



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**TARDÍGRADOS (ECDYSOZOA: TARDIGRADA)
ASOCIADOS A MUSGOS (BRYOPHYTA) DE LA
CIUDAD DE MÉXICO Y ESTADOS DE MORELOS,
HIDALGO Y OAXACA, MÉXICO.**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

(BIÓLOGO)

P R E S E N T A:

PARADA ESPINOZA MARTHA ITZEL

**DIRECTOR DE TESIS:
M. en C. JOSÉ LUIS BORTOLINI ROSALES**

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor, por cada esfuerzo que hicieron a lo largo de estos 25 años para que yo pudiera estar en algo que amara, por sus sacrificios y por ser los mejores mamá y papá del mundo.

A Julio César Maya González, por ser mi compañero en este viaje, por recorrer todo el país conmigo ayudándome a ser la mejor tardigradóloga, por haber tenido que aprender a ser un tardigradólogo también aun cuando no era su área, por quedarse conmigo hasta las altas horas de la noche esperando a que terminara, por la paz infinita que me daba en los momentos en donde no podía más y por siempre creer en mí, incluso cuando ni siquiera yo lo hacía. Te amo gordiwi, gracias por todo

A mi abuelita, por su cariño infinito y por haber estado siempre conmigo, creyendo en mí.

A mi hermana, por soportar las noches de desvelo con música en el cuarto para que pudiera llegar hasta donde estoy hoy y por hacerme reír en los momentos donde no podía más.

A princesa, por ser uno de los más grandes amores de mi vida, por ser más que un perrito, por ser la luz de cada uno de mis días.

A mi mejor amiga Chavely, por volverse mi familia, por estar en esos malos momentos logrando que creyera en mí de nuevo, queriéndome ante todo y por dejar que los dinosaurios nos unieran en esta vida.

A la sociedad, Cynthia, Arlette y Dani, por ser las mejores amigas del mundo, por llegar a mi vida en el momento correcto y estar siempre.

A mis amigas y amigos de la licenciatura, por las incontables aventuras que vivimos a lo largo de la carrera, por las noches en la selva o en la playa, por las desveladas haciendo proyectos o en prácticas de campo y por su incondicional apoyo, en especial a María, Chema, Mónica, Jess, Pavel, John, Andy, Remus, Baruch, Memo, José María, Araceli, Ahmet, Ichi, Aldo, a todas y todos los que participaron en Iza, a mis amigos del grupo de Evolución, de Genética, de Entomología, de Paleobiología de dinosaurios y de Algas, y a todas y todos mis compañeros de la carrera.

A Diego Meléndez por el increíble dibujo y tatuaje de tardígrado.

A las profesoras y profesores de la carrera, por todo el conocimiento y apoyo que me brindaron, que me llevaron a estar en donde estoy hoy, sobre todo a los profesores María Muñiz, Jesús Ricardo de Santiago, Felipe Eslava y Ana Adame por hacerme amar los musgos, René Hernández y Ricardo Servín por todo el conocimiento de dinosaurios y por hacer que los amara más, Ricardo Iglesias por sus increíbles enseñanzas, Johnattan Hernández y Arturo García por una de las mejores prácticas de la carrera, Iriliana López, Mariana Cartagena, Yussim Guarneros, Liliana López, Irene Lozano.

A la Sociedad Mexicana de Astrobiología, por esa noche de las estrellas donde me mostraron a los tardígrados y me hicieron amarlos, por la orientación y apoyo que me han dado siempre, por dejarme participar en los talleres contándoles a los demás acerca de algo que amo, en especial a Guadalupe Cordero, Luis Acacio, Greda Campa, Patricia Núñez, Roberto Vázquez y a todas y todos mis amigos de la V Escuela Mexicana de Astrobiología y XI Congreso Nacional de Astrobiología.

A mi familia por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de la manera más sincera a todas y cada una de las diferentes personas que en algún momento se han involucrado en este trabajo, por su infinito apoyo, así como guía, todas con una variedad de actividades, pero tan valiosas unas y otras que gracias a éstas se llevó a buen término esta tesis.

A la M. en C. Verónica Aguilar y al laboratorio de Ecosistemas de Montañas por el apoyo en la elaboración y edición de los mapas.

A la Asociación de Montañismo de la Universidad Nacional Autónoma de México, Alejandra Arguelles, Jimena Bortolini, Brisa Itzel Chávez, Leonardo García, Alfredo Gregorio, Fabiola Luna, Julio César Maya, Jerónimo Bulmaro, Adriana Muñoz, Noé Pacheco, Eugenio Padilla, Carlos Pedraza, Kébek Romero, Alejandra Santiago, José Santiago, todos ellos por la colecta de material biológico antes y durante la elaboración de este trabajo en los diferentes sitios de colecta.

A Ana Isabel Bieler por la toma de fotomicrografías de los organismos en el laboratorio de Microcine de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

A María Berenit Mendoza por la toma de fotomicrografías de Microscopía de Barrido del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

A José Guadalupe Palacios, Blanca Estela Mejía y Ricardo Iglesias, del laboratorio de Microartrópodos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México por facilitarme material biológico para revisión y observaciones en este trabajo, así como por su apoyo y guía cuando inicie con esto.

A Ignacio Mauro Vázquez, Mercedes Guadalupe López, María del Carmen Letechipía, del laboratorio de Acarología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México por facilitarme el uso del microscopio Nomarski para la toma de fotografías.

A Gabino Adrián Rodríguez, Antonio Moreno y Gisela Aramiriam León, por el apoyo logístico y académico en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

A María Muñiz, Jesús Ricardo de Santiago, Felipe Eslava y Ana Adame por su apoyo en la identificación de musgos.

A MIS SINODALES:

Al M. en C. José Luis Bortolini Rosales, Dirección, por ser el primero en creer en este trabajo y en mí, por darme la oportunidad de trabajar con algo que me apasiona, por su apoyo en todo momento, por sus infinitos conocimientos y tutela.

Al Biol. Antonio Moreno Talamantes, por recorrer muchos kilómetros para poder enseñarme a trabajar con estos animales y siempre apoyarme y orientarme en todo.

A la M. en C. Alba Dueñas Cedillo, por el tiempo y esfuerzo que ha dedicado para leer este trabajo.

A la Biol. Gisela Aramiriam León Espinosa, por ser mi sensei y mi amiga desde el principio, por quedarse conmigo hasta las altas horas de la noche enseñándome a montar tardígrados y por siempre estar aquí, orientándome y apoyándome.

A la Dra. Gabriela Castaño Meneses por darme la oportunidad de compartir mi trabajo, aun cuando ya había pasado el tiempo.



**“Las palabras son, en mi no tan humilde opinión,
nuestra más inagotable fuente de magia,
capaces de infringir daño como de remediarlo”**

**-Albus Dumbledore
Personaje de Harry Potter.**

ÍNDICE

Dedicatoria	i
Agradecimientos.....	iii
A mis sinodales:	iv
Resumen.....	1
Abstract.....	2
1. Introducción.....	3
1.1. Taxonomía.....	4
1.2. Morfología.....	7
1.3. Aparato bucofaríngeo	10
1.4. Garras.....	12
1.5. Sistemas	16
1.6. Cutícula.....	17
1.7. Reproducción.....	17
1.8. Criptobiosis.....	18
1.9. Ecología	19
1.9.1. Estudios ambientales	20
1.10. Astrobiología	21
1.11. Bryophyta	21
1.12. Relación musgo-tardígrado.....	22
1.13. Diversidad de tardígrados en México.....	23
2.1. Objetivo general.	27
2.2. Objetivos particulares.....	27
3. Hipótesis	27
4. Material y método	28
4.1. Área de estudio.....	28
4.2. Trabajo de laboratorio	36
5. Resultados	40
5.1. Tardígrados.....	44
5.1.2 Listado de morfoespecies de tardígrados determinadas.....	45
5.1.3. Análisis estadísticos.	113
5.2. Musgos	117
5.3. Tardígrados y musgos	120
6. Discusión	122

6.1. Tardígrados.....	122
6.2. Musgos.	125
7. Conclusiones	126
7.1. Tardígrados.....	126
7.2. Musgos.	127
8. Recomendaciones para estudios futuros	127
8.1. En trabajo de campo	127
8.2. En trabajo de laboratorio	127
9. Literatura consultada	128

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un Heterotardígrado	8
Figura 2. Esquema de un Eutardígrado	9
Figura 3. Esquema de un aparato bucofaríngeo de un Eutardígrado	10
Figura 4. Diferentes tipos de aparatos bucofaríngeos presentes en los tardígrados	12
Figura 5. Esquema de una garra	13
Figura 6. Diferentes tipos de garras presentes en los tardígrados	16
Figura 7. Mapa de la República Mexicana con registro de tardígrados	26
Figura 8. Mapa de los sitios de recolecta en la Ciudad de México, Estados de Hidalgo, Morelos y Oaxaca.	29
Figura 9. Sitios de colecta de la Ciudad de México	30
Figura 10. Sitios de colecta del Estado de Morelos	31
Figura 11. Sitios de colecta del Estado de Hidalgo	32
Figura 12. Sitios de colecta del Estado de Oaxaca	33
Figura 13. Medidas para morfometría	39
Figura 14. Presencia o ausencia de tardígrados en los sitios de colecta de la Ciudad de México	40
Figura 15. Presencia o ausencia de tardígrados en los sitios de colecta del Estado de Morelos	41
Figura 16. Presencia o ausencia de tardígrados en los sitios de colecta del Estado de Hidalgo	42
Figura 17. Presencia o ausencia de tardígrados en los sitios de colecta del Estado de Oaxaca	43
Figura 18. Habito de <i>Macrobotus</i> morfoespecie I	46
Figura 19. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Macrobotus</i> morfoespecie I	46
Figura 20. Habito de <i>Macrobotus</i> morfoespecie II	49
Figura 21. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Macrobotus</i> morfoespecie II	49
Figura 22. Habito de <i>Macrobotus</i> morfoespecie III	52
Figura 23. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Macrobotus</i> morfoespecie III	52
Figura 24. Habito de <i>Macrobotus</i> morfoespecie IV	55
Figura 25. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Macrobotus</i> morfoespecie IV	55
Figura 26. Habito de <i>Macrobotus</i> morfoespecie V	58
Figura 27. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Macrobotus</i> morfoespecie V	58
Figura 28. Habito de <i>Macrobotus</i> morfoespecie VI	61
Figura 29. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Macrobotus</i> morfoespecie VI	62
Figura 30. Habito de <i>Mesobiotus</i> morfoespecie I	64
Figura 31. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Mesobiotus</i> morfoespecie I	64

Figura 32. Habito de <i>Mesobiotus</i> morfoespecie II.....	67
Figura 33. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Mesobiotus</i> morfoespecie II.	68
Figura 34. Habito de <i>Mesobiotus</i> morfoespecie III.....	70
Figura 35. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Mesobiotus</i> morfoespecie III.	70
Figura 36. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Mesobiotus</i> morfoespecie IV.....	73
Figura 37. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Mesobiotus</i> morfoespecie V.....	75
Figura 38. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Mesobiotus</i> morfoespecie VI.....	78
Figura 39. Habito de <i>Milnesium</i> morfoespecie I.....	81
Figura 40. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Milnesium</i> morfoespecie I.....	81
Figura 41. Habito de <i>Milnesium</i> morfoespecie II.....	83
Figura 42. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Milnesium</i> morfoespecie II.....	83
Figura 43. Habito de <i>Milnesium</i> morfoespecie III.....	87
Figura 44. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Milnesium</i> morfoespecie III.....	87
Figura 45. Habito de <i>Milnesium</i> morfoespecie IV.....	89
Figura 46. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Milnesium</i> morfoespecie IV.....	89
Figura 47. Habito de <i>Milnesium</i> morfoespecie V.....	93
Figura 48. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Milnesium</i> morfoespecie V.....	93
Figura 49. Habito de <i>Milnesium</i> morfoespecie VI.....	96
Figura 50. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Milnesium</i> morfoespecie VI.....	96
Figura 51. Habito de <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie I.....	98
Figura 52. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie I.....	98
Figura 53. Habito de <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie II.....	102
Figura 54. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie II.....	102
Figura 55. Habito de <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie II. Microscopía Electrónica de Barrido (MEB).....	103
Figura 56. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie II. Microscopía Electrónica de Barrido (MEB).....	104
Figura 57. Habito de <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie III.....	106
Figura 58. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie III.....	106
Figura 59. Habito de <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie IV.....	109
Figura 60. Detalle de aparato bucal y garras de <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie IV.....	109
Figura 61. Habito de <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie IV. Microscopía Electrónica de Barrido (MEB).....	110
Figura 62. Detalle de garras de <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie IV. Microscopía Electrónica de Barrido (MEB).....	111

Figura 63. Comparación entre la familia Macrobiotidae y Milnesiidae con respecto al número de organismos obtenidos	113
Figura 64. Frecuencia de los géneros de tardígrados en los sitios de colecta	113
Figura 65. Abundancia de los géneros de tardígrados en los sitios de colecta	114
Figura 66. Morfoespecies de tardígrados identificadas para cada género	114
Figura 67. Frecuencia de morfoespecies de tardígrados	115

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la Clase Eutardígrada, Orden Parachela	5
Tabla 2. Taxonomía de la Clase Heterotardígrada, Orden Arthrotardígrada	6
Tabla 3. Taxonomía de la Clase Heterotardígrada, Orden Echiniscoidea.....	7
Tabla 4. Situaciones que inducen la criptobiosis.....	18
Tabla 5. Listado de las especies de tardígrados por estado de la República Mexicana	23
Tabla 6. Muestras de musgos recolectadas con georreferencias	34
Tabla 7. <i>Macrobotus</i> morfoespecie I. Morfometría.	47
Tabla 8. <i>Macrobotus</i> morfoespecie II. Morfometría.	50
Tabla 9. <i>Macrobotus</i> morfoespecie III. Morfometría.	53
Tabla 10. <i>Macrobotus</i> morfoespecie IV. Morfometría.	56
Tabla 11. <i>Macrobotus</i> morfoespecie V. Morfometría.....	59
Tabla 12. <i>Mesobotus</i> morfoespecie I. Morfometría.	65
Tabla 13. <i>Mesobotus</i> morfoespecie III. Morfometría.	71
Tabla 14. <i>Mesobotus</i> morfoespecie V. Morfometría.....	76
Tabla 15. <i>Milnesium</i> morfoespecie II. Morfometría	84
Tabla 16. <i>Milnesium</i> morfoespecie IV. Morfometría	90
Tabla 17. <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie I. Morfometría	99
Tabla 18. <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie III Morfometría	107
Tabla 19. <i>Paramacrobotus</i> morfoespecie IV. Morfometría.....	112
Tabla 20. Relacion altitud (msnm) vs morfoespecies de tardígrados identificados	115
Tabla 21. Especies de musgos identificados en los sitios de colecta con tardígrados	117
Tabla 22. Localidades vs números de muestras de musgos con tardígrados.....	118
Tabla 23. Localidades vs géneros de musgos	118
Tabla 24. Frecuencia de los géneros de musgos en los sitios de colecta	119
Tabla 25. Frecuencia de las especies de musgos en los sitios de colecta.....	120
Tabla 26. Especies de musgos vs morfoespecies de tardígrados.	120

Resumen.

El phylum Tardigrada, es el grupo taxonómico que agrupa a los organismos que se conocen como ositos de agua o puerquitos del musgo, son un grupo de microinvertebrados protostomados semiacuáticos, que presentan una longitud de 50 a 1,200 μm como valores máximos, y en promedio alrededor de 500 μm . El cuerpo de estos organismos se encuentra dividido en pseudosegmentos, presentan cuatro pares de patas que terminan en garras para tardígrados limnoterrestres, y dedos digitados para los marinos; se encuentran en hábitats terrestres, aguas marinas y salobres, así como aguas dulces. Realizan un fenómeno denominado criptobiosis, el cual es el estado en el que un organismo no muestra signos visibles de vida y su actividad metabólica apenas es detectable. Existen poco más de 1,300 especies descritas para todo el mundo, México cuenta con 64 limnoterrestres, 2 dulceacuícolas y 16 especies marinas registradas hasta el momento, lo que representa apenas el 6.3% de la diversidad mundial.

