio de los musgos en Tlaxcala, pero también en otros estados donde no se tienen registros e incluso es probable que haya especies nuevas por descubrir, sobre todo en sitios alejados de las poblaciones o que han sido poco explorados por los investigadores.

### 6.2. Diversidad de tardígrados

De las 23 especies de tardígrados encontradas en el Parque Nacional La Malinche, únicamente cinco habían sido registradas para México: *Milnesium tardigradum tardigradum* (Schuster, 1971; Beasley, 1972; Kaczmarek et al., 2011), *Macrobiotus hufelandi* (Heinis, 1911; Schuster, 1971; Beasley, 1972), *Pseudechiniscus facettalis* (Schuster, 1971), *Ramazzottius baumanni* (Beasley, 1972) y *R. oberhauseri* (Beasley, 1972). De estas cinco especies, de tres se conoce la especie del sustrato en el cual habitan (musgo, líquen, hepática, etc.) (Glime, 2017). Sin embargo, relacionado a las especies de tardígrados que representan nuevos registros para México, solamente se conoce el 37.5 % de las especies que sirven de hábitat para éstos, ya que en muy pocas ocasiones se identifican las muestras de donde se extraen los tardígrados (Heinis, 1911; Iharos, 1969; Argue, 1971; Schuster, 1971; Beasley,

1972, ;Argue, 1974; Word et al., 1976; Claps y Rossi, 1984, 1988; Kathman, 1989; Kathman y Cross, 1991; Szymańska, 1994; Van Rompu et al., 2000; Bateman y Collins, 2001; Collins y Bateman, 2001; Pilato et al., 2001; Boeckner et al., 2006; Meyer, 2006b; Zawierucha et al., 2014; Kaczmarek et al., 2014a, 2015, 2016).

### 6.2.1. Tardígrados con registros previos para México

En el Parque Nacional La Malinche se hallaron cinco especies de tardígrados que ya habían sido registradas en el país, analizando a detalle la información disponible sobre la distribución y la asociación de éstas con los tipos de sustrato en los que habitan, se puede dar un preámbulo sobre las preferencias de cada especie. A continuación se presenta la información de los tardígrados encontrados en el presente estudio

*Milnesium tardigradum tardigradum* es una especie considerada como cosmopolita (Kaczmarek et al., 2016). Kaczmarek et al. (2011a), sugieren que los registros conocidos deben ser verificados para corroborar las identificaciones. Asimismo, Morek et al. (2016), mencionan que los registros fuera de Europa central, podrían tratarse de especies distintas. Sin embargo estudios más recientes (Morek et al., 2019), indican que utilizando las herramientas adecuadas, como los rasgos morfométricos, se puede tener certeza de una correcta identificación. Por otra parte, a pesar de que *M. tardigradum tardigradum* se ha registrado como habitante común de musgos y líquenes (Glime, 2017), en la mayoría de las publicaciones no se ha determinado la especie del sustrato. En México ha sido registrada en Chihuahua por Schuster (1971), sobre hongos, hepáticas, líquenes y musgos, sin mencionar las especies asociadas; a una altitud de entre 1370 y 2195 m snm, Beasley (1972) la encontró en hepáticas (sin mencionar las especies que habitaba) y en los líquenes (*Usnea* sp., *Pseudevernia intensa* y *Parmelia cirrhata*) a una altitud de 4000 m snm. En el presente estudio fue recolectada en tres musgos de las especies *Brachythecium* sp. 2; *Neckera chlorocaulis* e *Hypnum amabile* a las altitudes de 3149 y 3466 m snm, por lo que se amplía su distribución geográfica y altitudinal.

*Ramazzottius baumanni* es una especie descrita de Chile y se recolectó en musgos y líquenes (Kaczmarek et al., 2014a; 2016). En América se ha reportado en Argentina, Canadá, Chile, Costa Rica, Estados Unidos, México y Uruguay. Es una especie que se registró desde 50 hasta 2000 m snm en Argentina y Estados Unidos, asociada a los líquenes *Flavoparmelia baltimorensis*, *Hypogymnia physodes*, *Parmotrema* sp. y *Ramalina* sp. (Meyer, 2006b; Claps y Rossi, 1984, 1988). En México se registró entre los 2500 y 4000 m snm, en asociación con los líquenes *Parmelia cirrhata*, *Pseudovernia intensa* y *Usnea* sp. (Beasley, 1972). En el presente estudio se registró a los 3149 m snm, asociada a los musgos *Neckera chlorocaulis* y *Rhexophyllum subnigrum*. Lo anterior indica que *R. baumanni* no tiene preferencias por algún sustrato o por una altitud; esta es la cuarta ocasión que se registra en México, por lo que se amplía su distribución en el país. Con anterioridad se había registrado del Estado de México, Morelos y Michoacán (Beasley, 1972, Kaczmarek et al., 2014a), lo cual sugiere que tiene una distribución amplia al menos en el eje neovolcánico.

*Ramazzottius oberhaeuseri* se describió de Francia. Sin embargo, es considerada como cosmopolita, ya que se ha registrado en todos los continentes (McInnes, 1994; Kaczmarek et al., 2014a, 2015, 2016). *R. oberhaeuseri* pertenece a un complejo de especies

(Stec et al., 2018; Kaczmarek Com. Pers.), dado que la mayoría de los estudios faunísticos informan solo nombres de especies sin detalles taxonómicos. De acuerdo con Stec et al. (2018), la gran mayoría de los registros previos de *R. oberhaeuseri* deben considerarse como *Ramazzottius* sp. o *R. aff. oberhaeuseri*. Lo anterior, implica que el rango geográfico de la especie se reduce a la localidad tipo en París, Francia y que *R. oberhaeuseri* no debe considerarse cosmopolita hasta que no se disponga de pruebas sólidas de dicha distribución. Es necesario identificar correctamente a los ejemplares examinados con las herramientas adecuadas (como por ejemplo datos de ADN o bien, de morfometría como se realizó en el presente trabajo). En cuanto a los registros conocidos en América, la especie se ha recolectado desde los 0 m snm en Chile, hasta los 3650 m snm en Bolivia. En Colombia se encontró asociada a los musgos *Breutelia falcatula*, *Thuidium* sp. y *Trichostomum raapaii* y a la hepática *Frullania coalita*; en Canadá se encontró habitando los líquenes *Lobaria pulmonaria* y *Xanthoria* sp. (Heinis, 1914; Argue, 1971; Kaczmarek et al., 2015, 2016). En México se registró a los 2500 y 4000 m snm asociado a los líquenes *Pseudovernia intensa* y *Usnea* sp. (Beasley, 1972). En el presente trabajo se amplía su distribución, pues con anterioridad se había registrado en los estados de México y Michoacán (Beasley, 1972, Kaczmarek et al., 2014a). En el presente estudio se registró a 3466 msnm asociada a las especies *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum* y *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*. Por lo cual, podría considerarse como una especie sin preferencias por un sustrato o altitud específica.

*Macrobotus hufelandi* es considerada como una especie cosmopolita. Se describió de Alemania, pero se ha registrado en todos los continentes (McInnes 1994; Kaczmarek y Michalczyk, 2017). De acuerdo con Kaczmarek y Michalczyk (2017), *M. hufelandi* pertenece a un complejo de especies llamado “grupo *hufelandi*”, donde las especies incluidas son muy similares. Por ello, con la inclusión de datos morfométricos, han quedado esclarecidos los caracteres que definen a este grupo de especies, así como los caracteres para reconocer a *M. hufelandi*. Esta especie se ha registrado en el continente americano en Argentina, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, Las Antillas, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay. Los registros van desde los 0 m snm en Argentina, Chile y Uruguay, hasta los 4800 m snm en Chile. Ha sido recolectada en los musgos *Campylopus* sp., *Erythrodontrium consanguineum*, *Lyperodon tomentosus*, *Nekera pennata*, *Omphalanthus filiformis*, *Pilotrichella flexilis*, *Pleurozium schreberi*, *Porotrichum nitidum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Sphagnum* sp., *Thamnobryum fasciculatum* y *Tortula* sp.; y en los líquenes *Cladonia* sp. y *Parmelia* sp. (Heinis, 1914; Iharos, 1969; Word et al., 1976; Kaczmarek et al., 2014a, 2015, 2016). En México, se ha registrado en los estados de Chihuahua, México y Oaxaca, en altitudes que van de los 300 a los 4000 m snm y se ha encontrado asociada a musgos y líquenes, sin registrar las especies que habita (Heinis, 1911; Schuster, 1971). En el presente estudio se amplía su distribución. Se registró a 2937, 3149 y 3466 m snm, en asociación con los musgos *Leptodontium flexifolium*, *Neckera chlorocaulis*, *Zygodon obtusifolius*, *Leptodontium flexifolium*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum*, *Hypnum amabile*, *Campylopus pilifer*, *Braunia secunda*, *Rhynchostegium scariosum*, *Bryum argenteum*, *Neckera chlorocaulis*, *Brachythecium* sp. 2, *Ptychomitrium lepidomitrium*, *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, Pottiaceae sp. 2 e Hypnaceae sp. Por su amplia distribución y su asociación a distintos sustratos, es posible que *M. hufelandi* no tenga preferencia por algún tipo de sustrato o altitud.



*Pseudechiniscus facettalis* se describió de Groenlandia habitando desde los 20 a los 400 m snm, y se encontró asociada a los musgos *Amphidium lapponicum*, *Barbula* sp., *Conostomum tetragonum*, *Aplodon wormskioeldii*, *Hygrohypnum alpestre*, *Hypnum challochroum*, *Polytrichum alpinum*, *Timmia austriaca*, *Tortella tortuosa* y a la hepática *Blepharostoma trichophylla* (Petersen, 1951; Kaczmarek, et. al., 2016). También se ha registrado en Canadá, Chile, Estados Unidos, México y Venezuela, con registros desde los 50 a los 2000 m snm y asociada a musgos, líquenes y hepáticas (Kaczmarek, et. al., 2016). Particularmente en México, la especie se registró en Chihuahua a una altitud de 1710 m snm y se encontró asociada a líquenes de especies desconocidas (Schuster, 1971). En el presente estudio, la especie se registró a 3466 m snm, con lo que se amplía su distribución altitudinal. *P. facettalis* se encontró asociado al musgo *Neckera chlorocaulis*, lo cual podría indicar que es una especie generalista, y que cuya distribución no se ve restringida tanto por el tipo de sustrato, como por la altitud.

#### 6.2.2. Tardígrados que son nuevos registros para México

En el Parque Nacional La Malinche se hallaron 14 especies que representan nuevos registros para el país, a continuación se presentan detalles sobre su distribución y habitat.