Considerando que México es un país megadiverso, está claro que existe un vacío en el conocimiento de este grupo en el país. A fin de contribuir a disminuir el mismo, se presenta a continuación un análisis taxonómico de los tardígrados presentes la Ciudad de México (considerando cinco alcaldías de la región sur de la misma), en el Norte del Estado de Morelos, Sur del Estado de Hidalgo y Centro del Estado de Oaxaca.

Se colectaron muestras de musgos en un total de 100 sitios, de las cuales, en 33 se observó la presencia de tardígrados. Con este material se determinaron 24 especies de musgos distribuidos en 20 géneros. Se obtuvieron 117 tardígrados, que fueron identificados taxonómicamente hasta morfoespecies. Del total, 20 organismos pertenecen a la familia Milnesiidae, del cual se identificó el género *Milnesium* con seis morfoespecies; 97 organismos pertenecen a la familia Macrobiotidae con seis morfoespecies para el género *Macrobiotus*, seis morfoespecies para el género *Mesobiotus*, y cuatro morfoespecies del género *Paramacrobiotus*.

Se observó una mayor diversidad y abundancia de la familia Macrobiotidae con respecto a la familia Milnesiidae en la mayoría de los sitios de colecta; asimismo se concluye que no existe relación específica entre las especies de musgos y las morfoespecies de tardígrados.

Palabras clave: Ciudad de México, Hidalgo, Morelos, Musgos, Oaxaca, Tardigrada

Abstract.

The Phylum Tardigrade is the taxonomic group that groups the organisms known as water bears or moss piglets, they are a group of semi-aquatic protostomatous microinvertebrates, which have a length of 50 to 1,200 μm as maximum values, and on average around 500 μm . The body of this organisms is divided into pseudosegments, present 4 pairs of legs ending in claws for limnoterrestrial tardigrades and digitate fingers for marine tardigrades; these are found in terrestrial habitats, marine and brackish waters as well as fresh waters. They perform a phenomenon called cryptobiosis, which is the state in which an organism shows no visible signs of life, and its metabolic activity is barely measurable. There are just over 1,300 species described for the entire world, with 64 limnoterrestrial, 2 freshwater and 16 marine species registered for Mexico so far, which represents only 6.3% of the world's diversity.

Considering that Mexico is a megadiverse country, it is clear that there is a gap in the knowledge of this group in the country. In order to contribute to reducing it, a taxonomic analysis of the tardigrades present in Mexico City (considering five mayors of the southern region of the same), in the North of the State of Morelos, South of the State of Hidalgo and Center of the State of Oaxaca, is presented below.

Moss samples were collected in a total of 100 sites, of which tardigrades were observed in 33. With this material it was possible to identify 20 genera of mosses and 24 species of mosses. A total of 117 tardigrades were obtained, which were taxonomically identified down to morphospecies. Of the total, 20 organisms belong to the family Milnesiidae, of which the genus *Milnesium* was identified with six morphospecies; 97 organisms belong to the family Macrobiotidae with six morphospecies for the genus *Macrobiotus*, six morphospecies for the genus *Mesobiotus* and four morphospecies for the genus *Paramacrobiotus*.

A greater diversity and abundance of the family Macrobiotidae with respect to the family Milnesiidae was observed in most of the collection sites; in addition, there was no specific relationship between the moss species and the morphospecies of tardigrades.

Key words: Hidalgo state, Mexico City, Morelos state, Mosses, Oaxaca state, Tardigrada

1. Introducción

Los organismos pertenecientes al Phylum Tardigrada, conocidos de manera vernácula como “ositos de agua” o “puerquitos del musgo” por su aspecto físico y su manera de caminar, fueron descubiertos en 1773 por el zoólogo alemán Johann August Ephraim Goeze, quién, en sus trabajos de insectos y gusanos, observó organismos con movimiento lento, describiendo su anatomía como la forma de un oso, a lo que les adjudicó el nombre de *Kleine Wasser-Bären*, que en alemán significa “ositos de agua” (Greven, 2015). Otros avistamientos fueron en 1774, por parte del clérigo Bonaventura Corti, el cual descubrió su capacidad de “volver a la vida” (Greven, 2018) y en 1775, por J. C. Eichorn, el cual los llamó “*Wasserbär*” que significa “oso de agua” (Ramazzotti y Maucci, 1983).

En 1776, Lazzaro Spallanzani, un biólogo italiano, retoma la característica de su lenta manera de moverse y les asigna el nombre de “il tardigrade” o tardígrado (Nelson *et al.*, 2015), del latín *tardus*, con el significado de lento, y *gradus*, que significa paso.

De acuerdo con el registro más antiguo de un fósil de tardígrado, este data del Cámbrico Medio hace 530 millones de años, localizado en restos de ámbar en Siberia, lo cual, sitúa a los tardígrados como uno de los grupos de pro-artópodos más antiguos (Walossek y Müller, 1997); a comparación de los actuales, los primeros tardígrados sólo contaban con tres pares de patas (Walossek y Müller, 1997). Este Phylum Tardigrada se originó en el medio marino y de ahí comenzó su colonización hacia el medio terrestre (Renaud-Mornant, 1982).

Los tardígrados son invertebrados microscópicos, protostomados con simetría bilateral, cubiertos de una epidermis que puede ser de diferentes formas (lisa, áspera, verrugosa, tuberosas o acanaladas sobre toda la superficie o solo ciertas partes) y que se hace gruesa dorsalmente y en algunas ocasiones también de manera ventral, formando placas que se subdividen en secciones (Nelson, 2002; León -Espinosa, 2018; Meier *et al.*, 2019).

El cuerpo se divide en cinco pseudosegmentos, el primero es el cefálico, los siguientes tres corresponden a los primeros tres pares de patas y un segmento terminal, en este último se observa un par de apéndices locomotores a excepción del género *Hexapodibius*, que presenta estos reducidos (Ramazzotti y Maucci, 1983; Nelson *et al.*, 2010; Kaczmarek, 2020); algunas especies poseen dos ocelos que solamente perciben estímulos luminosos así como una boca provista de hileras de dientes o mucrones (Dewell y Eibye-Jacobsen, 2006; Schuster y Greven, 2007), presentan un par de diplouñas en cada pata, aunque de manera secundaria, pueden estar reducidas

o ausentes; estas estructuras que son de forma y número variables les permiten desplazarse y sostenerse en el sustrato (León-Espinosa, 2018; Kaczmarek, 2020). Estas últimas suelen denominarse por los especialistas anglosajones como “claws”, los especialistas hispanos lo traducen como garras, principalmente por la morfología que presenta esta estructura (Pilato y Binda, 2010; León-Espinosa, 2018).

Poseen una longitud en estadios activos, que varía de 50 a 1,200 μm , sin embargo, los estadios adultos activos miden en promedio entre 250 y 500 μm , excluyendo el cuarto par de patas (Nelson, 2002; Kaczmarek, 2020).

Presentan diversas coloraciones en su cuerpo como café, amarillo, rojo, naranja, rosa o incluso verde, sin embargo, regularmente son grisáceos o transparentes, igualmente pueden presentar pigmentaciones en su estómago, esto debido al alimento que consumen (Nelson *et al.*, 2010).

1.1. Taxonomía

Se han registrado poco más de 1,300 especies que se encuentran distribuidas en diversos ambientes terrestres, dulceacuícolas y marinos (Nelson *et al.*, 2015; León-Espinosa, 2018; Degma *et al.* 2021) y poseen 3 clases válidas, Heterotardigrada, Eutardigrada y Mesotardigrada, aunque esta última es *nomen dubium*. Las características que identifican a Heterotardigrada, es la presencia de una cutícula engrosada, la cual está dividida en placas, y presenta cirros o papilas (Figura 1), mientras que los Eutardígrados poseen una cutícula delgada, y la mayoría de las especies carecen de órganos sensoriales (Figura 2; Ramazzotti y Maucci, 1983). El único ejemplar de Mesotardigrada, *Thermozodium esakii* Rahm 1937, colectado en un manantial cerca de la ciudad de Nagasaki, Japón, presenta características intermedias de la clase Heterotardigrada y Eutardigrada, (Grothman *et al.*, 2017), sin embargo, un terremoto destruyó el lugar y no se pudieron obtener más organismos, por lo que su validez ha sido cuestionada.

Guil *et al.* (2018), propusieron una nueva filogenia tomando en cuenta los multilocus 18S rRNA y 28S rRNA, en el que se plantea la clase Apotardigrada constituida por el orden Apochela (Eutardigrada), sin embargo, Morek *et al.*, (2020), descubrieron una nueva especie del género *Milnesium*, (*Milnesium pentapapillatum*), que implicó un cambio en la diagnosis del orden Apochela, por lo que propusieron suprimir la clase Apotardigrada y restablecer el orden suprimido

de Parachela, ya que este orden, así como Apochela quedarían agrupados bajo la clase de Eutardigrada, reflejando la filogenia de los tardígrados.

Hasta 2021 se han descrito 32 familias de tardígrados, 153 géneros, 1382 especies y 30 subespecies (Degma *et al.*, 2021), siendo la Familia Macrobiotidae (Orden Parachela) una de las más diversas de eutardígrados (Stec *et al.*, 2021). Esta familia incluye especies generalmente limnoterrestres, por lo que, en comparación con el resto de eutardígrados, es más probable obtener tardígrados correspondientes a esta familia cuando se colecta musgo, líquen, hojarasca, por mencionar algunos biotopos (León-Espinosa, 2018).

Dentro de la clase Eutardigrada se presenta el orden Apochela, con una sola familia Milnesiidae, que cuenta con 50 especies descritas agrupadas en cuatro géneros (*Bergtrollus*, *Limmenius*, *Milnesioide* y *Milnesium*), siendo el género *Milnesium* el que cuenta con mayor número de especies (47) (Degma *et al.*, 2021).

De igual forma, en la clase Eutardigrada se presenta el orden Parachela, cuya clasificación taxonómica se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Taxonomía de la clase Eutardigrada, orden Parachela (basado en Degma *et al.*, 2021)

Superfamilia	Familia	Subfamilia	Géneros	Número de especies descritas
Eohypsibioidea	Eohypsibiidae		<i>Austeruseus</i> , <i>Bertolanus</i> , <i>Eohypsibius</i>	13
Hypsibioidea	Calohypsibiidae		<i>Calohypsibius</i>	4
	Hypsibiidae	Diphasconinae	<i>Diphascon</i>	42
		Hypsibiinae	<i>Borealibius</i> , <i>Cryobiotus</i> , <i>Hypsibius</i>	39
		Itaquasconinae	<i>Adropion</i> , <i>Astatumen</i> , <i>Bindius</i> , <i>Guidettion</i> , <i>Insulobiu</i> , <i>Itaquascon</i> , <i>Meplitumen</i> , <i>Mesocrista</i> , <i>Parascon</i> , <i>Platicrista</i> , <i>Raribius</i> , <i>Sarascon</i>	53
		Pilatobiinae	<i>Notahypsibius</i> , <i>Pilatobius</i>	33
		<i>Incerta</i> subfamilia	<i>Acutuncus</i> , <i>Mixibius</i>	12
	Microhypsibiidae		<i>Microhypsibius</i>	4
	Ramazzottiidae		<i>Cryoconicus</i> , <i>Hebesuncus</i> , <i>Ramazzottius</i>	36
Isohypsibioidea	Doryphoribiidae		<i>Apodibius</i> , <i>Doryphoribius</i> , <i>Grevenius</i> , <i>Paradiphascon</i> , <i>Pseudobiotus</i> , <i>Thulinus</i>	96
	Halobiotidae		<i>Halobiotus</i>	5

	Hexapodibiidae		<i>Haplohexapodibius</i> , <i>Haplomacrobotus</i> , <i>Hexapodibius</i> , <i>Parhexapodibius</i>	14
	Isohypsibiidae		<i>Dastychius</i> , <i>Diane</i> a, <i>Eremobiotus</i> , <i>Fractonotus</i> , <i>Isohypsibius</i> , <i>Ursulinus</i> , <i>Vladimirobius</i> , <i>Weglarskobius</i>	103
	<i>Incertae sedis</i>		<i>Ramajendas</i> , <i>Thalerius</i>	5
Macrobotidae	Adorybiotidae		<i>Adorybiotus</i> , <i>Crenubiotus</i>	4
	Macrobotidae		<i>Biserovus</i> , <i>Calcarobiotus</i> , <i>Famelobiotus</i> , <i>Insuetifurca</i> , <i>Macrobotus</i> , <i>Mesobiotus</i> , <i>Minibiotus</i> , <i>Minilentus</i> , <i>Paramacrobotus</i> , <i>Pseudodiphascion</i> , <i>Pseudohexapodibius</i> , <i>Schusterius</i> <i>Tenuibiotus</i> , <i>Xerobiotus</i>	300
	Murrayidae		<i>Dactylobiotus</i> , <i>Macroversum</i> , <i>Murrayon</i>	27
	Richtersiusidae		<i>Diaforobiotus</i> , <i>Richtersius</i>	5
	<i>Incertae sedis</i>	Beornidae		<i>Beorn</i>
	Necopinatidae		<i>Necopinatum</i>	1

En el caso de Heterotardigrada, orden Arthrotardigrada, la clasificación taxonómica se muestra en Tabla 2.

Tabla 2. Taxonomía de la clase Heterotardigrada, orden Arthrotardigrada (basado en Degma *et al.*, 2021)

Familia	Subfamilia	Género	Número de especies descritas
Anisonychidae		<i>Anisonyches</i>	4
Archechiniscidae		<i>Archechiniscus</i>	6
Batillipedidae		<i>Batillipes</i>	38
Coronarctidae		<i>Coronarctus</i> , <i>Trogloarctus</i>	11
Halechiniscidae	Dipodarctinae	<i>Dipodarctus</i>	5
	Euclavarctinae	<i>Clavarctus</i> , <i>Euclavarctus</i> , <i>Exoclavarctus</i> , <i>Moebjergarctus</i> , <i>Parmursa</i> , <i>Proclavarctus</i>	9
	Florarctinae	<i>Florarctus</i> , <i>Ligarctus</i> , <i>Wingstrandarctus</i>	22
	Halechiniscinae	<i>Chrysoarctus</i> , <i>Halechiniscus</i>	14
	Orzeliscinae	<i>Mutaparadoxipus</i> , <i>Opydorscus</i> , <i>Orzeliscus</i> , <i>Paradoxipus</i>	5
	Quisarctinae	<i>Quisarctus</i>	1
Neoarctidae		<i>Neoarctus</i>	1
Neostygarctidae		<i>Neostygarctus</i>	4
Renaudarctidae		<i>Nodarctus</i> , <i>Renaudarctus</i>	3
Stygarctidae	Megastygarctidinae	<i>Megastygarctides</i>	6

	Stygarctinae	<i>Faroestygarctus</i> , <i>Mesostygarctus</i> , <i>Prostygarctus</i> , <i>Stygarctus</i>	<i>Hansenarctus</i> , <i>Parastygarctus</i> , <i>Pseudostygarctus</i> ,	25
Styraconyxidae		<i>Angursa</i> , <i>Cyaegharctus</i> , <i>Paratanarctus</i> , <i>Rhomboarctus</i> , <i>Tetrakentron</i> , <i>Tholoarctus</i>	<i>Bathyechiniscus</i> , <i>Lepoarctus</i> , <i>Pleocola</i> , <i>Raiarctus</i> , <i>Styraconyx</i> ,	42
Tanarctidae		<i>Actinarctus</i> , <i>Tanarctus</i> , <i>Zioella</i>		21

La tabla 3 presenta la clasificación para el orden Echiniscoidea, dentro de la clase Heterotardígrada, siendo la familia Echiniscidae la más diversa.