*Milnesium beasleyi* se describió en Seydişehir, Turquía. Fue recolectada en musgo sin identificar, a una altitud de 1480 msnm (Kaczmarek et al., 2014a). En el presente estudio fueron recolectados a una altitud de 2937 msnm y están asociados a la especie de musgo *Ceratodon* sp. Fuera de la localidad tipo, no se conocían registros de *M. beasleyi*. Dado que no se conoce la especie de musgo de la que fueron extraídos los ejemplares de Turquía, no es posible saber si la especie está asociada a una especie de musgo en particular. En el presente trabajo, la identificación del musgo fue posible a nivel genérico únicamente.

*Milnesium longiungue* es una especie que fue descrita de Alabama, Estados Unidos. Los ejemplares fueron extraídos de musgos y líquenes de especies no determinadas, entre 3600 y 3700 msnm (Tumanov, 2006). En contraste, los ejemplares encontrados en el presente estudio fueron recolectados a altitudes de 3149 y 3466 msnm, que corresponden a bosque de coníferas y bosque de oyamel. Se halló asociada a los musgos *Rhynchostegium scariosum* y *Neckera chlorocaulis*, lo que nos indica que esta especie de tardígrado no tiene preferencia por un sustrato específico hasta el momento del presente estudio.

*Diphascon ongulense* se describió de East Ongul Island (Antártica). Se recolectó sobre un musgo acuático (sin mencionar la especie) a 100 msnm (Van Rompu et al., 2000). De acuerdo con McInnes (1994) y Kaczmarek et al. (2016), *D. ongulense* es una especie muy rara con una distribución extremadamente disgregada desde la Antártida (localidad tipo) hasta el subártico. Lo cual indica que debe hacerse una revisión de los ejemplares registrados en la parte norte, ya que es posible que se traten de distintas especies. Sin embargo, en el presente trabajo se identificaron utilizando datos morfométricos, con lo cual se tiene certeza de una identificación correcta. Se recolectaron en los tres sitios, los cuales se ubicaron a una altitud mayor a los 2000 msnm, y se encontraron asociados a las especies de musgos *Hypnum amabile*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum*, *Hypnum* sp., *Campylopus* cf. *fragilis*, *Zygodon obtusifolius*, *Leptodontium flexifolium*, *Neckera chlorocaulis*, *Bryum billarderi*, *Rhexophyllum subnigrum*, Hypnaceae y Pottiaceae sp. 2. Ninguno se conoce por ser acuático

(Glime, 2017). Por lo anterior, es posible que *D. ongulense* no tenga preferencia de sustrato o altitud.

*Hypsibius dujardini* es una especie considerada como cosmopolita, pues se ha registrado en todos los continentes (McInnes, 1994). Originalmente fue descrita de Francia y se extrajo de la especie del musgo *Warnstorfia fluitans*. En América se distribuye desde los 0 hasta los 4500 msnm (Kaczmarek et al., 2016); en Canadá se encuentra asociada a los musgos *Thuidium delicatulum* e *Hygrohypnum ochraceum* (Argue, 1974). Dado el amplio rango de distribución, la especie parece no tener preferencia por una altitud o alguna especie de musgo. De acuerdo con la revisión realizada por Gąsiorek et al. (2018), *H. dujardini* se distribuye principalmente en Europa central, y probablemente los ejemplares identificados como *H. dujardini* de otras regiones podrían tratarse de especies distintas. Sin embargo, también mencionan que la correcta identificación de los ejemplares requiere de datos de morfometría o secuencias de ADN. Y únicamente para corroborar la identificación de los ejemplares de la Malinche, faltaría obtener las secuencias de ADN. La especie se registró a una altitud de 3149 msnm y se encontró asociada a los musgos *Hypnum* sp., *Campylopus* cf. *fragilis* y *Neckera chlorocaulis*.

*Adropion scoticum scoticum* fue descrita de Escocia, pero en América ha sido reportada para Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Groenlandia, Perú y Uruguay (Kaczmarek et al., 2014a, 2015, 2016). Es importante mencionar que *A. scoticum scoticum* pertenece a un complejo de especies con distribución cosmopolita, por lo que es necesario incorporar datos de morfometría o secuencias de DNA de los ejemplares que representen nuevos registros, dado que la descripción original data de 1905 y no se incluyeron datos morfométricos. La identificación correcta de los ejemplares, dará un panorama más amplio de su distribución, pues no se conocen datos biogeográficos de la especie (Kaczmarek et al., 2016). Por otra parte, en la mayoría de los registros de *A. scoticum scoticum*, se menciona únicamente que fue extraída de musgos. En Canadá se menciona que se recolectaron ejemplares desde los 0 a los 100 msnm, asociados a las especies de musgo *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Drepanocladus uncinatus* y *Dicranum polysetum* (Kaczmarek et al., 2016). En Groenlandia se registró *A. scoticum scoticum* a una altitud desde los 0 hasta los 900 msnm, en plantas de las especies *Persicaria vivipara* (una planta herbácea perteneciente a la familia Polygonaceae) y *Saxifraga oppositifolia* (una planta fanerógama), musgos y algunos líquenes (Argue, 1971; Kathman, 1989; Kathman y Cross, 1991; Bateman y Collins, 2001; Collins y Bateman, 2001; Kaczmarek et al., 2016). Esto puede indicar que *A. scoticum scoticum*, no tiene preferencia por una especie de musgo o altitud, pues incluso se puede encontrar en un amplio rango de hábitats y altitudes a lo largo del continente americano.

*Platicrista angustata* es una especie descrita de Escocia y se distribuye comúnmente en Europa (Marley, 2006). De acuerdo a Marley (2006), *P. angustata* es considerada como una especie holártica (con registros adicionales de las islas árticas rusas) y sus registros fuera de esta región deben ser críticamente examinados, pues podrían tratarse de especies distintas. En el caso de los ejemplares del presente trabajo, se obtuvieron los datos morfométricos de cada ejemplar examinado, lo cual ayudó a su correcta identificación. Anteriormente, esta especie de tardigrado se había recolectado en musgos y líquenes, sin embargo, en la mayoría de los trabajos no se determinó la especie de sustrato en la que

habitaban. En algunos registros para el continente americano se mencionan las especies a las que *P. angustata* se encuentra asociada. Por ejemplo, en Canadá se recolectó desde los 0 a los 1000 msnm, en los musgos *Calliergon giganteum*, *Cinclidium arcticum*, *Dicranum polysetum*, *Drepanocladus uncinatus*, *Heterophyllum haldaneanum*, *Oncophorus virens* y *Pleurozium schreberi*. En Groenlandia fue recolectada a 25 msnm y se encuentra asociada al género *Mniobryum* (Argue, 1971; Bateman y Collins, 2001; Collins y Bateman, 2001; Boeckner et al., 2006; Kaczmarek et al., 2016). En el presente trabajo, los ejemplares se recolectaron a altitudes de 3149 y 3466 msnm, y se encontraron asociados a los musgos *Leptodontium flexifolium*, *Hypnum amabile*, Pottiaceae sp., *Hypnum* sp. y *Campylopus* cf. *fragilis*. Lo anterior indica que *P. angustata* podría tratarse de una especie generalista y que no tiene preferencias tanto de altitud como de sustrato específico.

*Pilatobius oculatus oculatus* se describió de Escocia y ha sido recolectada en musgos y líquenes (Kaczmarek et al., 2016). *P. oculatus* es considerada como un complejo de especies que requiere un estudio más profundo (McInnes, 1994, Kaczmarek et al., 2016). Sin embargo, el ejemplar examinado en este trabajo corresponde con los caracteres de *P. oculatus oculatus*. En América, la especie ha sido reportada en Canadá y Estados Unidos (Ramazzotti y Maucci, 1983; Kaczmarek et al., 2016). Particularmente en Canadá se ha registrado a entre 200 y 1000 msnm y en asociación con los musgos *Cinclidium arcticum* y *Meesia triquetra* (Szymańska, 1994). En el presente estudio se recolectó a 3466 msnm asociada a la especie de musgo *Rhexophyllum subnigrum*. Por lo anterior *P. oculatus oculatus* no tiene una preferencia por algún sustrato o por una altitud en específico.

*Mesobiotus simulans* se describió de Cerdeña, Italia. De acuerdo a Pilato et al. (2000), se distribuye en distintas localidades de Italia, y Tumanov (2018) menciona que se distribuye en varios lugares de Europa e Israel. En el presente trabajo se recolectó a 2937 msnm y asociado a los musgos *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, *Leptodontium flexifolium*, *Neckera chlorocaulis*, *Rhexophyllum subnigrum* y *Rhytidium rugosum*. La especie no se caracteriza por ser específica de algún tipo de sustrato o altitud o estar asociada a alguna especie en particular.

*Minibiotus formosus* fue descrita de Letonia. Se asocia a musgos y líquenes y fue recolectada a una altitud de 45 msnm (Zawierucha et al., 2014). En el presente estudio los ejemplares se recolectaron a altitudes de 2937, 3149 y 3466 msnm, asociados a los musgos *Leptodontium flexifolium*, *Neckera chlorocaulis*, *Zygodon obtusifolius*, *Leptodontium flexifolium*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum*, *Hypnum amabile*, *Campylopus pilifer*, *Braunia secunda*, *Rhynchostegium scariosum*, *Bryum argenteum*, *Neckera chlorocaulis*, *Brachythecium* sp 2, *Ptychomitrium lepidomitrium*, *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, Pottiaceae sp 2 e Hypnaceae sp. Probablemente es una especie generalista sin preferencia de musgo en particular o por alguna altitud, sin embargo, con el presente registro se amplía su distribución altitudinal. Éste representa el primer registro fuera de la localidad tipo.

*Paramacrobotus (Paramacrobotus) gerlachae* se describió de Seychelles en el Océano Índico a una altitud de 5 msnm, sobre arena. En Costa Rica (único registro en América), los ejemplares se recolectaron desde los 0 a los 3300 msnm asociados a musgos y líquenes (sin mencionar las especies a las que estaban asociados; Kaczmarek et al., 2014a). En el presente trabajo los ejemplares se registraron a 3466 msnm y se encontraron asociados

a los musgos *Hypnum amabile* y *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*. Por lo anterior, la especie no tiene una preferencia por algún sustrato o por una altitud. *P. (Paramacrobotus) gerlachae* es un nuevo registro para México y Norteamérica. Asimismo, se amplía su distribución altitudinal.

*Paramacrobotus (Paramacrobotus) magdalenae* es una especie que se describió de Costa Rica. Está asociada a hepáticas y musgos de especies desconocidas y se recolectó en un rango de altitud de los 0 hasta los 2550 msnm (Michalczyk y Kaczmarek, 2006; Kaczmarek et al., 2014a). En el presente estudio se recolectó a los 3149 msnm asociada a los musgos *Bryum argenteum*, *Neckera chlorocaulis*, *Hypnum amabile* y *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum*. Esto puede indicar que *P. (Paramacrobotus) magdalenae* es una especie que no tiene una preferencia por algún sustrato o por una altitud, sin embargo, con el presente registro se amplía su distribución altitudinal.