Tabla 3. Taxonomía de la clase Heterotardígrada, orden Echiniscoidea (basado en Degma *et al.*, 2021)

Familia	Subfamilia	Género	Número de especies descritas
Echiniscoididae	Echiniscoidinae	<i>Echiniscoides</i> , <i>Neoechiniscoides</i>	19
	Isoechiniscoidinae	<i>Isoechiniscoides</i>	2
Carphaniidae		<i>Carphania</i>	1
Oreellidae		<i>Oreella</i>	3
Echiniscidae		<i>Acanthechiniscus</i> , <i>Antechiniscus</i> , <i>Barbaria</i> , <i>Bryochoerus</i> , <i>Bryodelphax</i> , <i>Claxtonia</i> , <i>Cornechiniscus</i> , <i>Diploechiniscus</i> , <i>Echiniscus</i> , <i>Hypechiniscus</i> , <i>Kristenseniscus</i> , <i>Mopsechiniscus</i> , <i>Multipseudechiniscus</i> , <i>Nebularmis</i> , <i>Novechiniscus</i> , <i>Parechiniscus</i> , <i>Proechiniscus</i> , <i>Pseudechiniscus</i> , <i>Stellariscus</i> , <i>Testechiniscus</i> , <i>Viridiscus</i>	293

1.2. Morfología

La identificación de los tardígrados se realiza con base en diferentes estructuras (Figuras 1,2) como la morfología de las garras, la conformación del aparato bucal, la presencia de estructuras sensoriales como cirros, papilas o lamelas, el labrado de la cutícula, presencia de placas cuticulares y en algunos géneros, la ornamentación de los huevos que desova (Ramazzotti y Maucci, 1983).

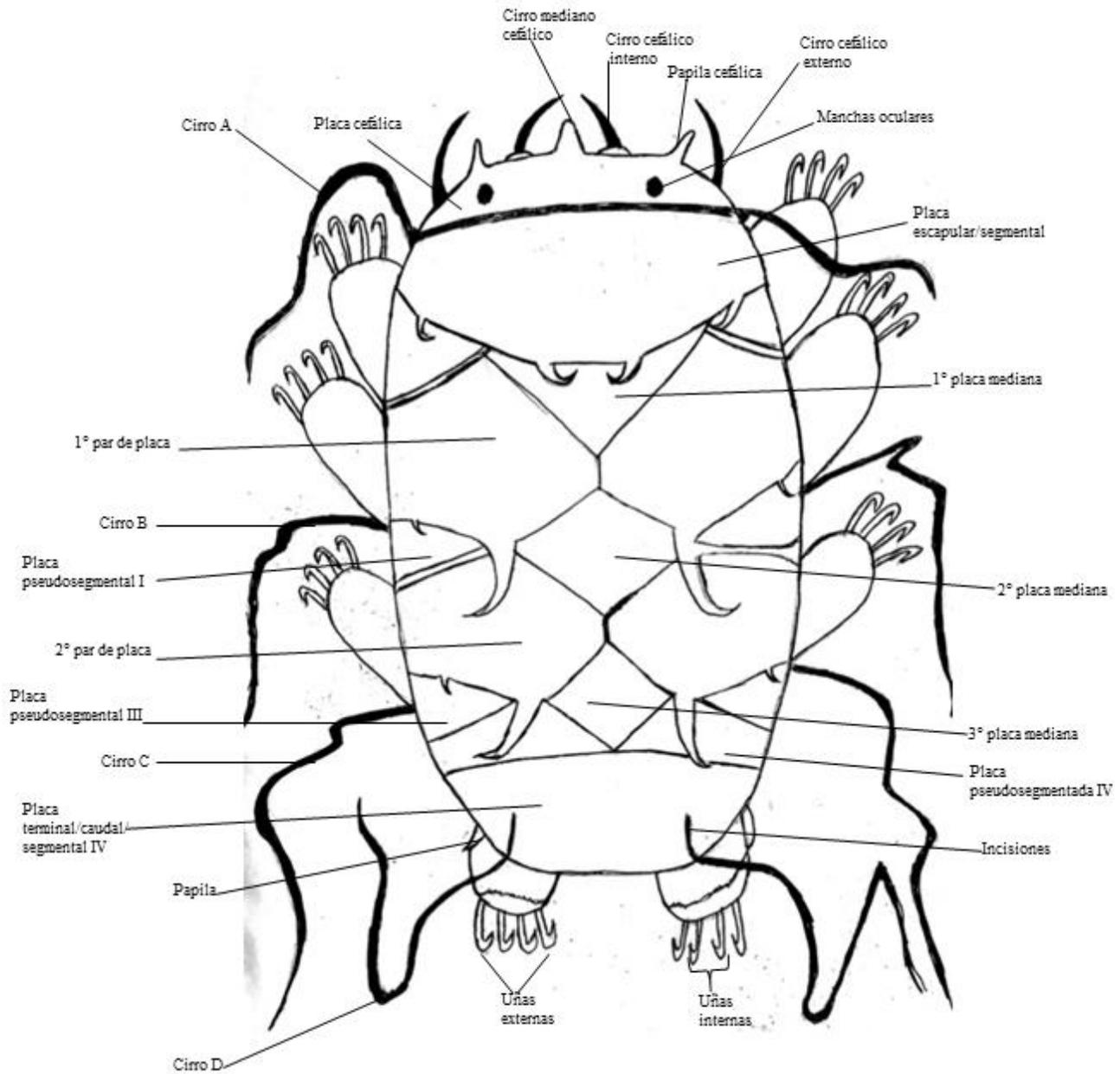


Figura 1. Esquema de un heterotardígrado, se observan sus cirros, papilas, así como su cutícula engrosada dividida en placas. Tomado y editado de Ramazzotti y Maucci (1983); León-Espinosa (2018); Meier *et al.* (2019).

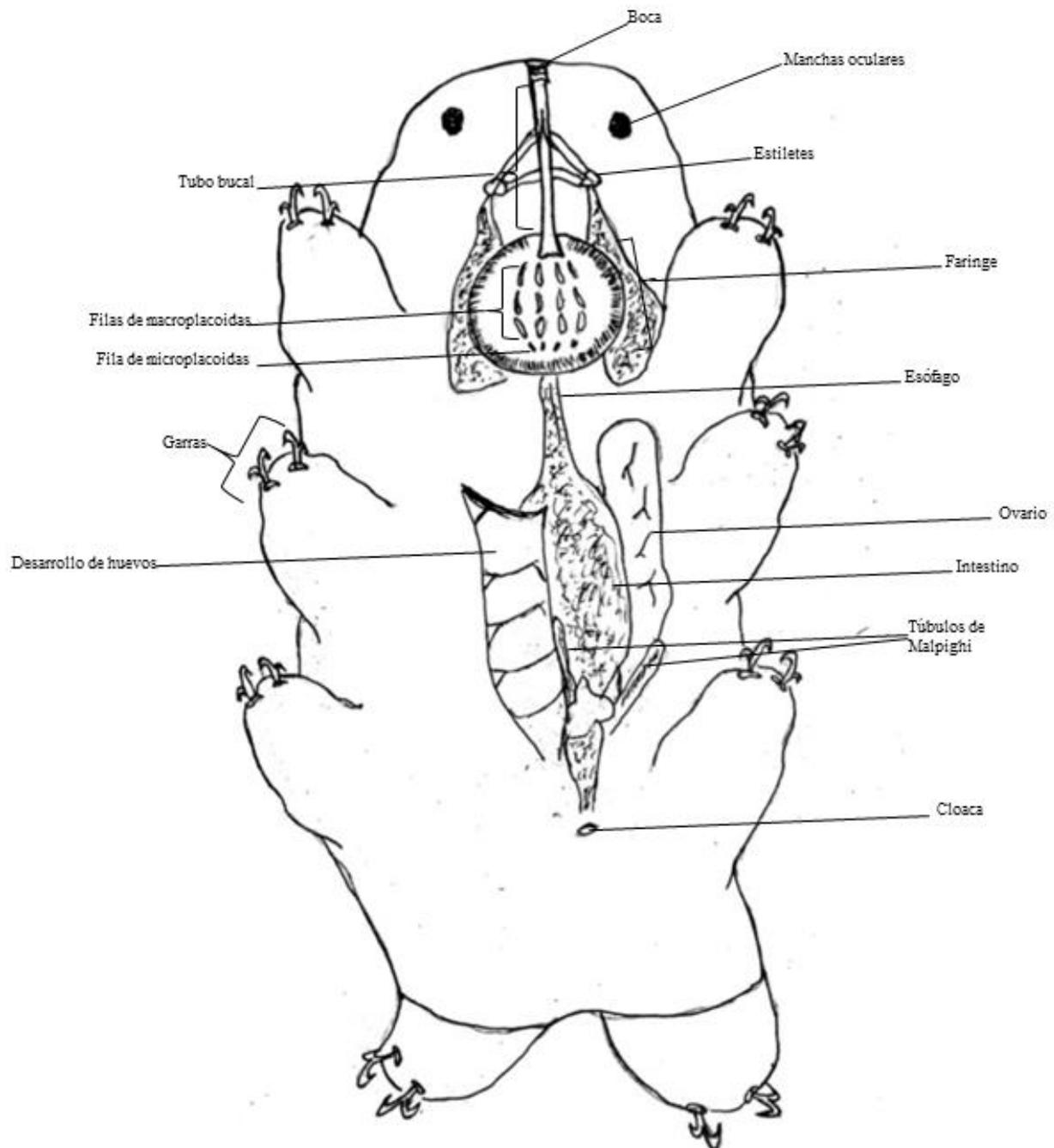


Figura 2. Esquema de un eutardígrado, mostrando su cutícula delgada y sin la presencia de órganos sensoriales. Tomado y editado de Ramazzotti y Maucci (1983); León-Espinosa (2018); Meier *et al.* (2019).

1.3. Aparato bucofaríngeo

El aparato bucofaríngeo comienza con la boca, que se localiza en una extensión del primer segmento del cuerpo y regularmente tiene forma de un cono, esta encierra tanto el anillo de cutícula y de la boca; de manera externa sobre la cutícula, la boca presenta algunas estructuras peribucales también de importancia taxonómica como papilas, lóbulos, lamelas, siendo estas importantes para la identificación a nivel género (Figuras 3, 4; Pilato y Binda, 2010; Nelson *et al.*, 2015).

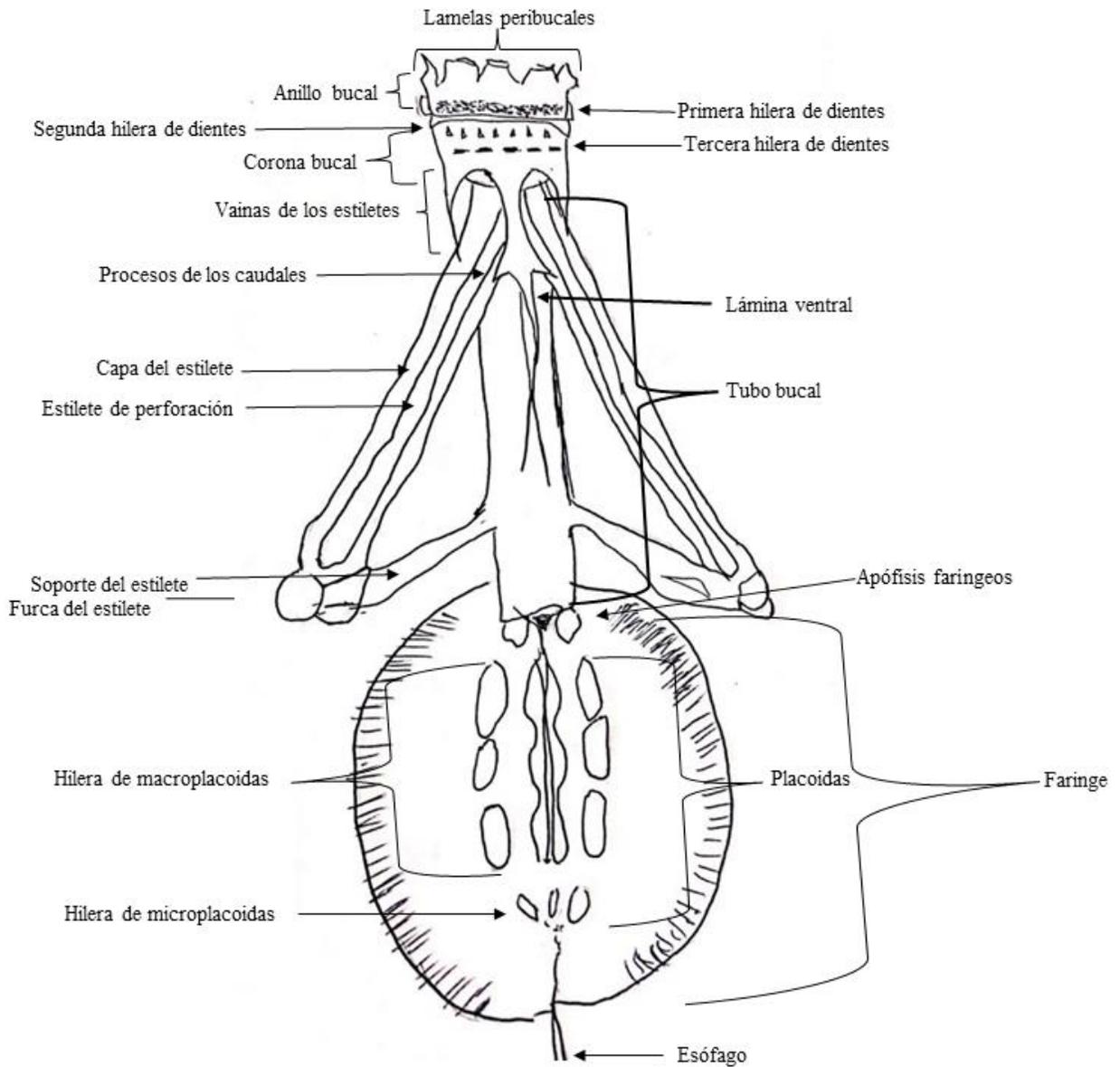


Figura 3. Esquema de un aparato bucofaríngeo de un eutardígrado. Tomado y editado de Pilato y Binda (2010); León-Espinosa (2018).

Después de la boca continúa el tubo bucal que puede ser rígido o flexible dependiendo del grupo taxonómico o especie; en la pared anterior de esta estructura se encuentra la corona bucal, la cual no se presenta en el género *Milnesium* y que rodea ventro-lateralmente el tubo bucal y presenta crestas cuticulares y láminas en donde se unen los músculos del estilete que permite que este se estire, además de apófisis que son importantes taxonómicamente (Guidetti *et al.*, 2012; León-Espinosa, 2018). En el caso de las apófisis cuticulares se pueden observar cuatro, tres en el extremo caudal antes de las placoidas y una apófisis ventral y dorsal anterior, en donde se insertan los músculos del estilete (Pilato y Binda, 2010). Los estiletes son estructuras puntiagudas a manera de dos dientes con diferentes formas, estos pueden ser empujados hacia adelante o pueden ser retraídos y son esenciales para la identificación taxonómica, también presentan soportes, que son extensiones flexibles que fijan la furca de esta estructura al tubo bucal y funcionan como apoyo para el movimiento del estilete (Nelson *et al.*, 2015).

Este tubo conduce al bulbo faríngeo, que funciona como una estructura succionadora compuesta por la faringe, la cual a su vez presenta dentro de ella las placoidas, que se dividen por su tamaño en macroplacoidas y microplacoidas; las placoidas ayudan en la trituración del alimento y como apoyo estructural (Schuster *et al.*, 1980; Pilato, 1982; Ramazzotti y Maucci, 1983; Dewell y Eibye-Jacobsen, 2006); las macroplacoidas y microplacoidas pueden estar no presentes en la faringe, como es el caso de la familia Milnesiidae (Ramazzotti y Maucci, 1983).