*Echiniscus sylvanus* se describió de Canadá a una altitud de 350 msnm, y se encontró asociada a musgos y líquenes de especies desconocidas (Ramazzotti y Maucci, 1983; Kaczmarek et al., 2016). En el presente trabajo, la especie se registró a 3149 y 3466 msnm, asociada a los musgos *Hypnum amabile*, *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum* y *Neckera chlorocaulis*. Dado su rango altitudinal y su asociación con distintos sustratos, *E. sylvanus* es una especie que no tiene preferencias por un tipo de sustrato o una altitud específica. Con el presente registro se amplía su distribución altitudinal.

*Echiniscus merokensis merokensis* fue descrita de Noruega y en América ha sido encontrada en Argentina, Canadá, Chile, Estados Unidos, y Groenlandia (Kaczmarek et al., 2015, 2016). Su amplia distribución, podría indicar que se trata de una especie sin restricción de hábitat o de altitud. Sin embargo, es importante mencionar que los ejemplares de *E. merokensis* que se han registrado en distintas partes del mundo muestran una gran variación morfológica, lo que sugiere un complejo de especies. Aunado a esto, la localidad tipo se encuentra en la región holártica (Ramazzotti y Maucci, 1983; McInnes, 1994), por lo que los registros neotropicales de esta especie requieren un examen muy detallada, ya sea de los datos morfométricos (como en el caso del presente trabajo) o de ADN. Por otra parte, esta especie se ha registrado desde los 0 hasta los 1200 msnm en Argentina y Chile; en Canadá se ha registrado desde los 0 hasta los 900 msnm y está asociada a los musgos *Rhytidium rugosum* y *Thuidium abietinum* (Kaczmarek et al., 2016). En el presente estudio se recolectó a 3149 y 3466 msnm, en asociación con los musgos *Hypnum amabile*, *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum* y *Neckera chlorocaulis*. Con este registro se amplía su distribución altitudinal, lo que también podría indicar que se trata de una especie sin restricción de hábitat o que se encuentre a una altitud específica.

*Pseudechiniscus spinerectus* se describió de Ecuador, a una altitud de 4000 msnm y asociada al musgo *Leptodontium viticulosoides* (Pilato et al., 2001). Además de la localidad tipo, se ha registrado en Costa Rica desde los 2000 a los 3350 msnm asociada a musgos, líquenes y hepáticas (sin mencionarse las especies; Kaczmarek, et. al., 2014). En el presente estudio se registró a las altitudes de 3149 y 3466 msnm, asociada a los musgos *Brachythecium* sp. 2., *Hypnum amabile* y *Neckera chlorocaulis*. Esto indica que *P. spinerectus* es una especie que no se vería restringida por el tipo de sustrato, así como por la altitud.

### 6.2.3. Especies nuevas para la ciencia

Con los rasgos morfológicos y fotografías de microscopía electrónica de barrido se identificaron dos especies nuevas, una de la clase Apotardigrada y otra de Eutardigrada.

*Milnesium* sp. nov. sólo se encontró en bosque de oyamel a una altitud de 3149 msnm y asociada a dos especies de musgos *Thuidium delicatulum* var. *delicatulum* y *Neckera chlorocaulis*. El género *Milnesium* tiene amplia distribución (Kaczmarek et al., 2016), así como los géneros de los musgos en los que habita, lo cual sugiere que son necesarias recolectas más intensivas para determinar existe preferencia por los musgos o es posible hallarlos en otros sustratos y altitudes.

*Ramazzottius* sp. nov. se recolectó a los 3149 y 3466 msnm, y únicamente se encontró asociada al musgo *Neckera chlorocaulis* en ambas altitudes. Son necesarias nuevas recolectas del musgo a otras altitudes para determinar si existe una especificidad con este sustrato.

### 6.2.4. Especies identificadas a nivel genérico

Algunos ejemplares solamente pudieron identificarse a nivel de género, ya que se obtuvo un bajo número de estos y/o de huevos y por lo tanto no se pudieron analizar a detalle sus características morfológicas.

*Isohypsibius* sp. se recolectó a los 3149 msnm asociada al musgo *Pohlia elongata*. Dado que únicamente se encontraron dos ejemplares en una sola muestra, es posible que se trate de una especie rara. Los ejemplares examinados son muy similares a *I. brulloi* (Ramazzotti y Maucci, 1983), por lo cual es necesario efectuar nuevas recolectas para un análisis más detallado.

*Macrobotus* grupo *hufelandi* sp. se registró a 2937, 3149 y 3466 msnm y se asociada a los musgos *Leptodontium flexifolium*, *Neckera chlorocaulis*, *Zygodon obtusifolius*, *Leptodontium flexifolium*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum*, *Hypnum amabile*, *Campylopus pilifer*, *Braunia secunda*, *Rhynchostegium scariosum*, *Bryum argenteum*, *Neckera chlorocaulis*, *Brachythecium* sp 2, *Ptychomitrium lepidomitrium*, *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, Pottiaceae sp. 2 e Hypnaceae sp. La especie comparte las características de *Macrobotus hufelandi* s. s., sin embargo, difiere de esta por el diámetro del huevo, el número de proyecciones en la superficie de los huevos, la forma del tronco de las proyecciones y por el valor del *pt* del punto de inserción de soporte del estilete. Se sabe que dentro de una misma especie de tardigrado puede existir una gran variación, tanto en los caracteres de los ejemplares, como en sus huevos (Ramazzotti y Maucci, 1983). Debido a que se recolectaron pocos huevos, en el presente trabajo, no se ha podido verificar si los caracteres analizados indican una variación o que pudiera tratarse de una especie distinta. Por ello, es necesario reexaminar las muestras donde se extrajeron los ejemplares para obtener un mayor número de huevos y realizar una identificación más precisa.

### 6.2.5. Taxonomía integrativa

De los 23 taxones registradas para el Parque Nacional La Malinche, en Tlaxcala, dos (*Isohypsibius* sp. y *Macrobiotus* grupo *hufelandi* sp.) fueron identificadas únicamente hasta nivel de género, debido a la falta de datos (número de ejemplares, huevos y con ello datos de morfometría). Esta problemática se ha presentado particularmente con los complejos de especies muy similares a nivel morfológico (como por ejemplo la familia Macrobiotidae). Esto se ha intentado resolver con la aparición de técnicas modernas con el fin de delimitar especies de tardígrados, como la morfometría o la obtención de secuencias de DNA. Actualmente, la manera de hacer una determinación correcta es mediante un análisis complementario, utilizando datos morfométricos (como se ha realizado en el presente trabajo), y taxonomía integrativa (morfología con microscopía electrónica de barrido y técnicas moleculares) (Guil y Giribet, 2012; Bertolani et. al., 2014; Vecchi et. al., 2016; Gąsiorek et al., 2017; Stec et al., 2015, 2018; Kaczmarek, Com. Pers).

Cabe mencionar que al menos el 16 % de las especies previamente registradas para México, requieren de nuevos análisis e incluso la redescipción del material tipo, debido a que estos registros aún son dudosos (Kaczmarek et al. 2011a; Com. Pers), particularmente las especies con distribución en regiones árticas, y que han llegado a ser registradas en la región neotropical; pues podrían tratarse de especies distintas o incluso, especies nuevas para la ciencia.

### 6.3. Asociación tardígrados-musgos

Para conocer la diversidad de los tardígrados, se han recolectado musgos y líquenes mucho más que cualquier otro sustrato (Ramazzotti y Maucci, 1983; Glime, 2017). También se sabe que en ambos sustratos se ha encontrado una gran abundancia de estos organismos (Meyer y Hinton, 2007). Sin embargo, el mayor problema para poder entender a fondo si existe una asociación especie-específica, se ha presentado desde las primeras observaciones del grupo, ya que en la mayoría de los trabajos los investigadores se han limitado a mencionar “sobre musgo-liquen” como hábitat para los tardígrados (Ramazzotti y Maucci, 1983; Kaczmarek et al. 2014a, 2015; Glime, 2017), siendo muy pocas las especies de las que se tiene conocimiento que estén relacionadas con alguna especie de sustrato en particular, por ello ha sido difícil determinar si existen preferencias de hábitat. Existe una gran controversia con respecto a la especificidad de los tardígrados y los musgos (Meyer y Hinton, 2007), y aunque los estudios sobre este tema son escasos, existen algunos trabajos donde se menciona esta problemática (Hofmann y Eichelberg, 1987; Meyer y Hinton, 2007; Schuster y Greven, 2007; Meyer 2006a; Kaczmarek et al., 2011b; Glime, 2017).

Otra problemática para conocer la especificidad de los tardígrados y los musgos, es la existencia de asociaciones entre las especies de musgos (Glime, 2017), tal como se encontró en este trabajo. Esta dificultad impide identificar con precisión a qué especie de musgo es a la que realmente se encuentra asociado el tardígrado. Por lo cual, la recomendación es que la recolecta de los musgos debe ser de manera dirigida y teniendo el conocimiento previo y básico de las especies para poder diferenciarlas en el campo (Delgadillo-Moya, Com. Pers.). Sin embargo, el reconocimiento en campo puede ser una tarea complicada ya que a simple vista las distintas especies pueden ser muy similares entre ellas

en un área determinada, los caracteres específicos son microscópicos y difícilmente pueden ser identificados por un briólogo en el campo (Glime, 2017).

Algunos autores mencionan que podría existir una correlación entre las especies de tardígrados y el grado de humedad en los musgos en los que habitan, dada la morfología de este grupo de briofitas. En este sentido, Ramazzotti y Maucci (1983) consideraron a los musgos como el hábitat adecuado para los tardígrados limoterrestres basándose en tres necesidades de estos últimos: 1) una estructura que permite la difusión suficiente de oxígeno, 2) la capacidad de experimentar períodos alternos de humectación y secado como resultado de la radiación solar y el viento y 3) un medio que contiene suficiente comida. Asimismo, su estructura permite la difusión de oxígeno suficiente, tanto en hábitats acuáticos como terrestres. Los musgos experimentan el periodo de desecación lentamente, permitiendo que los tardígrados también se sequen lentamente, y ambos tienen una tolerancia a la deshidratación que les permite sobrevivir a condiciones adversas (Ramazzotti y Maucci, 1983; Glime 2017). De manera general, la morfología de los musgos proporciona el hábitat adecuado para los tardígrados. Las pequeñas cámaras que se forman entre las ramas también brindan protección contra posibles depredadores de mayor tamaño. Sin embargo, no existe suficiente información para apoyar la hipótesis de la asociación tardígrado-musgo, por lo que no se puede aseverar que realmente existe una asociación específica (Hofmann y Eichelberg, 1987; Glime, 2017).

Comparando los datos del presente trabajo con estudios previos, no se observó especificidad de algún tardígrado por un musgo en particular. Sólo cuatro especies de tardígrados se encontraron en asociación con una especie de musgo: *Ramazzottius* sp. nov. se encontró habitando en el musgo *Neckera chlorocaulis*; *Pilatobius oculatus oculatus* se encontró en *Rhexophyllum subnigrum*; *Isohypsibius* sp. en *Pohlia elongata* y *Pseudechiniscus facettalis* en *Neckera chlorocaulis*. Sin embargo, *P. oculatus oculatus* ha sido encontrada en musgos y líquenes (Kaczmarek et al., 2016), *P. facettalis* se ha registrado en 9 especies de musgos y una hepática (Petersen, 1951; Kaczmarek, et. al., 2016). En el caso del género *Ramazzottius*, se conocía como un grupo en el que la mayoría de las especies se ha recolectado de líquenes (Ramazzotti y Maucci, 1983; Kaczmarek et al. 2014a, 2015), en contraste las *R. baumanni*, *R. oberhauseri* y *R. sp. nov.*, que se recolectaron en el Parque Nacional La Malinche se hallaron en distintas especies de musgos. Al comparar las cuatro muestras con una sola especie de musgo en los tres sitios de estudio, se observó que en los musgos *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, *Neckera chlorocaulis* y *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum* la abundancia fue mayor en los sitios 2 y 3, en contraste con el musgo Hypnaceae sp., el cual presentó una mayor diversidad de tardígrados en los sitios 1 y 3.

Sólo cuatro especies de musgos pudieron ser comparadas ya que estuvieron presentes en los tres sitios, de estas, tres son nuevos hábitats para tardígrados: *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum* y *Neckera chlorocaulis* (Heinis, 1914; Petersen, 1951; Iharos, 1969; Argue, 1971; Schuster, 1971; Beasley, 1972; Argue, 1974; Word et al., 1976; Ramazzotti y Maucci, 1983; Claps y Rossi, 1984, 1988; Kathman, 1989; Kathman y Cross, 1991; McInnes, 1994; Pilato et al. 2000; Van Rompu et al., 2000; Bateman y Collins, 2001; Collins y Bateman, 2001; Pilato et al., 2001; Meyer, 2006b; Kaczmarek et al., 2014a; Zawierucha et al., 2014; Kaczmarek et al., 2015, 2016; Glime, 2017; Tumanov, 2018; Gąsiorek et al., 2018). *F. ciliaris* var. *ciliaris* presentó tres especies de tardígrados

halladas en los tres sitios (*Echiniscus sylvanus*, *Macrobiotus* grupo *hufelandi* sp. y *Minibiotus formosus*). Para el musgo *T. delicatulum* var. *peruvianum*, se hallaron dos especies de tardígrados en el sitio 2 (3149 m snm) (*E. sylvanus* y *M.* grupo *hufelandi* sp.), y una especie en el sitio 3 (3466 m snm) (*M.* grupo *hufelandi* sp.). En el musgo *N. chlorocaulis*, se registraron diez especies de tardígrados, incluyendo una nueva especie para la ciencia, lo cual representa el 52 % de las especies presentes en el Parque Nacional La Malinche. Ramazzotti y Maucci (1983) mencionan que un musgo debe tener una adecuada difusión de oxígeno, capacidad para experimentar períodos alternos secos y húmedos, así como un medio que permita el almacenamiento de comida, para ser un adecuado hábitat para los tardígrados. Es probable que *N. chlorocaulis* presenta tales características, por ello fue el hábitat más común de los tardígrados en el Parque Nacional La Malinche. Por lo anterior, se sugiere que en futuros estudios en el sitio, se lleve a cabo un análisis más detallado de la morfología de este musgo para determinar los factores que favorecen el desarrollo de los tardígrados.

#### 6.4. Diversidad y altitud

Se menciona en algunos trabajos que la altitud es un factor importante para la distribución de tardígrados, debido a que la riqueza podría incrementarse a una mayor altitud (Ramazzotti y Maucci 1983, Bertolani y Rebecchi, 1996; Glime, 2017).

Collins y Bateman (2001) en su estudio sobre distribución ecológica de tardígrados, mencionan que independientemente de la altitud o la especie de sustrato, los factores que podrían afectar tanto la diversidad o la abundancia, son el tipo de suelo, la latitud y la escala del muestreo. Varios autores recomiendan tener ciertas reservas para aseverar que existe una relación positiva entre la diversidad de tardígrados y la altitud (Meininger y Spatt, 1988, Kathman y Cross 1991; Collins y Bateman, 2001), debido a que no solamente interactúa la altitud, sino que la diferencia en la diversidad de tardígrados podría explicarse también por los tipos de suelo, el clima y la estructura de la vegetación de cada sitio, pues tanto la latitud como la altitud crean diferentes condiciones climáticas.

También se sabe que la ausencia de algunas especies de tardígrados a ciertas altitudes se debe a que no se han realizado recolectas suficientes en estos sitios. Por ejemplo Ramazzotti y Maucci (1983), consideraron que la especie *Mesobiotus harmsworthi*, se distribuía únicamente sobre los 500 msnm, sin embargo en estudios posteriores fue registrado entre 0 y 1100 msnm (Dastyh, 1985; Kaczmarek et al., 2014a). Por otra parte, Glime (2017) considera que es más importante el tipo de vegetación donde habitan los distintos sustratos que sirven de microhábitat para los tardígrados. En el presente trabajo, se observó un incremento de la diversidad de tardígrados en el sitio 1 (2937 msnm), con respecto al sitio 2 (3149 msnm). En el sitio 1 se registraron siete especies y en el sitio 2 se hallaron 18, mostrando una considerable diferencia, incrementándose casi el doble a una altitud de 3149. Esta diferencia se puede atribuir a que en el sitio 1 predomina un bosque de pino y la mayoría de los musgos fueron recolectadas en el suelo o en pequeñas rocas, este bosque es medianamente denso y por tanto los árboles no proveen de una gran cobertura, lo que permite el ingreso de mayor luz solar y de viento (López-Domínguez y Acosta, 2004). Los musgos prefieren sitios sombreados, esto les permite retener la humedad y tener un mejor desarrollo, en consecuencia las condiciones son favorables para los tardígrados que los habitan (Glime, 2007, Delgadillo-Moya, Com. Pers.).



En el sitio 1, el tipo de suelo es Andosol, los cuales se caracterizan por ser suelos bien desarrollados con una profundidad media a profundos, pero muy sueltos y muy susceptibles a la erosión (López-Domínguez y Acosta, 2004). Por lo que también esto estaría influyendo a que los tardígrados, no puedan llevar a cabo su ciclo de vida en los musgos de este tipo de suelo y por lo tanto no estén presentes en la mayoría de muestras. En el caso de los sitios 2 y 3, donde solamente tuvieron una diferencia de una especie (18 especies en el sitio 2 y 17 especies en el sitio 3), los tardígrados no tuvieron una preferencia de hábitat relacionada con la altitud, se distribuyen de manera aleatoria, lo que concuerda con algunos autores, quienes mencionan que no existe una relación entre la diversidad y la altitud (Kathman y Cross 1991), inclusive, tanto la diversidad como la abundancia pueden disminuir conforme aumenta la altitud, debido al cambio de vegetación en las zonas alpinas, las cuales están más expuestas a la radiación solar y a la erosión por el viento (Dastych, 1985, López-Domínguez y Acosta, 2004).

El amplio rango de temperatura y humedad creado por las distintas condiciones geográficas, es principalmente lo que impone fuertes presiones que controlan el comportamiento de los organismos que viven allí y no precisamente la altitud o la diversidad de especies que sirve como microhábitat de los tardígrados (Guil et al., 2009). Sin embargo, un estudio a mayor escala podría dar datos más completos del comportamiento de las poblaciones de tardígrados en distintas latitudes y altitudes.

## 7. Conclusiones

Se encontraron 17 familias, 23 géneros y 37 especies de musgos en el Parque Nacional La Malinche.

Las especies de musgos *Braunia secunda*, *Bryum billarderi*, *Campylopus pilifer*, *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris*, *Funaria hygrometrica*, *Grimmia trichophylla*, *Hypnum amabile*, *Leptodontium viticulosoides*, *Neckera chlorocaulis*, *Orthotrichum pycnophyllum*, *Pohlia elongata*, *Ptychomitrium lepidomitrium*, *Rhytidium rugosum*, *Schistidium apocarpum*, *Symblepharis vaginata*, *Thuidium delicatulum* var. *peruvianum*, *T. delicatulum* var. *delicatulum*, *Rhexophyllum subnigrum*, *Rhynchostegium scariosum* y *Zygodon obtusifolius* podrían representar nuevos registros para el estado de Tlaxcala.

Exceptuando las especies de musgos *Anomobryum julaceum*, *Bryum argenteum*, *Ceratodon purpureus* subsp. *stenocarpus* y *Leptodontium flexifolium*, las demás especies representan nuevos registros para el Parque Nacional La Malinche.

La mayor diversidad de musgos se encontró en el sitio 1 (2937) con 18 especies, seguido del sitio 2 (3149) con 17 especies y finalmente el sitio 3 (3466) con 16 especies.

De las 51 muestras de musgos examinadas, 17 fueron asociaciones, que presentan desde dos hasta cuatro especies de musgos asociadas.

Se encontraron tres clases, tres órdenes, seis familias, 14 géneros y 23 especies de tardígrados en el Parque Nacional La Malinche. Todas las especies registradas representan nuevos registros para el estado de Tlaxcala.

Las especies *Milnesium beasleyi*, *M. longiungue*, *Diphascon ongulense*, *Hypsibius dujardini*, *Adropion scoticum scoticum*, *Platicrista angustata*, *Pilatobius oculatus oculatus*, *Mesobiotus simulans*, *Minibiotus formosus*, *Paramacrobotus (Paramacrobotus) gerlachae*, *P. (Paramacrobotus) magdalenae*, *Echiniscus sylvanus*, *E. merokensis merokensis* y *Pseudechiniscus spinirectus* representan nuevos registros para México.

Las especies *Paramacrobotus (Paramacrobotus) gerlachae*, *P. (Paramacrobotus) magdalenae* y *Pseudechiniscus spinirectus* representan nuevos registros para Norteamérica.

Las especies *Mesobiotus simulans*, *Milnesium beasleyi*, *M. longiungue* y *Minibiotus formosus* son nuevos registros para el continente americano.

Adicionalmente se encontraron dos especies nuevas para la ciencia, pertenecientes a los géneros *Milnesium* y *Ramazottius*.

Con los resultados obtenidos, Tlaxcala se convierte en el estado con mayor diversidad de tardígrados para el país, con 23 especies, incrementandola diversidad de tardígrados de México a 65 especies.

Se realizó la diagnosis de cada especie de tardígrado encontrada, incluyendo datos morfométricos e imágenes de microscopía óptica y de MEB. De siete especies se describen los huevos.

Se construyó una clave de determinación para las especies de los tardígrados del Parque Nacional La Malinche.