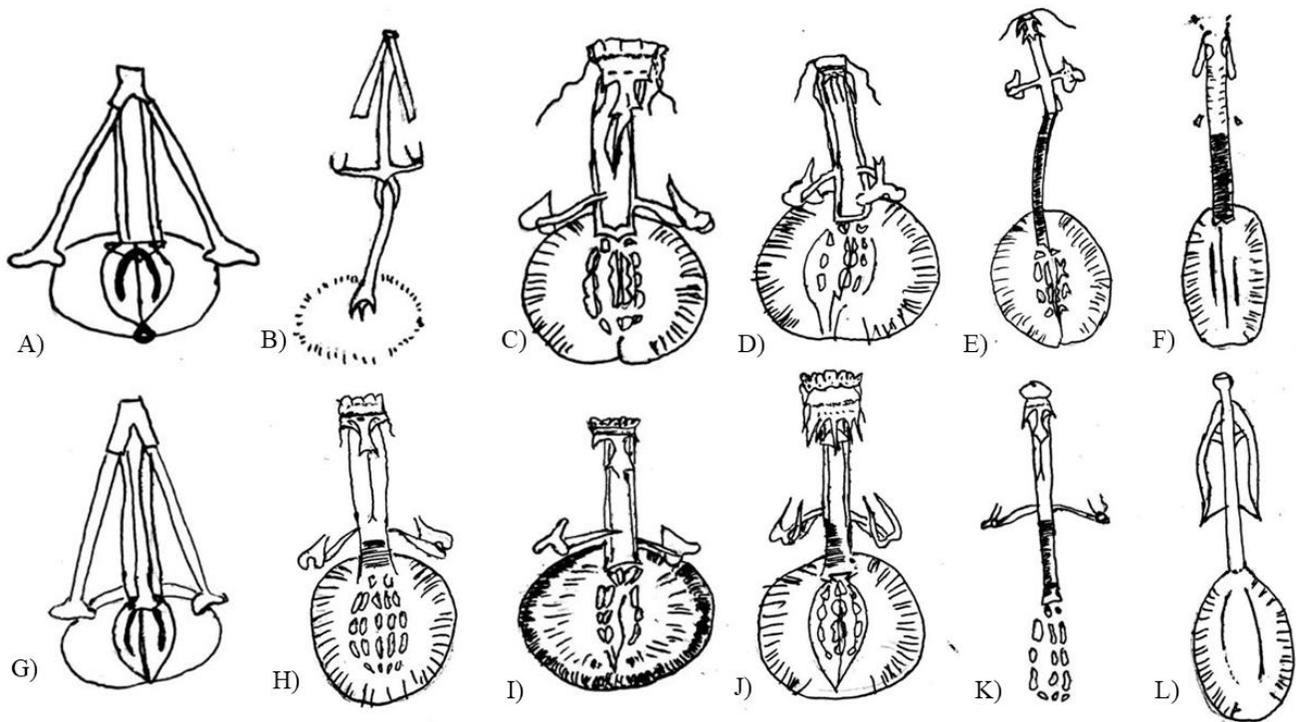


Figura 4. Diferentes tipos de aparatos bucofaríngeos presentes en los tardígrados. A, B y G) Aparatos bucofaríngeos de Heterotardígrados; A) *Echiniscus*; B) *Carphania*; C-F y H-L) Aparatos bucofaríngeos de Eutardígrados; C) *Macrobotus*; D) *Isohypsibius*; E) *Diphascion*; F) *Astatumen*; G) *Pseudoechiniscus*; H) *Insuetifurca*; I) *Pseudobiotus*; J) *Eohypsibius*; K) *Biserovus*; L) *Parascon*. Tomado y editado de Nelson *et al.* (2015); León-Espinosa (2018).

1.4. Garras

En tardígrados limnoterrestres, las garras, que son proyecciones semejantes a uñas, están compuestas por una rama terminal o primaria, con dos pequeños dientes en el ápice denominados puntas accesorias y una rama basal o secundaria que es más externa y no lleva puntas accesorias, estas estructuras por su posición también se dividen en garras externas e internas (Figura 5). Las garras presentan diferentes estructuras que, dependiendo de su posición respecto a sus ramas, así como de la conexión a la unión que presentan con estas, son importantes en el proceso de identificación (Pilato y Binda, 2010; León-Espinosa, 2018).

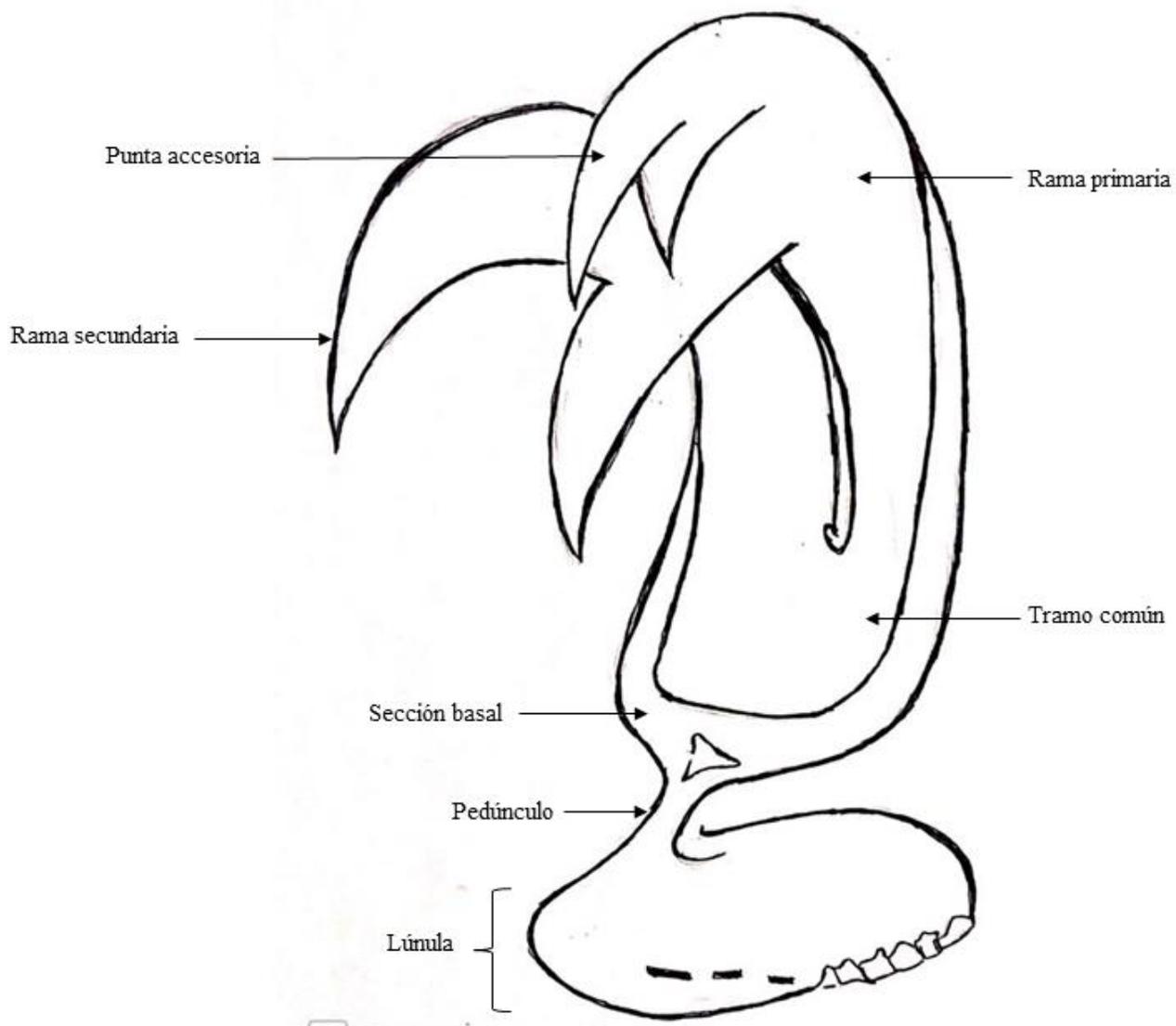


Figura 5. Esquema de una garra. Tomado y editado de Nelson *et al.* (2015); León-Espinosa (2018).

En eutardígrados, las garras podrían considerarse la característica más importante para su identificación, en esta estructura se observan regularmente cuatro garras en cada pata unidas en dos pares, las cuales son conocidas como diplouñas (Figura 5; Ramazzotti y Maucci, 1983; León-Espinosa, 2018). Las garras en eutardígrados se han definido en diferentes tipos dependiendo del orden, ya que los especímenes pertenecientes al orden Parachela, se distinguen de acuerdo con la disposición de su rama primaria y secundaria, las cuales surgen de un tracto basal común, teniendo una secuencia de 2-1-2-1 (secundaria-primaria-secundaria-primaria), con respecto a la línea media

del cuarto par de patas, (Ramazzotti y Maucci, 1983; Nelson, 2001), en la mayoría de estos organismos.

En el caso de los heterotardígrados, se observan cuatro garras libres, redondeadas situadas simétricamente alrededor del eje de la pata, las cuales son lisas o presentan una espina ventral conocida como espuela, que está a diferentes distancias desde la base en las dos uñas internas. En el caso de la familia Echiniscidae las garras llegan hasta una punta gruesa, recta o curva, mientras que en los organismos recién eclosionados se observan solamente dos garras simples (Ramazzotti y Maucci, 1983; León-Espinosa, 2018).

En lo que respecta a los tardígrados marinos, estos presentan modificaciones en la morfología de sus extremidades, dependiendo del medio en dónde se encuentran (León-Espinosa, 2018). Los tardígrados que están en la zona litoral cuentan con ventosas o discos adhesivos para evitar perder el contacto con el sustrato mientras que aquellos que se encuentran en fondos abisales poseen garras o apéndices en forma de garfios (Grimaldi *et al.*, 1983; Ramazzotti y Maucci, 1983; León-Espinosa, 2018).

En los tres casos mencionados existen especies cuyas garras pueden estar reducidas o ausentes (León-Espinosa, 2018)

De acuerdo con distintos autores (Ramazzotti y Maucci, 1983; Nelson, 2001; Claps y Rossi, 2002; Pilato y Binda, 2010; León-Espinosa, 2018) el tipo de garras más comunes dentro de la clase Eutardigrada son:

- Tipo *Macrobotus*, en donde se presenta un borde basal, que varía en forma y tamaño, en cada uña conocido como lúnula, presentándose tanto liso como dentado, las diplouñas no se encuentran conectadas con una secuencia de tipo 2-1-1-2. Dentro de este tipo de garra se presenta dos subtipos, el subtipo “*Hufelandi*” en donde la rama principal y secundaria están unidas por una distancia más o menos larga, para formar una rama basal común, y el subtipo *equinogenitus* en donde las dos ramas divergen entre sí o casi cerca de la base (Figura 6K).
- Tipo *Milnesium*, en esta la rama primaria es larga y delgada con respecto a la secundaria, con espacios muy separados, exhibiendo dos, tres o cuatro espuelas curvas en la mayoría de los casos en esta última rama, también presentan lúnula en la base de la cada diplouña (Figura 6J).
- Tipo *Calohypsibius*, presenta garras pequeñas, en donde la rama secundaria se encuentra unida de forma rígida con la primaria, las dos diplouñas son similares en todas las patas,

siendo su configuración 2-1-2-1, debido a que las garras dobles de cada pata son asimétricas con respecto al plano medio de esta (Figura 6C).

- Tipo *Eohypsibiidae*, cuenta con garras con tres partes distinguibles que son la basal, rama secundaria y primaria, asimismo presentan un *septum*.
- Tipo *Hypsibius*, posee una rama basal externa común larga y delgada que se continua con la rama secundaria, mientras que la primaria se une a esta última por medio de una unión flexible, su sucesión es 2-1-2-1 (Figura 6D).
- Tipo *Isohypsibius*, es parecida al tipo *Hypsibius*, pero se diferencia por el ángulo de la porción basal y la rama secundaria es recta (Figura 6H).
- Tipo *Ramazottius*, la cual presenta las garras de la misma pata extremadamente diferentes entre sí en tamaño y forma. Las garras externas con la sección basal más larga que la rama secundaria; la rama primaria es muy larga y delgada, mientras que las garras internas son cortas y robustas.
- Tipo *Dactylobiotus*, las diploúñas de cada pata son simétricas, es decir que tienen la misma proporción, con respecto al plano medio de la pata y la rama secundaria es más corta que la principal, al menos en los 3 primeros apéndices, también las garras de cada pata están conectadas entre sí, presentan una banda esclerosada y cuentan con una secuencia de 2-1-1-2 (Figura 6F).

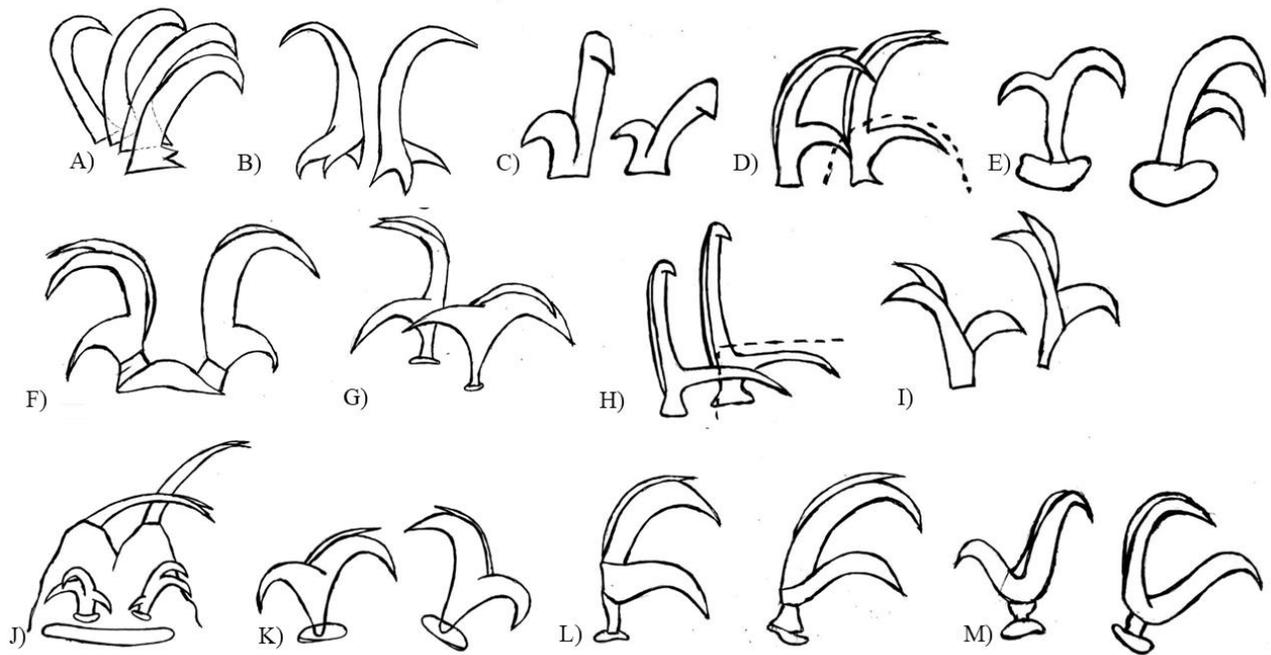


Figura 6. Diferentes tipos de garras presentes en los tardígrados. A-B) Garras de Heterotardígrados; A) *Echiniscus*; B) *Carphania*; C-M) Garras de Eutardígrados; C) *Calohypsibius*; D) *Hypsibius*; E) *Tenuibiotus*; F) *Dactylobiotus*; G) *Thulinus*; H) *Isohypsibius*; I) *Microhypsibius*; J) *Milnesium*; K) *Macrobiotus*; L) *Bertolanius*; M) *Murrayon*. Tomado y editado de Nelson *et al.* (2015); León-Espinosa (2018).

1.5. Sistemas

El sistema nervioso en los tardígrados consiste en un ganglio cerebroide dorsal y un cordón nervioso ventral ganglionado. El sistema digestivo consta de un intestino anterior que está formado por el aparato bucofaríngeo y el esófago, un intestino medio y posterior, además los tardígrados presentan túbulos de Malpighi como sistema excretor y osmoregulador, también una cloaca y a lo largo del cuerpo cuentan con células de almacenaje (Gross *et al.*, 2019). En lo que respecta al sistema muscular este consiste en músculos somáticos, faríngeos, estiletes y viscerales (Nelson *et al.*, 2010), los músculos somáticos están formados por fibras longitudinales que están unidos a la cutícula interna y músculos transversales, que se encuentran de manera ventral, lateral y dorsal (Shaw, 1974; Marchioro *et al.*, 2013).

1.6. Cutícula

Estructuralmente, la cutícula de los tardígrados tiene tres capas fundamentales, las cuales son la epicutícula que se divide en la externa en donde se presentan varios estratos y la interna que es muy variable, la intracutícula y procutícula, igualmente se puede identificar una capa de mucosa sobre la epicutícula, y una capa trilaminar muy entrecruzada entre la epicutícula y la intracutícula (Guidetti *et al.*, 2000).