Con respecto a la variación altitudinal de los tardígrados, se observó un incremento de la diversidad de tardígrados encontrada en el sitio 1 (2937 msnm), con respecto al sitio 2 (3149 msnm), ya que en el sitio 1 se encontraron siete especies y en el sitio 2 17. Sin embargo, no hubo diferencia en cuanto al número de especies entre el sitio 2 (3149 msnm) y el sitio 3 (3466 msnm).

No se encontró ningún tipo de asociación específica de tardígrado – musgo.

## 8. Perspectivas a futuro

Es necesario continuar con el estudio de los tardígrados en México, ya que de las 65 especies registradas en el país, solo seis han sido documentadas por investigadores mexicanos (Moreno-Talamantes et al. 2015, Pérez-Pech et al, 2017, 2018). Así mismo, sólo una especie ha sido descrita por mexicanos, por lo cual, el material tipo de las especies de tardígrados de nuestro país se encuentra depositadas en colecciones extranjeras (Heinis, 1911, May, 1948, Schuster, 1971, Beasley, 1972, Ramazzotti y Maucci, 1983, Pilato, 2006, Pilato y Lisi, 2006, Beasley, Kaczmarek y Michalczyk, 2008, Kaczmarek, *et. al.*, 2011a).

Al ampliar el conocimiento de la diversidad de tardígrados en México, también puede impulsar la investigación en otras líneas de investigación tales como la ecología, biogeografía, biotecnología, etc. El incremento de los estudios también se verá reflejado en el aumento de colecciones biológicas.

De las más de 1200 especies de tardígrados descritas a nivel mundial, la diversidad hasta ahora documentada en nuestro país, representan solo el 5%. El territorio mexicano tiene una extensión de 1,960,189 km<sup>2</sup> (INEGI, 2010), comparado con la diversidad de tardígrados de otros países neotropicales con una extensión territorial menor, como por ejemplo Costa Rica (50,000 km<sup>2</sup>), donde se registrado 61 especies de tardígrados (Kaczmarek et. al., 2011b), es de esperarse que dada la extensión del territorio mexicano y sobre todo, su patrón geográfico de heterogeneidad ambiental, pudiera albergar una diversidad de tardígrados significativamente más grande en las 22 entidades federativas de las cuales no se conocen registros.

Cabe mencionar que los registros previos de tardígrados en México deben ser verificados para corroborar que las identificaciones sean correctas, existen especies que actualmente están consideradas como cosmopolitas y que pertenecen a complejos de especies. Muchos de estos grupos, han sido revisados recientemente (Kaczmarek y Michalczyk, 2017, Kaczmarek et. al., 2017, Gąsiorek et. al., 2018, Stec et. al., 2018, Guil et al. 2019; Morek et. al., 2019), lo cual ha contribuido a tener un mejor conocimiento de los caracteres de cada especie así como su correcta delimitación, por lo que algunas de las especies previamente reportadas para el país, podrían resultar en especies distintas o incluso en especies nuevas para la ciencia.

Finalmente es necesario continuar con estudios en el Parque Nacional La Malinche ya que la riqueza de tardígrados probablemente sea mayor, si en el futuro analizamos otros sustratos como son los líquenes y bromelias, así como otras especies de musgos a una altitud por arriba de los 3600 msnm, ya que se sabe que en las zonas alpinas de México, que son geológicamente recientes, conservan muchas de sus especies endémicas.

## 9. Literatura Citada

- Argue, C.W. (1971). Some terrestrial tardigrades from New Brunswick, Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 49: 401-415.
- Argue, C.W. (1974). Tardigrades from New Brunswick, Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 52: 919-992.
- Bartels, P., Nelson, D. R., Kaczmarek, Ł. y Michalczyk, Ł. (2011). *Ramazzottius belubellus*, a new species of Tardigrada (Eutardigrada: Parachela: Hypsibiidae) from the Great Smoky Mountains National Park (North Carolina, U.S.A.). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 124(1): 23-27.
- Bateman, L. y Collins, M. A. (2001). Preliminary account of the tardigrades of Newfoundland. *Zoologischer Anzeiger*, 240(3-4): 223-232.
- Beasley, C. W. (1972). Some Tardigrades from Mexico. *Southwestern Naturalist*, 17:21-29.
- Beasley, C. W., Kaczmarek, Ł. y Michalczyk, Ł. (2008). *Doryphoribius mexicanus*, a new species of Tardigrada (Eutardigrada: Hypsibiidae) from Mexico (North America). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 121: 34-40.
- Bertolani, R. y Rebecchi, L. (1996). The tardigrades of Emilia (Italy). II. Monte Rondinaio. A multihabitat study on a high altitude valley of the northern Apennines. *Zoological Journal of the Linnean Society. Soc.*, 116: 3-12.
- Bertolani, R., Altiero, T. y Nelson, D: (2009). Tardigrada (Water Bears). *Encyclopedia of Inland Waters*, Oxford. Ed. Elsevier, 2. 443-455.
- Bertolani, R., Guidetti, R., Marchioro, T., Altiero, T., Rebecchi, L. y Cesari, M. (2014). Phylogeny of Eutardigrada: New molecular data and their morphological support lead to the identification of new evolutionary lineages. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 76: 110-126.
- Biserov, V. I. (1998). Tardigrades of the Caucasus with a taxonomic analysis of the genus *Ramazzottius* (Parachela: Hypsibiidae). *Zoologischer Anzeiger*, 236: 139-159.
- Boeckner, M., Collins, M., Finney-Crawley, J. y Bateman, L. (2006). The bryofauna of remote coastal Labrador: including a review of current Canadian records. *Zootaxa*, 1105: 1-16.
- Claps, M. C. y Rossi, G. C. (1984). Contribucion al conocimiento de los tardigrados de Argentina. IV. *Acta Zoologica Lilloana*, 38: 45-50.
- Claps, M. C. y Rossi, G. C. (1988). Contribucion al conocimiento de los tardigrados de Argentina. VI. *Iheringia*, 67: 3-11.

- Claxton, S. K. (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.
- Clegg, J. S. (2001). Cryptobiosis a peculiar state of Biological organization. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, 128: 613-624.
- Collins, M. y Bateman, L. (2001). The Ecological Distribution of Tardigrades in Newfoundland. *Zoologischer Anzeiger*, 240 (3-4): 291-297.
- Corona, M. (2004). Conservación del Parque Nacional Malinche. En: Fernández, J. y López, J. 2006 (eds.). Biodiversidad Parque Nacional Malinche, Tlaxcala, México. Coordinación General de Ecología del estado de Tlaxcala. 175-198.
- Dastych, H. (1985). West Spitsbergen Tardigrada. *Acta Zoologica Cracoviensia.*, 28(3): 169-214.
- Degma, P., Bertolani, R., y Guidetti, R. (2009-2019). Actual checklist of Tardigrada species (2009–2018, 35th Edition: 31 – 07 - 2019). <http://www.tardigrada.modena.unimo.it/miscellanea/Actual%20checklist%20of%20Tardigrada.pdf>, pp. 48. Accesado el 25 de agosto de 2019).
- Delgadillo-Moya, C. (1971). Phytogeographic Studies on Alpine Mosses of Mexico. *The Bryologist*, 74: 331-246.
- Delgadillo-Moya, C. (2014). Biodiversidad de Bryophyta (musgos) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S100-S105.
- Erdmann, W. y Kaczmarek, Ł. (2017). Tardigrades in Space Research - Past and Future. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 47:545-553.
- Fontoura, P., y Pilato, G. (2007). *Diphascon* (*Diphascon*) *faialense* sp. nov. a new species of Tardigrada (Eutardigrada, Hypsibiidae) from Azores and a key to the species of the *D. pingue* group. *Zootaxa*, 1589(4): 47-55.
- Fontoura, P. y Morais, P. (2011). Assessment of traditional and geometric morphometrics for discriminating cryptic species of the *Pseudechiniscus suillus* complex (Tardigrada, Echiniscidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 49 (Suppl. 1):26-33
- Gabriel, W. N., McNuff, R., Patel, S. K., Gregory, T. R., Jeck, W. R., Jones, C. D. y Goldstein, B. (2007). The tardigrade *Hypsibius dujardini*, a new model for studying the evolution of development. *Developmental Biology*, 312(2): 545-59.
- Gąsiorek, P., Zawierucha, K., Stec, D. y Michalczyk, Ł. (2017). Integrative redescription of a common Arctic water bear *Pilatobius recamieri* (Richters, 1911). *Polar Biology*, 40: 2239-2252.

- Gąsiorek, P., Stec, D., Morek, W., y Michalczyk, Ł. (2018). An integrative redescription of *Hypsibius dujardini* (Doyère, 1840), the nominal taxon for Hypsibioidea (Tardigrada: Eutardigrada). *Zootaxa*, 4415(1): 45-75.
- Glime, J. M. (2017). Tardigrade Survival. Chapt. 5-1. *En*: Glime, J. M. Bryophyte Ecology. Volume 2. Bryological Interaction. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Última actualización: 21 de abril de 2017. Disponible en: <<http://digitalcommons.mtu.edu/bryophyte-ecology2/>>.
- Grothman, G. T., Johansson, C., Chilton, G., Kagoshima, H., Tsujimoto, M. y Suzuki, A. (2017). Gilbert Rahm and the Status of Mesotardigrada Rahm, 1937. *Zoological Science*, 34: 5-10.
- Guidetti, R. y Bertolani, R. (2005). Tardigrade taxonomy: an updated checklist of the taxa and a list of characters for their identification. *Zootaxa*, 845: 1-46.
- Guil, N. (2002). Diversity and distribution of tardigrades (Bilateria, Tardigrada) from the Iberian Peninsula, Balearic Islands and Chafarinas Islands. *Graellsia*, 58: 75-94.
- Guil, N., Hortal, J., Sánchez-Moreno, S. y Machordom, A. (2009). Effects of macro and micro-environmental factors on the species richness of terrestrial tardigrade assemblages in an Iberian mountain environment. *Landscape Ecology*, 24: 375-390.
- Guil, N. y Giribet, G. (2012). A comprehensive molecular phylogeny of tardigrades-adding genes and taxa to a poorly resolved phylum level phylogeny. *Cladistics*, 28: 21-49.
- Guil, N., Jørgensen, A. y Kristensen, R. (2019). An upgraded comprehensive multilocus phylogeny of the Tardigrada tree of life. *Zoologica Scripta*, 48: 120-137.
- Heinis, F. (1911). Beitrag zur Kenntnis der zentralamerikanischen Moosfauna. *Revue Suisse de Zoologie*, 19:253-266.
- Hofmann, I. y Eichelberg, D. (1987). Ecological investigations of the habitat preference of moss-inhabiting tardigrades. *Bonner zoologische Beiträge*, 31(1): 61-76.
- Iharos, G. (1969). The scientific results of the Hungarian soil zoological expeditions to South America: 15. Tardigraden aus den Sammlungen der ersten und zweiten Expedition. *Opuscula Zoologica*, 9: 279-289.
- INEGI. (2010). Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. Accesado el 5 de enero de 2019. Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/extension/default.aspx?tema=T>
- Jönsson K. I. (2007). Tardigrades as a potential model organism in space research. *Astrobiology*, 7(5): 757-766.

- Jönsson, K. I., Rabbow, E., Schill, R. O., Harms-Ringdahl, M. y Rettberg, P. (2008). Tardigrades survive exposure to space in low Earth orbit. *Current Biology*, 18(17): R729-R731.
- Kaczmarek, Ł., Diduszko, D. y Michalczyk, Ł. (2011a). New records of Mexican Tardigrada. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1324-1327.
- Kaczmarek, Ł., Gołdyn, B., Wełnicz, W. y Michalczyk, Ł. (2011b). Ecological factors determining Tardigrada distribution in Costa Rica. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 49:78-83.
- Kaczmarek, Ł., Gołdyn, B., Prokop, Z. M., y Michalczyk, Ł. (2011c). New records of Tardigrada from Bulgaria with the description of *Macrobiotus binieki* sp. nov. (Eutardigrada: Macrobiotidae) and a key to the species of the *harmsworthi* group. *Zootaxa*, 2781(2): 29-39.
- Kaczmarek, Ł., Natalia Jakubowska, N. y Michalczyk, Ł. (2012). Current knowledge on Turkish tardigrades with a description of *Milnesium beasleyi* sp. nov. (Eutardigrada: Apochela: Milnesiidae, the *granulatum* group). *Zootaxa*, 3589: 49-64.
- Kaczmarek, Ł., Michalczyk, Ł. y McInnes, S. J. (2014a). Annotated zoogeography of non-marine Tardigrada. Part I: Central America. *Zootaxa*, 3763 (1): 1-062.
- Kaczmarek, Ł., Cytan, J., Zawierucha, K., Diduszko, D. y Michalczyk, Ł. (2014b). Tardigrades from Peru (South America), with descriptions of three new species of Parachela. *Zootaxa*, 3790 (2): 357-379.
- Kaczmarek, Ł., Michalczyk, Ł. y McInnes, S. J. (2015). Annotated zoogeography of non-marine Tardigrada. Part II: South America. *Zootaxa*, 3923 (1): 1-107.
- Kaczmarek, Ł., Michalczyk, Ł. y McInnes, S. J. (2016). Annotated zoogeography of non-marine Tardigrada. Part III: North America and Greenland. *Zootaxa*, 4203 (1): 001-249.
- Kaczmarek, Ł. y Michalczyk, 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* Schultze. *Zootaxa*, 331: 1-24.
- Kaczmarek, Ł. y Michalczyk, Ł. (2017). The *Macrobiotus hufelandi* (Tardigrada) group revisited. *Zootaxa*, 4363(1): 101-123.
- Kaczmarek, Ł., Gawlak, M., Bartels, P.J., Neslon, D.R. y Roszkowska, M. (2017). Revision of the genus *Paramacrobiotus* Guidetti et al., 2009 with the description of a new species, re-descriptions and a key. *Annales Zoologici*, 67(4): 627-656.
- Kaczmarek, Ł., Zawierucha, K., Buda, J., Stec, D., Gawlak, M., Michalczyk, Ł. y Roszkowska, M. (2018). An integrative redescription of the nominal taxon for the



- Mesobiotus harmsworthi* group (Tardigrada: Macrobiotidae) leads to descriptions of two new *Mesobiotus* species from Arctic. *PLoS ONE*, 13(10): e0204756.
- Kathman, R. D. (1989). Studies on the Tardigrada of Vancouver Island, British Columbia. Unpublished Ph.D. Dissertation, University of Victoria, Victoria, B.C., 297 pp.
- Kathman, R. D. y Cross, S. F. (1991). Ecological distribution of moss-dwelling tardigrades on Vancouver Island, British Columbia, Canada. *Can. J. Zool.*, 69: 122-129.
- Kristensen, R. M. (1987). Generic revision of the Echiniscidae (Heterotardigrada), with a discussion of the origin of the family. *Biology of Tardigrades. Selected Symposia and Monographs U.Z.I.*, 1: 261-335.
- López-Domínguez, J. C. y Acosta, R. (2004). Descripción del Parque Nacional Malinche. En: Fernández, J. y López, J. 2006 (eds.). Biodiversidad Parque Nacional Malinche, Tlaxcala, México. Coordinación General de Ecología del estado de Tlaxcala. 3-24.
- Marley, N. J. (2006). A new species of Tardigrada, *Platicrista ramsayi* sp. nov. from the páramo of Volcán Chiles, Ecuador. *Zootaxa*, 1166: 35-48.
- May, R. M. (1948). Nouveau genre et espèce de tardigrade du Mexique: *Haplomacrobotus hermosillensis*. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 73:95-97.
- McInnes, S. J. (1994). Zoogeographic distribution of terrestrial/freshwater tardigrades from current literature. *Journal of Natural History*, 28:2, 257-352.
- Meininger, C. A. y Spatt, P. D. (1988). Variations of tardigrade assemblages in dust-impacted Arctic mosses. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 20: 24-30.
- Meyer, H. A. (2006a). Interspecific association and substrate specificity in tardigrades from Florida, Southeastern United States. *Hydrobiologia*, 558: 129-132.
- Meyer, H. A. (2006b). Small-scale spatial distribution variability in terrestrial tardigrade populations. *Hydrobiologia*, 558: 133-139.
- Meyer, H. A. y Hinton, J. G. (2007). Limno-terrestrial Tardigrada of the Nearctic realm. *Journal of Limnology*, 66 (Suppl. 1): 97-103.
- Michalczyk, Ł. y 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(3): 189-196.
- Michalczyk, L. y Kaczmarek, L. (2007). *Echiniscus ganzareki*, a new species of Tardigrada (Heterotardigrada: Echiniscidae, bigranulatus group) from Costa Rica. *Zootaxa*, 1471, 15-25.
- Michalczyk, Ł., y Kaczmarek, Ł. (2013). The Tardigrada Register: A comprehensive online data repository for tardigrade taxonomy. *Journal of Limnology*, 72, 175-181.

- Michalczyk, Ł., Wełnicz, W., Frohme, M. y Kaczmarek, Ł. (2012a). Redescriptions of three *Milnesium* Doyère, 1840 taxa (Tardigrada: Eutardigrada: Milnesiidae), including the nominal species for the genus. *Zootaxa*, 3154: 1-20.
- Michalczyk, Ł., Wełnicz, W., Frohme, M. y Kaczmarek, Ł. (2012b). Corrigenda of *Zootaxa*, 3154: 1-20 Redescriptions of three *Milnesium* Doyère, 1840 taxa (Tardigrada: Eutardigrada: Milnesiidae), including the nominal species for the genus. *Zootaxa*, 3393: 66-68.
- Miller, W. R., McInnes, S. J. y Bergstrom, D. M. (2005). Tardigrades of the Australian Antarctic: *Hypsibius heardensis* (Eutardigrada: Hypsibiidae: *dujardini* group) a new species from sub-Antarctic Heard Island. *Zootaxa*, 1022: 57-64.
- Møbjerg, N. Halberg, K. A., Jørgensen, A., Persson, D., Bjørn, M., Ramløv, H., y Kristensen, R. M. (2011). Survival in extreme environments on the current knowledge of adaptations in tardigrades. *Acta Physiologica*, 202: 409-420.
- Morek, W., Gąsiorek, P., Stec, D., Blagden, B. y 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(2): 173-200.
- Morek, W., Stec, D., Gąsiorek, P., Surmacz, B. y Michalczyk, Ł. (2019). *Milnesium tardigradum* Doyère, 1840: The first integrative study of interpopulation variability in a tardigrade species. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 57: 1-23.
- Moreno-Talamantes, A., Roszkowska, M., Guayasamín, P. R., Flores, J. J., y Kaczmarek, Ł. (2015). First record of *Dactylobiotus parthenogeneticus* Bertolani, 1982 (Eutardigrada: Murrayidae) in Mexico. *Check List*, 11(4), 1723.
- Nelson, D. R. (2002). Current Status of the Tardigrada: Evolution and Ecology. *Integrative and Comparative Biology*, 42:652-659.
- Nelson, D. y Marley, N. J., (2000). The biology and ecology of lotic Tardigrada. *Freshwater Biology*, 44(1): 93-108.
- Nelson, D, Guidetti, R. y Rebecchi, L. (2015). Chapter 17 - Phylum Tardigrada. *En: Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (Fourth Edition)*, 347-380.
- NOM – ECOL – 059 – 2001. (2002). Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 6 de marzo de 2002.
- Peluffo, J. R., Rocha, A. M. & Moly de Peluffo, M. C., (2007). Species diversity and morphometrics of tardigrades from a medium-size city in the Neotropical Region:

- Santa Rosa (La Pampa, Argentina). *Animal Biodiversity and Conservation*, 30.1: 43-51.
- Pérez-Pech, W. A., Anguas-Escalante, A., Cutz-Pool, L. y 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 (2): 345-356.
- Pérez-Pech, W. A., Anguas-Escalante, A., de Jesús-Navarrete A. y Hansen, J. G. (2018). Primer registro genérico de tardígrados marinos en costas de Quintana Roo, México. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals*, 10(4): 1909-1912.
- Persson, D., Halberg, K. A., Jørgensen, A., Ricci, C., Møbjerg, N. y Kristensen, R. M. (2011). Extreme stress tolerance in tardigrades: surviving space conditions in low earth orbit. *J Zool Syst Evol Res*, 49(Suppl 1): 90-97.
- Petersen, B. (1951). The tardigrade fauna of Greenland. A faunistic study with some few ecological remarks. *Meddelser om Grønland, København*, 150 (5): 5-94.
- Pigoñ, A. y Weglarska, B. (1955). Rate of Metabolism in Tardigrades during Active Life and Anabiosis. *Nature*, 176: 121-122.
- Pilato, G. (1981). Analisi di nuovi caratteri nello studio degli Eutardigradi. *Animalia*, 8:51-57.
- Pilato, G., Binda, M.G., Napolitano, A. y Moncada, E. (2000). The specific value of *Macrobotus coronatus* DeBarros 1942, and description of two new species of the *harmsworthi* group (Eutardigrada). *Bolletino della Accademia Giornia di Scienze Naturali Catania*, 33: 103-120.
- Pilato, G., Binda, M.G., Napolitano, A. y Moncada, E. (2001). Notes on South American tardigrades with the description of two new species: *Pseudechiniscus spinerectus* and *Macrobotus danielae*. *Tropical Zoology*, 14: 223-231.
- Pilato, G. (2006). Remarks on the *Macrobotus polyopus* group, with the description of two new species (Eutardigrada, Macrobiotidae). *Zootaxa*, 1298: 37-47.
- Pilato, G. y Lisi, O. (2006). Notes on some tardigrades from southern Mexico with description of three new species. *Zootaxa*, 1236:53-68.
- Pilato, G. y 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. y Maucci, W. (1983). II Phylum Tardigrada. 3ª Edición. *Memorie dell' Istituto Italiano di Idrobiologia*, 41: 1-1012.