1.7. Reproducción

Los tardígrados a lo largo de su evolución han experimentado distintos modos de reproducción, que pueden estar determinados por su entorno, cabe mencionar que el dimorfismo sexual, en donde los machos regularmente son más pequeños que las hembras, no se presenta en todas las especies (Bertolani, 1970, 2001).

En el caso de la reproducción de los tardígrados marinos, los cuales son principalmente de la clase Heterotardigrada, se identifican dos tipos, el hermafroditismo y el gonocorismo. El hermafroditismo se caracteriza por la coexistencia de espermatozoides, así como de ovocitos en la gónada y sólo ha sido encontrado en *Orzeliscus belopus* (Suzuki y Kristensen, 2014), mientras que en el gonocorismo una sola especie presenta individuos masculinos y femeninos (Bertolani, 2001).

En algunas especies de tardígrados limnoterrestres se presenta un tipo de reproducción donde no hay una copula como tal, ya que los ovocitos son dejados en la exuvia de la hembra y el macho los fertiliza (Bertolani, 2001). Igualmente, puede presentarse una reproducción asexual, como la partenogénesis, la cual ha sido una estrategia reproductiva para colonizar nuevos hábitats y que se presenta tanto en la clase Eutardigrada como Heterotardigrada, más comúnmente con las hembras, cabe mencionar que el único tipo de partenogénesis encontrado en tardígrados ha sido la telitoquia, que es la producción de hembras diploides a partir de huevos no fertilizados (Bertolani, 2001).

1.8. Criptobiosis

Dentro de los aspectos más sobresalientes de estos organismos es el desarrollo del proceso llamado criptobiosis (muerte en vida), el cual puede definirse como una estrategia evolutiva en la que los organismos superan las condiciones ambientales adversas y entra a un estado de latencia (Keilin, 1959); en el estado criptobiótico el metabolismo, el crecimiento, la reproducción y la senescencia se reducen o cesan temporalmente (Keilin, 1959).

Este término fue acuñado por David Keilin en 1959 y a partir del mismo se derivan varias estrategias, las cuales son inducidas por diferentes estímulos fisiológicos y que les proporciona a estos organismos la capacidad de sobrevivir incluso a condiciones hostiles del ambiente (Kaczmarek *et al.*, 2019). En la tabla 4 se muestran las situaciones que producen cada tipo de criptobiosis:

Tabla 4. Situaciones que inducen la criptobiosis vs tipo de criptobiosis

Situación	Tipo de criptobiosis
Desecación	Anhidrobiosis
Congelación	Criobiosis
Presiones osmóticas elevadas o bajas	Osmobiosis
Deficiencia de oxígeno	Anoxibiosis

Se sugiere que el límite de supervivencia anhidrobiótica para tardígrados, en condiciones de oxígeno atmosférico, puede ser de aproximadamente 10 años como es el caso de un espécimen del género *Macrobiotus*, el cual fue “revivido” después de 7 años (Jönsson y Bertolani, 2001; Tsujimoto *et al.*, 2015).

Se han descrito dos modelos para ejemplificar cómo se desarrolla el envejecimiento en el estado anhidrobiótico, ya que los organismos en dicho estado pueden permanecer en él durante años (Huang y Tunnacliffe, 2006). Los modelos son “La bella durmiente” y la “Imagen de Dorian Gray”, los cuales fueron descritos por Ricci y Pagani en 1997, y posteriormente desarrollados por Ricci y Covino en 2005; el primer modelo consiste en que los organismos anhidrobióticos no envejecen durante la anhidrobiosis, mientras que el segundo menciona que el organismo anhidrobiótico envejece, al menos en las etapas iniciales de dicho estado.

Los organismos que hayan pasado por un estado criptobiótico pasan por un proceso de reparación y recuperación antes que el funcionamiento de sus células y órganos vuelva a la

normalidad y por consiguiente su actividad como en *Hypsibius dujardini* (Wharton, 2002; Kondo *et al.*, 2015); también su capacidad de regeneración se limita a una restauración fisiológica del tejido de algunas células (Bertolani, 1970).

En lo que se refiere a los mecanismos moleculares mediante los cuales los tardígrados sobreviven a estas condiciones adversas, sobre todo a la desecación se ha propuesto a la trehalosa como una de las principales responsables, ya que vitrifica sus células, ayudándolos a sobrevivir, aunque se ha registrado que no todas las especies de este phylum presentan los mismos niveles de esta azúcar (Jönsson y Persson, 2010; Guidetti *et al.*, 2011). Aparte de la ya mencionada, las proteínas de choque térmico, las intrínsecamente desordenadas (IDP's) y enzimas antioxidantes juegan un rol fundamental en el estado criptobiótico, como se ha demostrado en *Hypsibius dujardini*, asimismo generan “protectores” para que la transcripción y la traducción se presente de nuevo, regulando la expresión de ciertos genes (Kondo *et al.*, 2015; Boothby *et al.*, 2017).

1.9.Ecología

Los tardígrados se encuentran en aguas marinas y salobres, como algas, sedimento intermareal e incluso sobre otros organismos como son los percebes, además de en aguas dulces y hábitats terrestres como musgo, liquen, hepáticas, hojarasca, el arbóreo, suelos forestales, en todas las altitudes y latitudes, en algunos ecosistemas antárticos como nunataks, llanuras costeras y glaciares, hasta en las trincheras oceánicas más profundas (Nelson y Marley, 2000; Convey y McInnes 2005; Nelson *et al.*, 2015; Zawierucha *et al.*, 2016, 2019).

Actualmente algunas especies de este phylum son generalistas, ya que presentan una alta plasticidad ecológica, lo que les permite colonizar múltiples hábitats en diversas partes del mundo, mientras que otras con tolerancias más estrechas son raras o endémicas (Nelson *et al.*, 2015), siendo de los factores más importantes que afectan las diferencias en su abundancia y composición de especies las fluctuaciones en la temperatura y la humedad, así como el pH y la altitud, la disponibilidad de alimentos, la preferencia de hábitat y los factores bióticos (Kennedy, 1993; Uhía y Briones, 2002; Johansson *et al.*, 2010).

Son importantes en los ecosistemas ya que fungen como especies carnívoras, omnívoras, herbívoras y microbívoras, también son el alimento de organismos de mayor talla como los ácaros y son controladores de poblaciones, principalmente de los nemátodos (Hallas y Yeates 1972; Guidetti *et al.*, 2012; Guil y Sánchez-Moreno, 2013; Zawierucha *et al.*, 2019) siendo las diatomeas

uno de sus alimentos básicos (Altiero y Rebecchi, 2001), así como material vegetal aunque también acceden a diversos organismos como bacterias, microalgas, rotíferos, nemátodos y otros invertebrados más pequeños, incluso otros tardígrados de menor tamaño (Ramazzotti y Maucci, 1983; Kaczmarek, 2020).

Los principales depredadores de los tardígrados son los ácaros, arácnidos, tisanuros, así como larvas de insectos, protozoos e incluso hongos parasitarios u otros tardígrados de mayor talla como es el caso del género *Milnesium*, aunque también pueden ser ingeridos por otros artrópodos, moluscos y lombrices de tierra (Nelson y Marley, 2000)

1.9.1. Estudios ambientales

Los tardígrados son un componente común de la meiofauna limnoterrestre (Bertolani *et al.*, 2009, González-Reyes *et al.*, 2016), pero se ha observado que la destrucción de microhábitats reducen tanto las poblaciones como la biodiversidad del grupo (Guil *et al.*, 2009; Glime, 2013). Debido a la resistencia que estos invertebrados ofrecen a las alteraciones ambientales se consideran como una herramienta en estos tipos de estudios, especialmente en aquellos relacionados con la contaminación (Sánchez-Moreno *et al.*, 2008; González-Reyes *et al.*, 2016); un ejemplo de esto es un estudio realizado en Argentina, en donde se observó una mayor riqueza de tardígrados en zonas rurales que en zonas urbanas, en esta última zona *Macrobiotus "hufelandi"* y *Milnesium sp.* mostraron una mayor dominancia en comparación con otras especies, ya que estas dos presentan una mayor tolerancia a ambientes hostiles (González-Reyes *et al.*, 2016; Rocha *et al.*, 2016). Algunos otros estudios son el caso de *Thulinus ruffoi*, el cual es resistente a los compuestos presentes en aguas residuales (Jakubowska *et al.*, 2018), así como *Isohypsibius myrops* que fue observado en las plantas de tratamiento de agua en Japón (Utsugi, 2001); también se ha registrado la presencia de *Milnesium tardigradum* y posiblemente una especie del género *Macrobiotus* en las áreas rociadas con Dicloro Difenil Tricloroetano ($(C_{12}H_4)_2CH$ (DDT), que es un componente de los plaguicidas (Barret y Kimmel, 1972).

Además de ser utilizados como indicadores ambientales, los tardígrados podrían funcionar como indicadores de calidad de diferentes sustratos, por su resistencia a metales pesados como el cobre, (Hygum *et al.*, 2017), aunque falta aún mucha investigación que realizar en este tema.

1.10. Astrobiología

Uno de los aspectos más relevantes en el estudio de los tardígrados, es el de representar un modelo de estudio para diversas ramas debido a adaptaciones para la desecación, congelación, también por la tolerancia a la exposición a la radiación ionizante, así como su extrema tolerancia al vacío y a los metales pesados, incluso estudios recientes muestran que sus genes relacionados con el estrés pueden ser transfectadas a células humanas y proporcionar mayor tolerancia a la presión osmótica y radiación ionizante (Jönsson y Bertolani, 2001; Jönsson, 2007; Jönsson y Wojcik, 2017; Hygum *et al.*, 2017; Jönsson, 2019).

Los tardígrados ya han estado expuestos a factores estresantes en el espacio, un ejemplo de esto es la misión rusa FOTON-M3 en 2007, con los proyectos TARDIS, TARSE y RoTaRad, cuyo objetivo fue determinar los rasgos de supervivencia e historia de vida de diferentes especies de tardígrados así como detectar daños en el ADN inducidos por desecación o condiciones espaciales (Jönsson *et al.*, 2008; Jönsson y Persson, 2010); en 2011, con el experimento TARDIKKIS, cuyo objetivo fue profundizar el estudio de supervivencia, rasgos de historia de vida y regulación de antioxidantes en estos animales (Rizzo *et al.*, 2015). En 2019, se lanzó la Arch Mission Foundation, a bordo de la sonda israelí Beresheet, sin embargo, antes de despegar los científicos de la organización decidieron añadir tardígrados en estado criptobiótico, pero debido a errores informáticos, terminó estrellada contra la superficie lunar, dejando a estos invertebrados en este satélite (Mediavilla, 2019). En 2021, los tardígrados participaron en la misión espacial a cargo de la NASA y Space X, en un reabastecimiento de la estación Espacial Internacional (EEI), cuyo objetivo es investigar cómo los factores de estrés del espacio afectan a tardígrados y a partir de esto desarrollar contramedidas para disminuir o anular estos factores (Gaskill, 2021).

1.11. Bryophyta

Las briofitas *sensu lato* son plantas verdes no vasculares, es decir carecen de raíces, tallos y hojas, así como de sistema vascular, siendo sus estructuras de fijación los rizoides (Adame y Eslava, 2018; Acosta, 2021); regularmente son pequeñas, midiendo desde unos milímetros hasta 20-30 cm, pero en ocasiones alcanzan casi 1 metro de longitud como es el caso de *Dawsonia longifolia* (Delgadillo-Moya, 2014). Se encuentran principalmente sobre el suelo, rocas, epífitos, incluso en turberas, pero no son marinos, necesitando una película de agua para llevar a cabo sus funciones, incluso se pueden encontrar en sitios áridos siendo el hábitat de múltiples organismos, principalmente invertebrados (Delgadillo-Moya, 2014). En las briofitas *sensu lato* la fase

dominante es la gametofítica mientras que la esporofítica depende de esta, siendo su ciclo de vida haplo-diplobióntico, heteromórfico (Delgadillo-Moya, 2014; Adame y Eslava, 2018). Pueden ser talosas o foliosas (Adame y Eslava, 2018).

Las briofitas se encuentran representadas por aproximadamente 20,000 especies, las cuales se encuentran distribuidas en más de 1200 géneros, siendo el segundo grupo de plantas terrestres más diversas, después de las angiospermas (Estébanez Pérez *et al.*, 2011), con tres órdenes:

- Anthocerotophyta o comúnmente llamados antoceros, con 400 especies a nivel mundial y 9 especies en México distribuidas en cuatro géneros con tres especies endémicas de nuestro país (Delgadillo-Moya y Juárez-Martínez, 2014; Adame y Eslava, 2018).
- Marchantiophyta, conocidas comúnmente como hepáticas, cuenta con 8500 especies en el mundo y en México se han registrado 592 especies en 122 géneros con 105 especies endémicas de nuestro país (Delgadillo-Moya y Juárez-Martínez, 2014; Adame y Eslava, 2018).
- Bryophyta *sensu stricto* o llamados comúnmente como musgos, que presentan alrededor de 10,000 especies con 984 descritas en México, con 77 especies endémicas de nuestro país (Delgadillo-Moya y Juárez-Martínez, 2014; Adame y Eslava, 2018).

1.12. Relación musgo-tardígrado

La relación entre los organismos y su hábitat es fundamental, ya que de esta depende, en gran medida, tanto la abundancia como la diversidad de organismos que se encuentren. Los musgos son un hábitat de gran importancia para distintos grupos de invertebrados debido a su estabilidad ante variaciones microclimáticas, ya que les permite sobrevivir a condiciones ambientales hostiles, como pueden ser ambientes áridos o grandes altitudes, por lo que son ocupados por diversos organismos como refugio o como un hábitat permanente (Cutz *et al.*, 2010). Con lo que respecta a la relación musgo-tardígrado ésta ya ha sido documentada por algunos investigadores como Kathman y Cross (1991), Nelson y Adkins (2001), mostrando en ambos estudios que no existe una relación específica entre la especie de musgo y la especie de tardígrado, sin embargo, es necesario continuar investigando si dicha relación puede existir, pero a un nivel taxonómico superior como lo es familia u orden.

1.13. Diversidad de tardígrados en México

En nuestro país hasta la fecha sólo se han registrado 82 especies de tardígrados, 64 de ellos limnoterrestres, 2 de agua dulce y 16 marinos, de las poco más de 1300 especies descritas para el mundo (León-Espinosa 2018; Moreno-Talamantes *et al.*, 2020; Degma *et al.*, 2021) (Tabla 5). Hasta la fecha existen registro de tardígrados en 21 estados de la República Mexicana, así como para el Golfo de México y el Caribe Mexicano (Figura 7).

Los estudios taxonómicos en México son pocos en comparación con otros países como Estados Unidos y Polonia, debido a los pocos especialistas que existen en este grupo en nuestro país (León-Espinosa, 2018), además aquellos que sólo se enfocan en musgos y su relación con tardígrados son aún menores, por lo cual, es de suma importancia seguir investigando a estos invertebrados para así aumentar el conocimiento que se tiene hasta la actualidad.

Tabla 5. Listado de las especies de tardígrados por estado de la República Mexicana. 1, Anguas-Escalante *et al.*, 2018; 2, Anguas-Escalante *et al.*, 2020; 3, Beasley, 1972; 4, Beasley *et al.*, 2008; 5, Crisanto *et al.*, 2019; 6, Dueñas- Cedillo, 2012; 7, Dueñas-Cedillo *et al.*, 2020; 8, Heinis, 1911; 9, Kaczmarek *et al.*, 2011; 10, León-Espinosa, 2018; 11, May, 1948; 12, Moreno-Talamantes *et al.*, 2015; 13, Moreno-Talamantes y León-Espinosa, 2019; 14 Moreno *et al.*, 2019; 15, Moreno-Talamantes, *et al.*, 2020; 16, Núñez *et al.*, 2021; 17, Pérez-Pech *et al.*, 2016; 18, Pérez-Pech *et al.*, 2017a; 19, Pérez-Pech *et al.*, 2017b; 20, Pérez-Pech *et al.*, 2018a; 21, Pérez-Pech, 2018b; 22, Pérez-Pech, *et al.*, 2020a; 23, Pérez-Pech, *et al.*, 2020b; 24, Pilato y Lisi, 2006; 25, Romero, 2017; 26, Romero, 2021; 27, Schuster, 1971.

Localidad	Especies
Baja California	<i>Echiniscus becki</i> ¹⁶ , <i>Echiniscus blumi</i> ¹⁶ , <i>Milnesium</i> sp. ¹⁶ y <i>Ramazzottius</i> sp. ¹⁶
Ciudad de México	<i>Milnesium</i> sp. ⁶ , <i>Famelobiotus scalicii</i> ⁶ , <i>Mesocrista</i> sp. ⁶ ., <i>Diphascon (Adropion)</i> sp. ⁶ .
Coahuila	<i>Cornechiniscus lobatus</i> ¹⁰ , <i>Mesobiotus diffusus</i> ¹⁰ , <i>Milnesium cassandrae</i> ¹⁵ , <i>Hypsibius</i> cf. <i>convergens</i> ¹⁴ , <i>Diphascon pingue pingue</i> ¹⁴ , <i>Astatumen trinacrie</i> ¹⁴
Chiapas	<i>Macrobiotus persimilis</i> ⁹ , <i>Milnesium t. tardigradum</i> ⁹ , <i>Macrobiotus terminalis</i> ⁹ , <i>Macrobiotus alvaroli</i> ⁹ , <i>Doryphoribius flavus</i> ²⁴ , <i>Doryphoribius gibber</i> ²⁴ , <i>Isohypsibius sattleri</i> ²⁴ , <i>Mesobiotus contii</i> ²⁴ , <i>Minibiotus continuus</i> ²⁴ , <i>Pseudechiniscus gullii</i> ²⁴ , <i>Echiniscus kofordi</i> ²⁴ , <i>Pseudechiniscus juanita</i> ²⁴ , <i>Mesobiotus contii</i> ²⁴ , <i>Macrobiotus alvaroi</i> ⁹ , <i>Dianeia sattleri</i> ²⁴ , <i>Doryphoribius gibber</i> ²⁴ , <i>Doryphoribius flavus</i> ²⁴ , <i>Viridiscus viridis</i> ²⁷ , <i>Kristenseniscus kofordi</i> ²⁴
Chihuahua	<i>Diphascon (Diphascon) chilense</i> ²⁷ , <i>Doryphoribius evelinae</i> ²⁷ , <i>Echiniscus</i> cf. <i>tamus</i> ²⁷ , <i>Echiniscus viridis</i> ²⁷ , <i>Hypsibius</i> cf. <i>convergens</i> ²⁷ , <i>Itaquadon umbellinae</i> ²⁷ , <i>Mesobiotus coronatus</i> ²⁷ , <i>Macrobiotus h. "Hufelandi"</i> ²⁷ , <i>Minibiotus</i> cf. <i>intermedius</i> ²⁷ ,

	<i>Minibiotus continuus</i> ²⁴ , <i>Paramacrobotus aerolatus</i> ²⁷ , <i>Paramacrobotus richtersi</i> ²⁷ , <i>Pseudoechiniscus facettalis</i> ²⁷ , <i>Macrobotus pesimilis</i> ⁹ , <i>Macrobotus ocotensis</i> ²⁴ , <i>Milnesium tardigradum tardigradum</i> ²⁷ , <i>Pseudechiniscus cf. juanita</i> ²⁴ , <i>Pseudechiniscus facettalis</i> ²⁷ , <i>Echiniscus cf. tamus</i> ²⁷ ,
Guerrero	<i>Macrobotus sp.</i> ²⁵ , <i>Pseudoechiniscus sp.</i> ²⁵
Hidalgo	<i>Milnesium sp.</i> ¹⁸ , <i>Isohypsibius sp.</i> ¹⁸ , <i>Diphascon sp.</i> ¹⁸ , <i>Paramacrobotus sp.</i> ¹⁸ , <i>Macrobotus sp.</i> ²⁵ , <i>Mesobiotus sp.</i> ¹⁸ , <i>Echiniscus sp.</i> ¹⁸ , <i>Pseudoechiniscus sp.</i> ²⁵ . <i>Minibiotus sp.</i> ²⁵ .
Jalisco	<i>Macrobotus sp.</i> ²⁵ , <i>Minibiotus sp.</i> ²⁵
México	<i>Minibiotus sp.</i> ²⁵ , <i>Milnesium sp.</i> ²⁵ , <i>Macrobotus sp.</i> ²⁵ , <i>Pseudoechiniscus sp.</i> ²⁵ , <i>Diphascon nodulosum</i> ³ <i>Ramazzottius oberhaeuseri</i> ³ , <i>Ramazzottius baumanni</i> ³ , <i>Macrobotus furcatus</i> ³ , <i>Macrobotus echinogenitus</i> ³ , <i>Milnesium tardigradum tardigradum</i> ³ , <i>Macrobotus h. "Hufelandi"</i> ²⁷ , <i>Echiniscus kerguelensis</i> ³ , <i>Macrobotus furcatus</i> ³ , <i>Pilatobius nodulosus</i> ³ , <i>Minibiotus citlalium</i> ⁷ , <i>Calohypsibius cf. ornatus</i> ⁷ , <i>Diphascon mitrense</i> ⁷ , <i>Diphascon pingue</i> ⁷ <i>Hypsibius sp.</i> , <i>Hypsibius cf. microps</i> ⁷ . <i>Hypsibius cf. pallidus</i> ⁷ , <i>Adropion scoticum</i> ⁷ , <i>Minibiotus sidereus</i> ⁷ , <i>Macrobotus sp.</i> ⁷ , <i>Hypechiniscus sp.</i> ²⁶ , <i>Milnesium cf. reductum</i> ²⁶ , <i>Calohypsibius sp.</i> ²⁶ , <i>Adropion scotium</i> ²⁶ , <i>Adropion aff. onorei</i> ²⁶ , <i>Notahypsibius cf. scaber</i> ²⁶ , <i>Pilatobius oculatus</i> ²⁶ , <i>Microhypsibius cf. japonicus</i> ²⁶ , <i>Macrobotus aff. Hufelandi</i> ²⁶ , <i>Mesobiotus aff. pseudoblocki</i> ²⁶ , <i>Mesobiotus sp.</i> ²⁶ , <i>Crenobiotus cf. crenolatus</i> ²⁶ , <i>Ramazzottius cf. oberhaeuseri</i> ³ , <i>Ramazzottius baumanni</i> ³
Michoacán	<i>Ramazzottius oberhaeuseri</i> ³ , <i>Ramazzottius baumanni</i> ³
Morelos	<i>Macrobotus furcatus</i> ³ , <i>Isohypsibius sculptus</i> ³ , <i>Echiniscus kerguelensis</i> ³ , <i>Macrobotus sp.</i> ²⁵ , <i>Pseudoechiniscus sp.</i> ²⁵ , <i>Ramazzottius baumanni</i> ³ , <i>Milnesium tardigradum tardigradum</i> ⁹ , <i>Echiniscus kerguelensis</i> ³
Nuevo León	<i>Paramacrobotus (P). cf. klymenki</i> ¹⁰ , <i>Calcarobiotus (D). cf. polygonatus</i> ¹⁰ , <i>Minibiotus sp.</i> ¹⁰ , <i>Milnesium cassandrae</i> ¹⁵ , <i>Milnesium sp.</i> ¹⁵ , <i>Milnesium barbadosense</i> ¹⁵ , <i>Milnesium fridae</i> ¹⁵ , <i>Dactylobiotus parthenogeneticus</i> ¹² , <i>Diaforobiotus islandicus</i> ¹³ , <i>Minibiotus cf. intermedius</i> ¹⁴ , <i>Minibiotus continuus</i> ¹⁴ , <i>Macrobotus kazmierskii</i> ¹⁴ , <i>Macrobotus cf. acadianus</i> ¹³ , <i>Doryphoribius quadrituberculatus</i> ¹⁴ , <i>Doryphoribius dawkinsi</i> ¹⁴ , <i>Ramazzottius cf. oberhaeuseri</i> ¹⁴ , <i>Pilatobius nodulosus</i> ¹⁴ , <i>Hypsibius cf. convergens</i> ¹⁴ , <i>Diphascon pingue pingue</i> ¹⁴ , <i>Astatumen trinacrie</i> ¹⁴ , <i>Adropion carolae</i> ¹⁴ , <i>Pseudechiniscus cf. juanita</i> ¹⁴ , <i>Echiniscus cf. tamus</i> ¹⁴ , <i>Echiniscus manuelae</i> ¹⁴ , <i>Cornechiniscus lobatus</i> ¹⁴ , <i>Diaforobiotus islandicus</i> ¹³
Oaxaca	<i>Macrobotus terminalis</i> ⁹ , <i>Mesobiotus coronatus</i> ⁹ , <i>Echiniscus viridissimus</i> ⁴ , <i>Doryphoribius mexicanus</i> ⁴ , <i>Echiniscus siegristii</i> ⁸ , <i>Mesobiotus h. harmsworthi</i> ⁸ , <i>Macrobotus h. "Hufelandi"</i> ³ , <i>Macrobotus h. harmsworthi</i> ⁸ , <i>Macrobotus rubens</i> ⁸ , <i>Pseudoechiniscus</i>

	<i>juanitae</i> ⁸ , <i>Macrobiotus ascensionis</i> ⁸ , <i>Pseudechiniscus suillus</i> ⁸ , <i>Virudiscus virisissimus</i> ⁹
Puebla	<i>Minibiotus</i> sp. ²⁵ , <i>Milnesium</i> sp. ²⁵ , <i>Pseudoechiniscus</i> sp. ²⁵ .
Querétaro	<i>Macrobiotus</i> sp. ²⁵ , <i>Minibiotus</i> sp. ²⁵ , <i>Milnesium</i> sp. ²⁵
Quintana Roo	<i>Ramazzottius</i> sp. ¹ , <i>Mesobiotus</i> sp. ¹ , <i>Milnesium</i> sp. ¹ , <i>Macrobiotus</i> sp. ¹⁷ , <i>Echiniscus</i> sp. ¹⁷ , <i>Doryphoribius chetumalensis</i> ¹⁹ , <i>Batillipes</i> sp. ²⁰ , <i>Macrobiotus</i> cf. <i>polyopus</i> ⁵ , <i>Macrobiotus</i> gr. “ <i>Hufelandi</i> ” ⁵ , <i>Macrobiotus</i> aff. <i>semmelweisi</i> ⁵ , <i>Milnesium krzysztofi</i> ⁵ , <i>Mesobiotus</i> gr. <i>harmsworthi</i> ⁵ , <i>Kristenseniscus kofordi</i> ⁵ , <i>Dipodarctus</i> sp. ²⁰ , <i>Wingstrandarctus</i> sp. ²⁰ , <i>Batillipes</i> sp. ²⁰ , <i>Archechiniscus</i> sp. ²⁰ , <i>Echiniscoides</i> sp. ²⁰ , <i>Anisonyches</i> sp. ²¹ , <i>Megastygartides</i> sp. ²¹ , <i>Styraconyx</i> sp. ²¹ , <i>Paratanarctus</i> sp. ²¹ , <i>Florarctinae</i> sp. ²¹ , <i>Batillipes</i> aff. <i>tubernatus</i> ²¹ , <i>Echiniscoides sigismundi</i> subsp. ²¹
San Luis Potosí	<i>Milnesium</i> sp. ¹⁵
Sinaloa	<i>Mesobiotus h. harmsworthi</i> ³ , <i>Cornechiniscus lobatus</i> ³
Sonora	<i>Haplomacrobiotus hermosillensis</i> ¹¹
Tamaulipas	<i>Milnesium barbadosense</i> ¹⁵ , <i>Milnesium cassandrae</i> ¹⁵ , <i>Macrobiotus anemone</i> ¹³
Tlaxcala	<i>Barbaria</i> cf. <i>madonnae</i> ²⁶ , <i>Claxtonia</i> sp. ²⁶ , <i>Echiniscus</i> grupo <i>blumicanadensis</i> ²⁶ , <i>Pseudoechiniscus</i> grupo <i>suillus/facettalis</i> ²⁶ , <i>Milnesium</i> sp. ²⁶ , <i>Milnesium granulatatum</i> ²⁶ , <i>Calohypsibius</i> cf. <i>ornatus</i> ²⁶ , <i>Adropion scoticum</i> ²⁶ , <i>Adropion</i> aff. <i>onorei</i> ²⁶ , <i>Diphascion pingue</i> ²⁶ , <i>Guidettion carolae</i> ²⁶ , <i>Guidettion prorsirostre</i> ²⁶ , <i>Hypsibius convergens</i> ²⁶ , <i>Hypsibius</i> cf. <i>exemplaris</i> ²⁶ , <i>Pilatobius bullatus</i> ²⁶ , <i>Pilatobius oculatus</i> ²⁶ , <i>Pilatobius</i> sp. ²⁶ ., <i>Platicrista</i> sp. ²⁶ , <i>Grevenius</i> sp. ²⁶ , <i>Parhexapodibius</i> cf. <i>bactrianus</i> ²⁶ , <i>Ursulinus</i> sp. ²⁶ , <i>Macrobiotus</i> cf. “ <i>Hufelandi</i> ” ²⁶ , <i>Mesobiotus coronatus</i> ²⁶ , <i>Minibiotus</i> sp. ²⁶ , <i>Crenubiotus</i> cf. <i>crenulatus</i> ²⁶ .
Yucatán	<i>Florarctus yucatanensis</i> ²
Golfo de México	<i>Coronarctus mexicus</i> ²³
Caribe Mexicano	<i>Styraconyx robertoi</i> sp. nov. ²²

Figura 7. Mapa de la República Mexicana mostrando los estados que cuentan con registros de tardígrados.



Algunos de los estudios taxonómicos realizados por investigadores mexicanos y que han contribuido para aumentar el conocimiento de tardígrados en nuestro país son los de Dueñas-Cedillo (2012), Dueñas-Cedillo *et al.* (2020), León-Espinosa (2018), Moreno-Talamantes *et al.* (2015, 2019, 2020), Moreno-Talamantes y León-Espinosa (2019), Núñez *et al.* (2021), Pérez-Pech *et al.* (2016, 2017, 2018, 2020) y Romero (2017, 2021). A partir de estos registros se puede observar que México cuenta tanto con Eutardigrada como Heterotardigrada, así como tardígrados marinos, siendo la familia Macrobiotidae y Echiniscoididae las que presentan mayor cantidad de registros. Actualmente hay dos especies nuevas para el género *Milnesium*, las cuales son *Milnesium fridae* y *Milnesium cassandrae*, las cuales fueron descritas por Moreno-Talamantes *et al.* (2019, 2020) y que sólo han sido observadas en nuestro país.

Debido al escaso conocimiento en diferentes rubros de estos organismos en México, el propósito del presente trabajo es conocer la diversidad del phylum Tardigrada presente en musgos en la Ciudad de México y los Estados de Morelos, Hidalgo y Oaxaca, México.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general.

Conocer la diversidad de tardígrados (Ecdysozoa: Tardigrada) asociada a musgos (Bryophyta) en la Ciudad de México, y los Estados de Morelos, Hidalgo y Oaxaca.

2.2. Objetivos particulares.

- Conocer las especies de tardígrados asociados a musgos de la Ciudad de México y Estados de Morelos, Hidalgo y Oaxaca, México.
- Conocer las especies de musgos de la Ciudad de México y Estados de Morelos, Hidalgo y Oaxaca, México.
- Conocer la relación entre las especies de musgos y las especies de tardígrados asociados a éstos.

3. Hipótesis

A partir de los registros previamente realizados de las especies de tardígrados en México por Dueñas-Cedillo (2012), Dueñas-Cedillo *et al.* (2020), León-Espinosa (2018), Moreno-Talamantes *et al.* (2015, 2019, 2020), Moreno-Talamantes y León-Espinosa (2019), Núñez *et al.* (2021), Pérez-Pech *et al.* (2016, 2017, 2018, 2020) y Romero (2017, 2021), se espera que en las zonas muestreadas exista una mayor abundancia de individuos de la Familia Macrobiotidae en comparación con el resto de las otras familias.