- Ramløv, H. y Westh, P. (2001). Cryptobiosis in the eutardigrade *Adorybiotus (Richtersius) coronifer*: tolerance to alcohols, temperature and de novo protein synthesis. *Zoologischer Anzeiger*, 240: 517-523.
- Rebecchi, L., Altiero, T., Guidetti, R., Cesari, M., Bertolani, R., Negroni, M. y Rizzo, A. M. (2009). Tardigrade Resistance to Space Effects: first results of experiments on the LIFE-TARSE mission on FOTON-M3 (September 2007). *Astrobiology*, 9(6):581-91.
- Rebecchi, L., Altiero, T., Cesari, M., Bertolani, R., Rizzo, A. M., Corsetto, P. A. y Guidetti, R. (2011a). Resistance of the anhydrobiotic eutardigrade *Paramacrobiotus richtersi* to space flight (LIFE-TARSE mission on FOTON-M3). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 49 (Suppl 1): 98-103.
- Rebecchi L., Altiero, T., Cesari, M., Marchioro, T., Giovannini, I., Rizzo, A. M., Ganga, P. L., Vikich, M., Donati, A., Zolesi, V., Bertolani, R. y Guidetti, R. (2011b). "TARDIKISS: tardigrades in the mission STS-134, the last of the shuttle Endeavour.". Abstract of V National meeting of ISSBB: Spazio, la Nuova Frontiera per l'Umanita, Padova 17.
- Rocha, A. M., González-Reyes, A., Corronca, J., Rodríguez-Artigas, S., Doma, I., Repp, E. Y., y Acosta, X. (2016). Tardigrade diversity: an evaluation of natural and disturbed environments of the province of Salta (Argentina). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 178(4), 755-764.
- Romano, F. (2003). On Water Bears. *The Florida Entomologist*, 86 (2): 134-137.
- Shaw, A. J., Szövényi, P. y Shaw, B. (2011). Bryophyte diversity and evolution: Windows into the early evolution of land plants. *American Journal of Botany*, 98: 352-369.
- Schuster, R. O. (1971). Tardigrada from Barranca del Cobre, Sinaloa and Chihuahua, Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 84: 2130-224.
- Schuster, R. O. y Greven, H. (2007). A long-term study of population dynamics of tardigrades in the moss *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst. *Journal of Limnology*, 66 (Suppl. 1): 141-151.
- Sharp, A. J., Crum, H. y Eckel, P. M. (eds.). (1994). The moss flora of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 69: 1-1113.
- Stec, D., Smolak, R., Kaczmarek, Ł. y Michalczyk, Ł. (2015). An integrative description of *Macrobiotus paulinae* sp. nov. (Tardigrada: Eutardigrada: Macrobiotidae: *hufelandi* group) from Kenya. *Zootaxa*, 4052 (5): 501-526.
- Stec, D., Morek, W., Gąsiorek, P. y Michalczyk, Ł. (2018). Unmasking hidden species diversity within the *Ramazzottius oberhaeuseri* complex, with an integrative redescription of the nominal species for the family Ramazzottiidae (Tardigrada: Eutardigrada: Parachela). *Systematics and Biodiversity*, 16 (4): 357-376.

- Szymańska, B. (1994). The Tardigrada from the Axel Heiberg Island and the associated bryophyte species. *Folia Entomologica Hungarica*, 55: 359-368.
- Tumanov, D. V. (2006). Five new species of the genus *Milnesium* (Tardigrada, Eutardigrada, Milnesiidae). *Zootaxa*, 1122: 1-23.
- Tumanov, D. V. (2018). *Mesobiotus nikolaevae* sp.n. (Eutardigrada: Macrobiotidae), a new species of Tardigrada from Croatia. *Invertebrate Zoology*, 15(4): 402-419.
- Van Rompu, E. A., de Smet W.H. y Beyens L. (2000). Tardigrada from Victoria Island, Arctic Canada. *Biologisch Jaarboek Dodonaea*, 67: 124-137.
- Vecchi, M., Cesari, M., Bertolani, R., Jönsson, K.I., Rebecchi, L. y Guidetti, R. (2016). Integrative systematic studies on tardigrades from Antarctica identify new genera and new species within Macrobiotidea and Echiniscoidea. *Invertebrate Systematics*, 30(4): 303-322.
- Vega-Aguilar, M. C. y Guajardo-Martínez, G. (2015). Los musgos: hábitat para tardígrados. *Planta*, 9(19): 22-25.
- Word, D. H., Folkerts, G. y Mason, W. H. (1976). A preliminary survey of Alabama tardigrades. *Journal of the Alabama Academy of Science*, 47 (3): 21.
- Zawierucha, K., Dziamięcki, J., Jakubowska, N. Michalczyk, Ł., y Kaczmarek, Ł. (2014). New tardigrade records for the Baltic states with a description of *Minibiotus formosus* sp. n. (Eutardigrada, Macrobiotidae). *ZooKeys*, 408: 81-105.

## **ANEXO**

**Listado de las especies registradas para México, con información de su distribución, sustratos asociados y datos biogeográficos**

**Tabla 40.** Listado de las especies registradas para México, con información de su distribución, sustratos asociados y datos biogeográficos

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Estados	Fuente	Sustrato	Comentarios
Apotardigrada	Apochela	Milnesiidae	<i>Milnesium</i>	<i>M. beasleyi</i> Kaczmarek, Jakubowska & Michalczyk, 2012	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Ceratodon</i> sp.)	Registrado solo en Seydişehir, Turquía
				<i>M. longiungue</i> Tumanov, 2006	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Neckera chlorocaulis</i> y <i>Rhynchostegium scariosum</i> )	Registrado solo en Himalaya, India
				<i>M. tardigradum tardigradum</i> Doyere, 1841	Chihuahua, México, Morelos, Tlaxcala	3, 4, 9	Líquenes ( <i>Usnea</i> sp. y <i>Pseudevenia intensa</i> ), hongos, hepáticas y musgos ( <i>Bratythecium</i> sp., <i>Hypnum amabile</i> y <i>Neckera chlorocaulis</i> )	Cosmopolita
				<i>M. sp. nov.</i>	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Neckera chlorocaulis</i> y <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i> )	Registrada únicamente en la localidad tipo en Tlaxcala, México
Eutardigrada	Hypsibioidea	Hypsibidae	<i>Adropion</i>	<i>A. scoticum scoticum</i> (Murray, 1905)	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Campylopus</i> cf. <i>fragilis</i> , <i>Hypnum</i> sp., <i>Neckera chlorocaulis</i> y <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i> )	Descrita de Escocia. Registrada en Groenlandia y en la región neotropical
				<i>D. chilense</i> Plate, 1888	Chihuahua	3	Hongos Poliporales	Cosmopolita
			<i>Diphascon</i>	<i>D. ongulense</i> (Morikawa, 1962)	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Bryum billarderi</i> , <i>Campylopus</i> cf. <i>fragilis</i> , <i>Hypnaceae</i> sp., <i>Hypnum amabile</i> , <i>Hypnum</i> sp., <i>Leptodontium flexifolium</i> , <i>Neckera chlorocaulis</i> , <i>Pottiaceae</i> sp., <i>Rhexophyllum subnigrum</i> , <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i> y <i>Zygodon obtusifolius</i> )	Desde la Antártida (localidad tipo) hasta el subártico
				<i>H. convergens</i> (Urbanowicz, 1925)	Chihuahua	3	¿?	Cosmopolita
			<i>Hypsibius</i>	<i>H. dujardini</i> (Doyère, 1840)	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Campylopus</i> cf. <i>fragilis</i> , <i>Hypnum</i> sp. y <i>Neckera chlorocaulis</i> )	Se distribuye principalmente en Europa central
				<i>H. pallidus</i> Thulin, 1911	¿?	5	¿?	Cosmopolita
			<i>Itaquascon</i>	<i>I. umbellinae</i> de Barros, 1939	Chihuahua	3	Musgos sobre roca	Registrada de las regiones paleártica y neotropical, y de Nueva Zelanda

**Tabla 40. (Cont.)** Listado de las especies registradas para México, con información de su distribución, sustratos asociados y datos biogeográficos

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Estados	Fuente	Sustrato	Comentarios
Eutardigrada	Hypsibioidea	Hypsibidae	<i>Pilatobius</i>	<i>P. nodulosus</i> (Ramazzotti, 1957)	México	4	Líquenes ( <i>Pseudevenia intensa</i> )	Registrada en la región neártica y en Nueva Zelanda
				<i>P. oculus oculus</i> (Murray, 1906)	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Rhexophyllum subnigrum</i> )	Descrita de Escocia, registrada en Canadá y Estados Unidos
			<i>Platicrista</i>	<i>P. angustata</i> (Murray, 1905)	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Campylopus</i> cf. <i>fragilis</i> , <i>Hypnum amabile</i> , <i>Hypnum</i> sp., <i>Leptodontium flexifolium</i> y Pottiaceae sp.)	Especie holártica con registros adicionales de las islas árticas rusas, Norteamérica y Sudamérica
		Ramazzottiidae	<i>Ramazzottius</i>	<i>R. baumanni</i> (Ramazzotti, 1962)	México, Michoacán, Morelos, Tlaxcala	4, 13	Musgos ( <i>Neckera chlorocaulis</i> y <i>Rhexophyllum subnigrum</i> ) y líquenes ( <i>Usena</i> sp., <i>Pseudevenia intensa</i> y <i>Parmelia cirrhata</i> )	Registrada en las regiones neártica y neotropical, además de Nueva Zelanda
				<i>R. oberhaeuseri</i> (Doyere, 1840)	México, Michoacán, Tlaxcala	4, 13	Musgos ( <i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i> y <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i> ) y líquenes ( <i>Usena</i> sp., <i>Pseudevenia intensa</i> )	Cosmopolita
				<i>R. sp. nov.</i>	Tlaxcala	13	<i>Neckera chlorocaulis</i>	Registrada únicamente en la localidad tipo en Tlaxcala, México
	Isohypsibioidea	Isohypsibiidae	<i>Doryphoribius</i>	<i>D. chetumalensis</i> Pérez-Pech, Anguas-Escalante, Cutz-Pool & Guidetti 2017	Quintana Roo	11	Sedimento del suelo	Registrada únicamente en la localidad tipo en Chetumal, México
				<i>D. evalinae</i> (Marcus, 1928)	Chihuahua	3	Musgos y líquenes	Registrada del reino holártico y la región neotropical
				<i>D. flavus</i> (Iharos, 1966)	Chiapas	7	Musgos sobre tronco	Registrada de las regiones paleártica y neotropical



**Tabla 40. (Cont.)** Listado de las especies registradas para México, con información de su distribución, sustratos asociados y datos biogeográficos

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Estados	Fuente	Sustrato	Comentarios
Eutardigrada	Isohypsibioidea	Isohypsibiidae	<i>Doryphoribius</i>	<i>D. gibber</i> Beasley & Pilato, 1987	Chiapas	7	Musgos sobre tronco	Especie neártica
				<i>D. mexicanus</i> Beasley, Kaczmarek & Michalczyk, 2008	Oaxaca	8	Musgos	Registrada únicamente en la localidad tipo en Yanhuatlán, Oaxaca, México
			<i>Isohypsibius</i>	<i>I. sattleri</i> (Richters, 1902)	Chiapas	7	Musgos sobre roca	Cosmopolita
				<i>I. sculptus</i> (Ramazzotti, 1962)	Morelos	4	Líquenes ( <i>Parmelia cirrhata</i> )	Registrada en las regiones paleártica y neotropical
	Macrobioidea	Macrobotidae	<i>Macrobotus</i>	<i>M. alvaroi</i> Pilato & Kaczmarek, 2007	Chiapas	9	Musgos	Registrada en Costa Rica y México
				<i>M. ascensionis</i> Richters, 1908	¿?	5	¿?	Registrada en la región del Cáucaso
				<i>M. echinogenitus</i> Richters, 1904	México	4	Líquenes ( <i>Parmelia atrata</i> )	Cosmopolita
				<i>M. hufelandi hufelandi</i> C.A.S. Schultze, 1834	Chihuahua, México, Oaxaca, Tlaxcala	1, 3, 4, 13	<i>Selaginella</i> , hepáticas, líquenes sobre rocas y musgos ( <i>Bratythecium</i> sp, <i>Braunia secunda</i> , <i>Bryum argenteum</i> , <i>Campylopus pilifer</i> , <i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i> , <i>Hypnum amabile</i> , Hymnaceae sp., <i>Leptodontium flexifolium</i> , <i>Neckera chlorocaulis</i> , Pottiaceae sp., <i>Ptychomitrium lepidomitrium</i> , <i>Rhynchostegium scariosum</i> , <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i> y <i>Zygodon obtusifolius</i> )	Cosmopolita
				<i>M. ocotensis</i> Pilato, 2006	Chiapas	6	Musgos	Registrada únicamente en la localidad tipo en Chiapas, México
				<i>M. persimilis</i> Binda & Pilato, 1972	Chiapas	9	Musgos	Especie paleártica y registrada también en Australia

**Tabla 40. (Cont.)** Listado de las especies registradas para México, con información de su distribución, sustratos asociados y datos biogeográficos

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Estados	Fuente	Sustrato	Comentarios
Eutardigrada	Macrobitoidea	Macrobiotidae	Macrobiotus	<i>M. rubens</i> Murray, 1907	Oaxaca	1	Musgos y líquenes	Registrada en las regiones afrotropical, neotropical, paleártica y Australia
				<i>M. terminalis</i> Bertolani & Rebecchi, 1993	Oaxaca	9	Musgos	Especie paleártica
			Mesobiotus	<i>M. coronatus</i> Barros, 1942	Chihuahua, Oaxaca	3, 9	Musgos, líquenes y <i>Selaginella</i>	Cosmopolita
				<i>M. harmsworthi harmsworthi</i> Murray, 1907	Oaxaca, Sinaloa	1, 3, 4	<i>Selaginella</i> . Líquenes sobre rocas ( <i>Usnea</i> sp.)	Cosmopolita
				<i>M. simulans</i> (Pilato, Binda, Napolitano & Moncada, 2000)	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i> , <i>Leptodontium flexifolium</i> , <i>Neckera chlorocaulis</i> , <i>Rhexophyllum subnigrum</i> y <i>Rhytidium rugosum</i> )	Registrada en algunas localidades de Italia y Europa central e Israel
			Minibiotus	<i>M. continuus</i> Pilato & Lisi, 2006	Chiapas	7	Musgos sobre roca	Registrada únicamente en la localidad tipo en Chiapas, México
				<i>M. formosus</i> Zawierucha, Dziamięcki, Jakubowska, Michalczyk & Kaczmarek, 2014	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Bratythecium</i> sp., <i>Braunia secunda</i> , <i>Bryum argenteum</i> , <i>Campylopus pilifer</i> , <i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i> , <i>Hypnum amabile</i> , Hypnaceae sp., <i>Leptodontium flexifolium</i> , <i>Neckera chlorocaulis</i> , Pottiaceae sp., <i>Ptychomitrium lepidomitrium</i> , <i>Rhynchostegium scariosum</i> , <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>peruvianum</i> y <i>Zygodon obtusifolius</i> )	Registrada únicamente en la localidad tipo en Letonia
				<i>M. furcatus</i> (Ehrenberg, 1859)	México, Morelos	4	Líquenes ( <i>Usena</i> sp., <i>Pseudevenia intensa</i> y <i>Parmelia cirrhata</i> )	Cosmopolita
				<i>M. intermedius</i> Plate, 1888	Chihuahua	3	Asociación de musgos, líquenes, <i>Selaginella</i> y bromelias	Cosmopolita

**Tabla 40. (Cont.)** Listado de las especies registradas para México, con información de su distribución, sustratos asociados y datos biogeográficos

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Estados	Fuente	Sustrato	Comentarios
Eutardigrada	Macrobiotioidea	Macrobiotidae	<i>Paramacrobotus</i>	<i>P. (Amicrobotus) areolatus</i> (Murray, 1907)	Chihuahua	3	Líquenes, musgos, hongos, bromelias	Cosmopolita
				<i>P. (Paramacrobotus) gerlachae</i> (Pilato, Binda & Lisi, 2004)	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Hypnum amabile</i> ) y <i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	Descrita de Seychelles, en el Océano Índico. Registrada en Costa Rica.
				<i>P. (Paramacrobotus) magdaleneae</i> (Michalczyk & Kaczmarek, 2006)	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Bryum argenteum</i> , <i>Hypnum amabile</i> , <i>Neckera chlorocaulis</i> y <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i> )	Registrada únicamente en la localidad tipo en Costa Rica
				<i>P. (Paramacrobotus) richtersi</i> (Murray, 1911)	Chihuahua	3	Líquenes (sobre troncos de roble y sobre rocas)	Cosmopolita
	Murrayidae	<i>Dactylobiotus</i>	<i>D. parthenogeneticus</i> Bertolani, 1982	Nuevo León	10	Algas en río	Registrado en Europa en Italia, Grecia y España. En América se registró en Argentina y Bolivia	
Heterotardigrada	Arthrotardigrada	Archechiniscidae	<i>Archechiniscus</i>	<i>Archechiniscus</i> sp.	Quintana Roo	12	Sedimento marino	
		Batillipedidae	<i>Batillipes</i>	<i>Batillipes</i> sp.	Quintana Roo	12	Sedimento marino	
		Halechiniscidae	<i>Dipodarctus</i>	<i>Dipodarctus</i> sp.	Quintana Roo	12	Sedimento marino	
			<i>Wingstrandarctus</i>	<i>Wingstrandarctus</i> sp.	Quintana Roo	12	Sedimento marino	
	Echiniscoidea	Echiniscoididae	<i>Echiniscoides</i>	<i>Echiniscoides</i> sp.	Quintana Roo	12	Sedimento marino	
		Echiniscidae	<i>Cornechiniscus</i>	<i>C. lobatus</i> (Ramazzotti, 1943)	Sinaloa	4	Líquenes ( <i>Usnea</i> sp.)	Registrada del reino holártico
			<i>Echiniscus</i>	<i>E. kerguelensis</i> Richters, 1904	México, Morelos	4	Hepáticas y líquenes ( <i>Usnea</i> sp., <i>Pseudevenia intensa</i> y <i>Parmelia cirrhata</i> ).	Cosmopolita (ex. Sudamérica y Asia)
				<i>E. kofordi</i> Schuster & Grigarick, 1966	Chiapas	7	Musgos sobre roca	Registrada en las regiones neártica y neotropical
<i>E. merokensis merokensis</i> Richters, 1904	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Hypnum amabile</i> , <i>Neckera chlorocaulis</i> y <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i> )	Descrita de Noruega y registrada en Norteamérica y Sudamérica				

**Tabla 40. (Cont.)** Listado de las especies registradas para México, con información de su distribución, sustratos asociados y datos biogeográficos

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Estados	Fuente	Sustrato	Comentarios
Heterotardigrada	Echiniscoidea	Echiniscidae	<i>Echiniscus</i>	<i>E. siegristi</i> Heinis, 1911	Oaxaca	1	Musgos y líquenes	Registrada únicamente en la localidad tipo en Oaxaca, México
				<i>E. sylvanus</i> Murray, 1910	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Hypnum amabile</i> , <i>Neckera chlorocaulis</i> y <i>Thuidium delicatulum</i> var. <i>delicatulum</i> .)	Registrada únicamente en la localidad tipo en Canadá
				<i>E. tamus</i> Mehlen, 1969	Chihuahua	3	Bromelias ( <i>Tillandsia recurvata</i> )	Especie neártica
				<i>E. viridis</i> Murray, 1910	Chihuahua	3	Bromelias ( <i>Tillandsia recurvata</i> )	Registrada del reino holártico y la región neotropical
				<i>E. viridissimus</i> Péterfi, 1956	Oaxaca	9	Musgos	Registrada del reino holártico y la región neotropical
			<i>Pseudechiniscus</i>	<i>P. facettalis</i> Peterson, 1951	Chihuahua, Tlaxcala	3, 13	Musgos ( <i>Neckera chlorocaulis</i> ) y líquenes sobre rocas	Cosmopolita (ex. Asia)
				<i>P. gullii</i> Pilato & Lisi, 2006	Chiapas	7	Musgos sobre tronco	Registrada únicamente en la localidad tipo en Chiapas, México
				<i>P. juanita</i> De Barros, 1939	Chiapas	7	Musgos	Registrada de las regiones paleártica y neotropical
				<i>P. spinirectus</i> Pilato, Binda, Napolitano & Moncada, 2001	Tlaxcala	13	Musgos ( <i>Bratythecium</i> sp., <i>Hypnum amabile</i> y <i>Neckera chlorocaulis</i> )	Descrita de Ecuador. Registrada en Costa Rica
				<i>P. suillus</i> Ehrenberg, 1853	Oaxaca	1	Musgos y líquenes	Cosmopolita

1, Heinis, 1911; 2, May, 1948; 3, Schuster, 1971; 4, Beasley, 1972; 5, Ramazzotti y Maucci, 1983; 6, Pilato, 2006; 7, Pilato y Lisi, 2006; 8, Beasley, Kaczmarek y Michalczuk, 2008; 9, Kaczmarek, Diduszko y Michalczuk, 2011; 10, Moreno-Talamantes, Roszkowska, Guayasamín, Flores y Kaczmarek, 2015; 11, Pérez-Pech, Anguas-Escalante, Cutz-Pool y Guidetti, 2017; 12, Pérez-Pech, Anguas-Escalante, de Jesús-Navarrete y Hansen, 2018; 13, Presente estudio.