4. Material y método

4.1. Área de estudio

Se llevó a cabo la recolección de briofitas *sensu stricto* (*s.s.*) foliosas en diferentes sitios de la Ciudad de México, Morelos, Hidalgo y Oaxaca (Tabla 6; Figura 8,9,10,11 y 12) en transectos lineales. Las briofitas fueron desprendidas de la roca, troncos o suelo donde se encontró, evitando tomar sustrato más profundo y procurando tomar tanto la fase gametofítica como la esporofítica, esto para su identificación a nivel de especie. Posteriormente las briofitas fueron colocadas en bolsas de papel registrando los siguientes datos: número de muestra, fecha de recolecta, geoposición y colectores. Las recolectas en la zona sur de la Ciudad de México fueron realizadas en las alcaldías de Coyoacán, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco; en el Estado de Morelos en su zona norte; en el Estado de Hidalgo en el sitio conocido como El Marqués y finalmente, en el Estado de Oaxaca, en la zona centro de este.

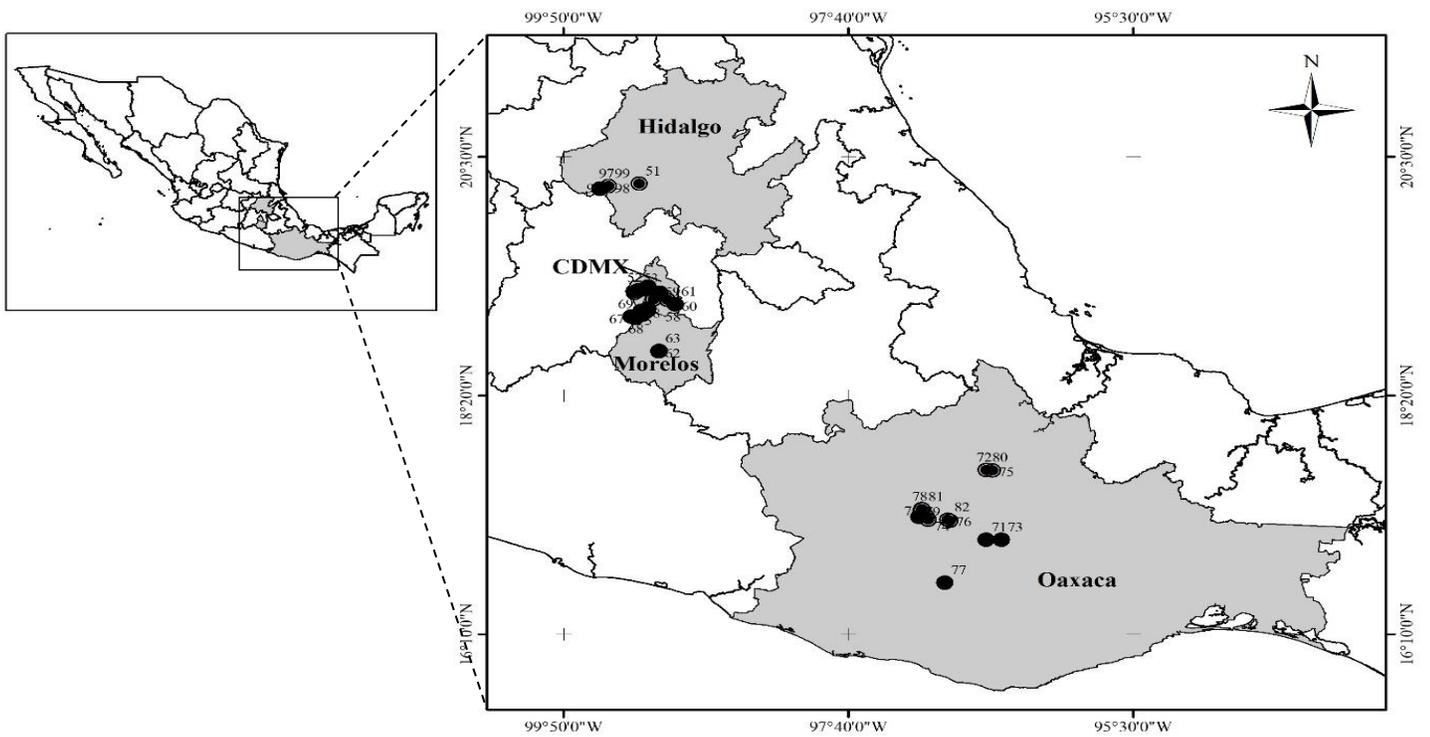


Figura 8. Mapa de los sitios de recolecta en la Ciudad de México, Estados de Hidalgo, Morelos y Oaxaca.

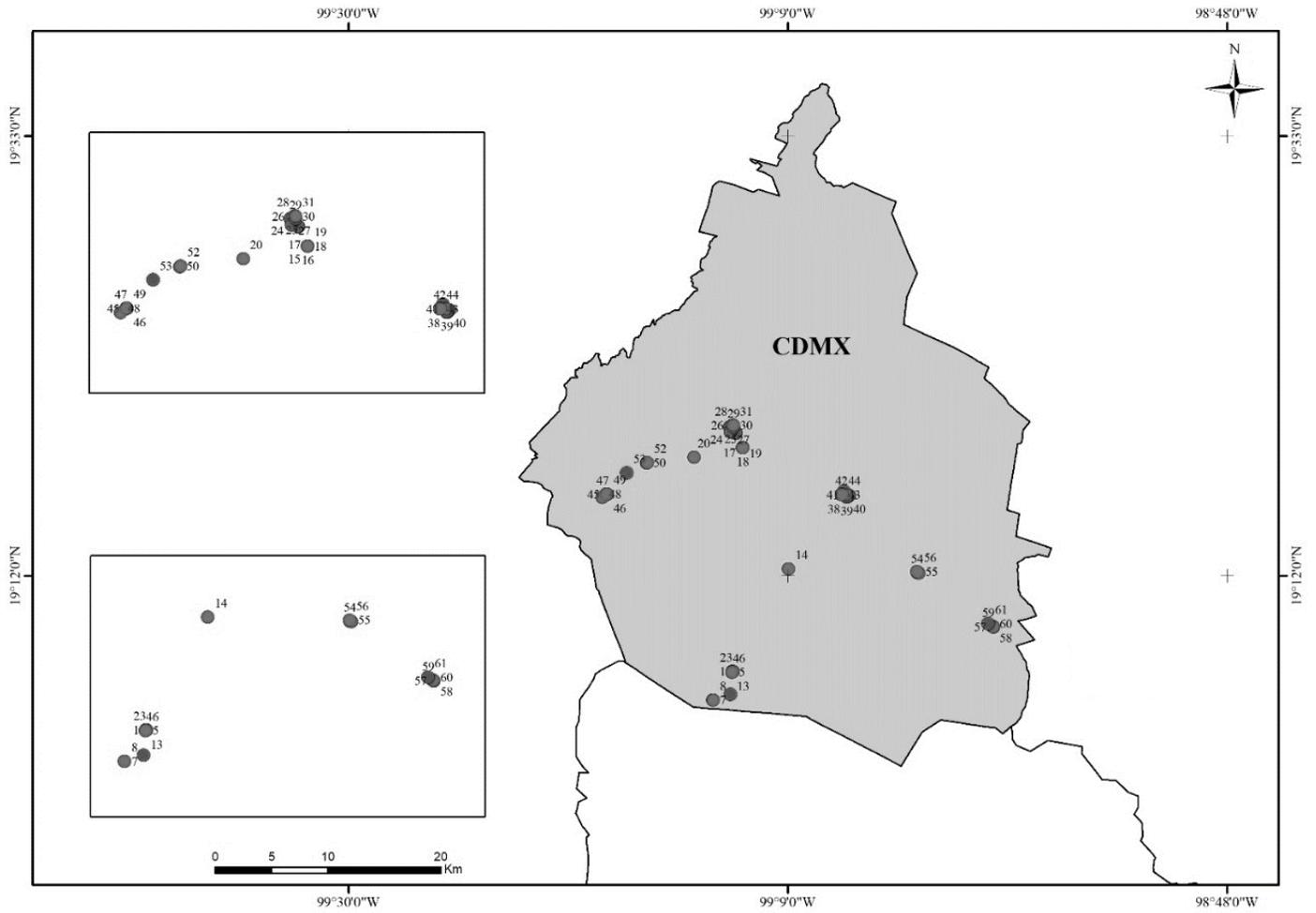


Figura 9. Sitios de colecta de la Ciudad de México.

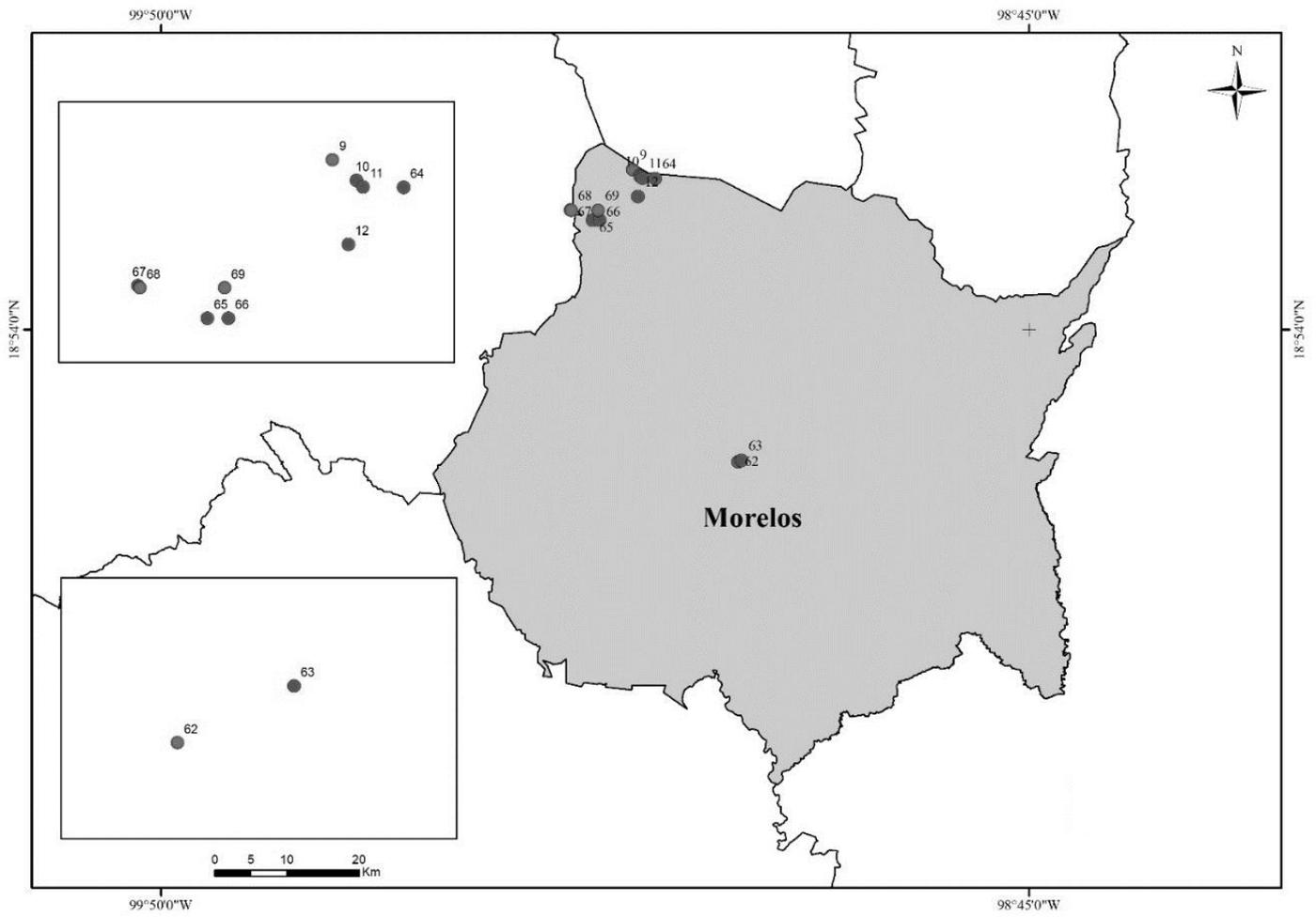


Figura 10. Sitios de colecta del Estado de Morelos.

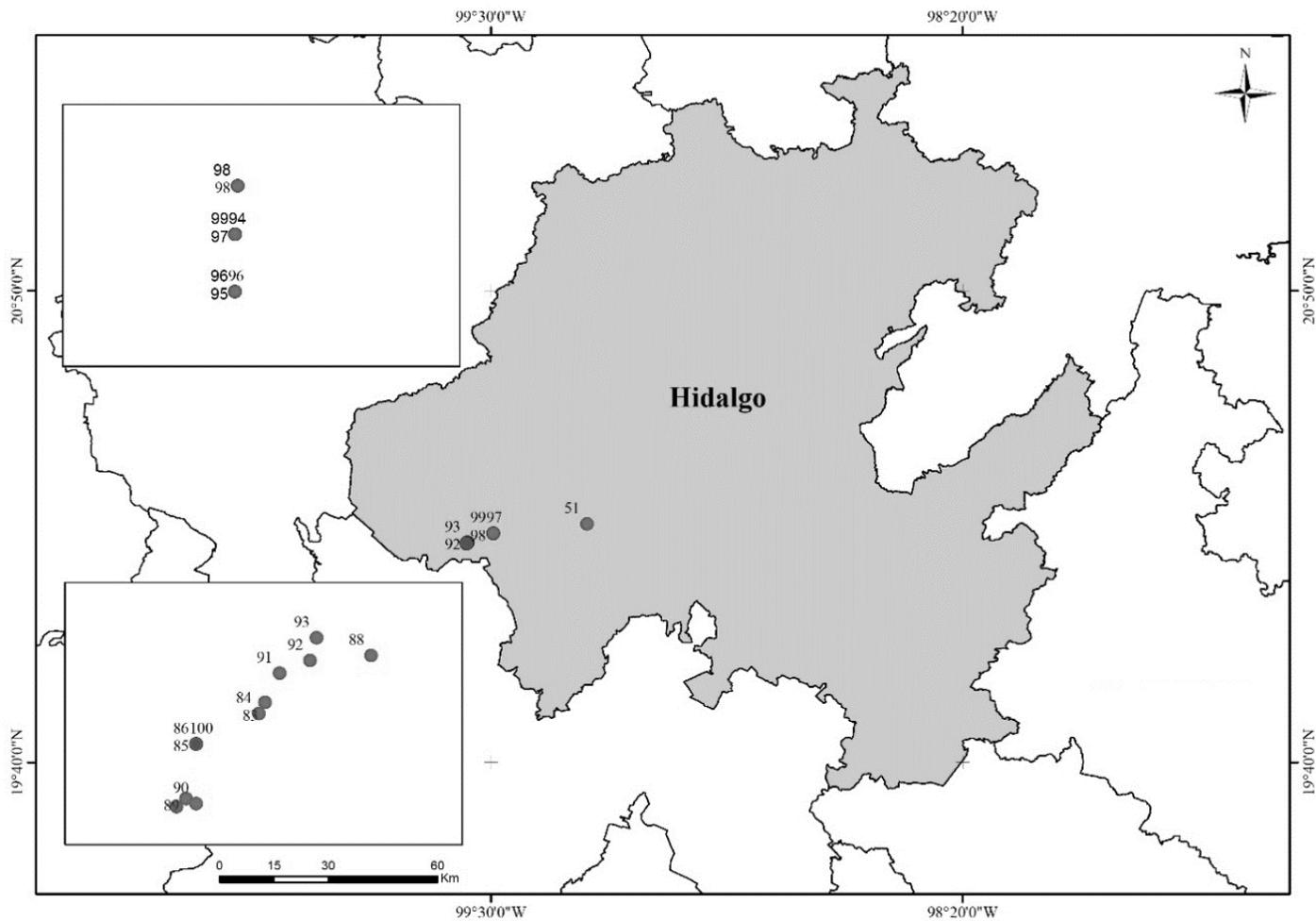


Figura 11. Sitios de colecta del Estado de Hidalgo.

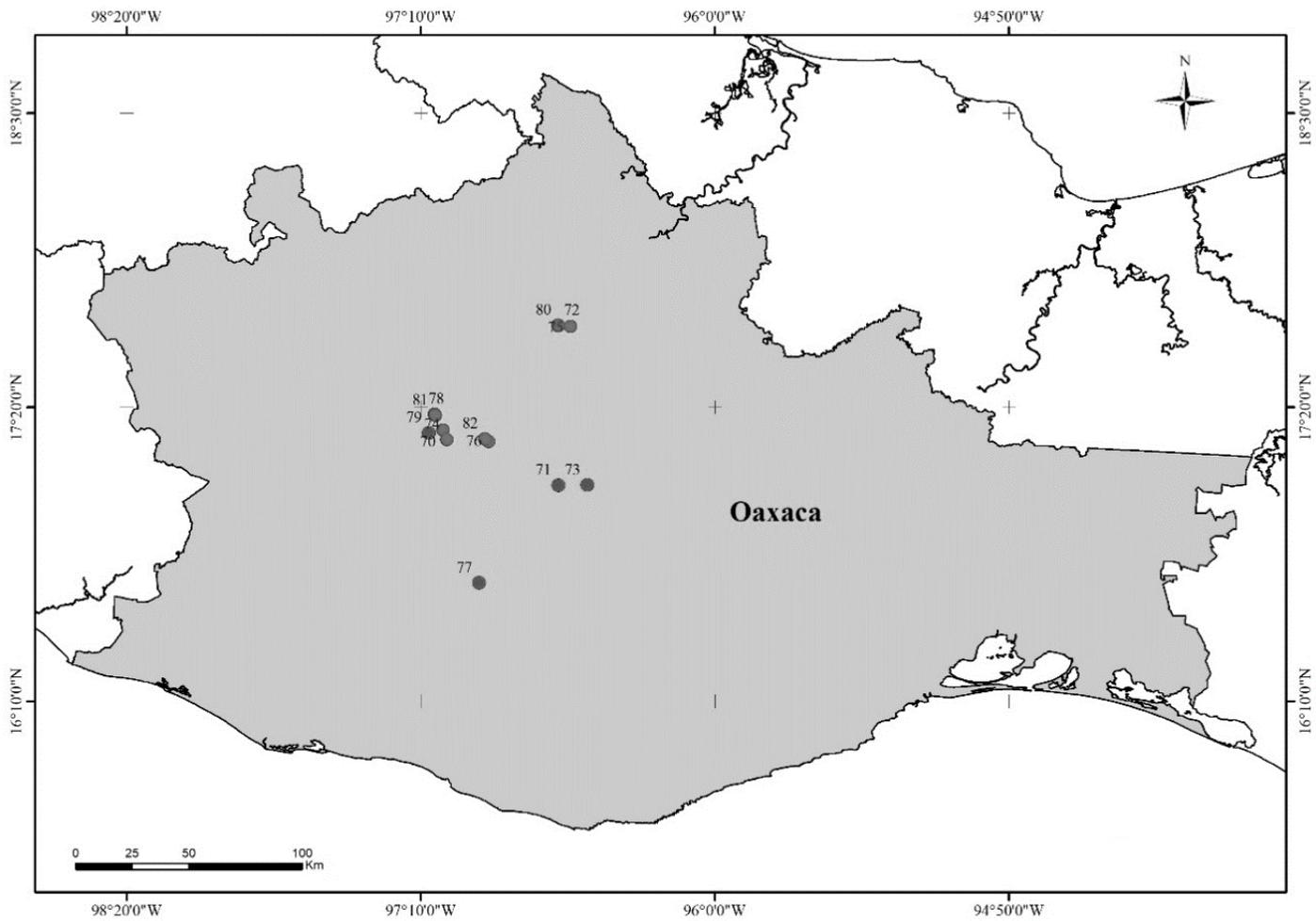


Figura 12. Sitios de colecta del Estado de Oaxaca.

Tabla 6. Muestras de musgos recolectadas con georreferencias: Latitud (N) y Longitud (O), MSNM, altura sobre el nivel del mar en metros, fecha de recolecta y estado de la República Mexicana.

Número de muestra	Latitud (N)	Longitud (O)	MSNM	Fecha de colecta	Localidad
1	19°07'23.7"	99°11'39"	3,031	25/07/2017	Parres, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México
2	19° 07´ 23.8"	99° 11´ 38.9"	3,031	25/07/2017	
3	19°07'24.2"	99°11'36.9"	3,025	25/07/2017	
4	19°07'22.5"	99°11'40"	3,034	25/07/2017	
5	19°07'22.5"	99°11'40"	3,034	25/07/2017	
6	19°07'22.5"	99°11'40"	3,034	25/07/2017	
7	19°06'02.2"	99°12'35"	3,034	25/07/2017	
8	19°06'02.4"	99°12'34.7"	3,034	25/07/2017	
9	19°05'58.4"	99°14'41.1"	2,984	25/07/2017	
10	19°05'28.8"	99°14'06.7"	2,952	25/07/2017	
11	19°05'19.4"	99°13'57.2"	3,005	25/07/2017	
12	19°03'57.1"	99°14'17.9"	2,849	25/07/2017	
13	19°06'18.1"	99°11'44.9"	3,031	25/07/2017	
14	19°12'17.7"	99°8'57.7"	2,738	25/07/2017	
15	19°18'06"	99°11'10"	2,300	04/10/2017	Metrobús Perisur, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México
16	19°18'06"	99°11'10"	2,300	04/10/2017	
17	19°18'06"	99°11'10"	2,300	04/10/2017	
18	19°18'06"	99°11'10"	2,300	04/10/2017	
19	19°18'06"	99°11'10"	2,300	04/10/2017	
20	19°17'38.9"	99°13'28.5"	2,506	04/10/2017	
21	19°18'48"	99°11'30"	2,310	18/10/2017	Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México
22	19°18'48"	99°11'31"	2,330	18/10/2017	
23	19°18'49"	99°11'31"	2,330	18/10/2017	
24	19°19'05"	99°11'47"	2,100	18/10/2017	
25	19°19'11"	99°11'37"	2,100	18/10/2017	
26	19°18'54"	99°11'45"	2,338	23/10/2019	
27	19°18'51"	99°11'45"	2,340	23/10/2019	
28	19°19'10"	99°11'39"	2,329	23/10/2019	
29	19°19'04"	99°11'36"	2,323	23/10/2019	
30	19°19'05"	99°11'36"	2,325	23/10/2019	
31	19°19'10"	99°11'36"	2,323	23/10/2019	
32	19°16'01.0"	99°06'18.9"	2,242	03/04/2018	Centro de Xochimilco, Alcaldía Xochimilco, Ciudad de México
33	19°15'49"	99°06'10"	2,249	11/11/2019	
34	19°15'48"	99°06'09"	2,242	11/11/2019	
35	19°15'48"	99°06'06"	2,260	11/11/2019	
36	19°15'49"	99°06'05"	2,248	11/11/2019	
37	19°15'48"	99°06'06"	2,260	11/11/2019	
38	19°15'44"	99°06'10"	2,242	11/11/2019	
39	19°15'44"	99°06'11"	2,249	11/11/2019	
40	19°15'46"	99°06'11"	2,243	11/11/2019	
41	19°15'51"	99°06'13"	2,242	11/11/2019	
42	19°15'51"	99°06'12"	2,242	11/11/2019	
43	19°15'52"	99°06'26"	2,243	11/11/2019	
44	19°15'51"	99°06'26"	2,242	11/11/2019	
45	19°15'53"	99°17'40"	3,090	17/07/2017	Parque Nacional "Los Dinamos", Alcaldía Magdalena Contreras, Ciudad de México
46	19°15'52"	99°17'39"	3,091	17/07/2017	
47	19°15'52"	99°17'39"	3,086	17/07/2017	
48	19°15'43"	99°17'52"	3,159	17/07/2017	
49	19°15'53"	99°17'39"	3,082	17/07/2017	

50	19°17'22"	99°15'45"	2,656	17/07/2017	Carretera Xochimilco-Oaxtepec, Alcaldía Milpa Alta, Ciudad de México
51	19°17'22"	99°15'45"	2,656	17/07/2017	
52	19°17'23"	99°15'43"	2,659	17/07/2017	
53	19°16'53.38"	99°16'42.37"	2,801	01/04/2018	
54	19°12'7"	99°02'48"	2,441	02/11/2019	
55	19°12'6"	99°02'44"	2,242	02/11/2019	
56	19°12'10"	99°02'49"	2,440	02/11/2019	
57	19°09'31"	98°59'10"	2,735	02/11/2019	
58	19°09'32"	98°59'11"	2,737	02/11/2019	
59	19°09'32"	98°59'11"	2,737	02/11/2019	
60	19°09'33"	98°59'11"	2,734	02/11/2019	
61	19°09'41"	98°59'25"	2,730	02/11/2019	
62	18°44'02.82"	99°06'48.07"	971	24/07/2018	
63	18°44'10.97"	99°06'31.39"	1,063	24/07/2018	"Las Estacas" Parque Natural, Estado de Morelos
64	19°05'18.9"	99°12'59.08"	2,982	08/09/2017	El Capulín, Estado de Morelos
65	19°02'11.2"	99°17'40.0"	2,828	13/04/2019	Parque Nacional "Lagunas de Zempoala". Estado de Morelos.
66	19°02'11.25"	99°17'10.0"	2,945	13/04/2019	
67	19°02'57.9"	99°19'19.6"	2,842	13/04/2019	
68	19°02'54.9"	99°19'16.9"	2,833	13/04/2019	
69	19°02'54.9"	99°17'15.4"	2,852	13/04/2019	
70	17°13'94"	96°64'43"	2,358	23/01/2018	Agua Escondida. Estado de Oaxaca.
71	17°00'84"	96°36'72"	2,640	23/01/2018	Llano largo, Díaz Ordaz, Tlacolula, Estado de Oaxaca
72	16°99'23"	96°36'75"	2,718	23/03/2018	San Pablo, Villa de Mitla, Estado de Oaxaca
73	17°01'26"	96°30'19"	2,574	30/01/2018	Ojo de Agua, Díaz Ordaz, Tlacolula, Estado de Oaxaca
74	17°11'77"	96°63'44"	1,879	23/01/2018	Agua Escondida. Estado de Oaxaca.
75	16°98'76"	96°34'17"	2,587	14/02/2018	San Pablo, Villa de Mitla, Estado de Oaxaca
76	17°11'50"	96°53'45"	2,688	13/03/2018	Agua Escondida. Estado de Oaxaca.
77	16°37'69"	96°56'04"	2,070	13/03/2018	Tlalixtac de Cabrera, Estado de Oaxaca
78	17°17'78"	96°65'99"	3,111	09/02/2018	Corral de Piedra, San Pablo Etlá, Estado de Oaxaca
79	17°13'50"	96°68'04"	2,332	02/02/2018	Agua Escondida. Estado de Oaxaca.
80	16°99'29"	96°36'73"	2,660	23/03/2018	San Pablo, Villa de Mitla, Estado de Oaxaca
81	17°17'59"	96°66'31"	3,243	09/02/2018	Corral de Piedra, San Pablo Etlá, Estado de Oaxaca

82	17°12'27"	96°54'42"	2,598	15/03/2018	Agua Escondida. Estado de Oaxaca
83	20°12'33.5"	99°33'32"	2,327	13/07/2018	San José "El Marqués", Estado de Hidalgo
84	20°12'32.8"	99°33'32.4"	2,326	13/07/2018	
85	20°12'30.9"	99°33'36.3"	2,337	13/07/2018	
86	20°12'30.9"	99°33'36.3"	2,337	13/07/2018	
87	20°12'27"	99°33'37.5"	2,336	13/07/2018	
88	20°12'36.4"	99°33'25.4"	2,321	13/07/2018	
89	20°12'27.5"	99°33'36.9"	2,334	13/07/2018	
90	20°12'27.2"	99°33'36.3"	2,331	13/07/2018	
91	20°12'35.3"	99°33'31.1"	2,337	13/07/2018	
92	20°12'36.1"	99°33'29.2"	2,335	13/07/2018	
93	20°12'37.5"	99°33'28.8"	2,343	13/07/2018	
94	20°13'57.49"	99°29'41.57"	2,280	27/01/2018	
95	20°13'54.91"	99°29'41.58"	2,270	27/01/2018	
96	20°13'54.91"	99°29'41.58"	2,270	27/01/2018	
97	20°13'57.49"	99°29'41.57"	2,280	27/01/2018	
98	20°13'59.67"	99°29'41.47"	2,284	27/01/2018	
99	20°13'57.49"	99°29'41.57"	2,281	27/01/2018	
100	20°12'30.9"	99°33'36.3"	2,338	27/01/2018	

4.2. Trabajo de laboratorio

Los musgos fueron extendidos sobre papel secante y se procedió a deshidratarlos dos semanas, se guardaron en bolsas plásticas hasta el momento de su rehidratación y determinación, todo esto con sus datos de colecta (latitud N y longitud O), altura sobre el nivel del mar en metros (msnm), fecha de recolecta y Estado de la República Mexicana. El material por examinar fue procesado bajo la técnica descrita por Moreno-Talamantes (2017), en donde se situó el musgo sin sedimento sobre un colador, mismo que se colocó dentro de un recipiente con agua y una bomba aireadora, para mantener oxigenada el agua, por un periodo de dos semanas; durante periodos de 2-3 días, se agitó el colador y se tomó con una pipeta de transferencia el material que se encontraba al fondo del recipiente, dicho material se puso en una caja Petri y fue observada bajo un estereomicroscopio Marca Leica, modelo M80. La separación de los tardígrados encontrados en la muestra fue por medio de una micropipeta de transferencia de plástico a un vial, los organismos fueron fijados con formaldehído al 10% neutralizado con borato de sodio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Una vez fijados, los organismos fueron lavados con agua corriente y conservados en Etanol (EtOH) al 70%. Para extenderlos, éstos fueron colocados en un vidrio de reloj con agua y fueron sometidos a una fuente de calor (mechero), por 6 segundos, hasta que los organismos quedaran extendidos por completo; finalmente se procedió a montarlos en portaobjetos con alcohol polivinílico (Polyvinyl alcohol, P.V.A, CH_2CHOH), un medio de montaje para elaborar preparaciones semipermanentes.

Una vez montados, fueron observados y fotografiados mediante dos técnicas de microscopía: contraste de fases utilizando el fotomicroscopio Olympus Provis AX70 con una cámara Evolution MP de 6 megapíxeles y Nomarski en un fotomicroscopio Axioscope 2Plus, marca Zeiss, con una cámara Axiocam MRc.

Las muestras se procesaron para ser observadas en microscopía electrónica de barrido (MEB), los organismos fueron teñidos con azul de metileno y posteriormente colocados dentro de bolsas pequeñas de papel para ser sometidos a deshidratación a partir de alcoholes y acetonas graduales; se inició con los alcoholes, donde las concentraciones fueron aumentando de 10% en 10% hasta llegar al 100%, y se prosiguió con las acetonas que aumentaron de 25% en 25% hasta llegar al 100%, en ambos casos las muestras se dejaron 5 minutos dentro de cada concentración. A continuación, fueron llevados a secado de punto crítico con una desecadora marca EMITECH modelo K850, después se cubrieron de oro con un metalizador marca QUORUM, modelo Q15OR para hacer conductivas las muestras. Finalmente se obtuvieron fotomicrográficas de las diferentes estructuras de cada uno de los organismos en el laboratorio de Microscopía y Fotografía de la Biodiversidad I en un Microscopio Electrónico de Barrido marca Hitachi, modelo SU1510.

Todos los tardígrados se determinaron con el apoyo de las claves en Ramazzotti y Maucci (1983), Michalczyk y Kaczmarek (2003a), Kaczmarek y Michalczyk (2003a) para el género *Macrobiotus*, Morek *et al.* (2016) para el género *Milnesium* y otras descripciones originales/re-descripciones como Pilato y Binda (2010) hasta llegar a morfoespecie. La cavidad bucal se describió de acuerdo con Michalczyk y Kaczmarek (2003a); la secuencia de las macroplocoidas fue establecida de acuerdo con la información de Kaczmarek *et al.* (2014).

Para la diferenciación de morfoespecies, se realizó la morfometría de los organismos, en donde se midieron la longitud del cuerpo (desde la región anterior hasta la región terminal excluyendo el IV par de patas); la longitud y ancho del tubo bucal (interna y externamente por debajo de la inserción del estilete de soporte); la inserción del soporte de los estiletos se determinó de acuerdo a Pilato (1981) y Tumanov (2006), la longitud de la rama primaria de las garras (desde la base de la garra hasta el ápice, en estas medidas también se incluyeron las puntas accesorias) (Figura 13), todas las medidas fueron realizadas en micrómetros. Estas medidas mencionadas fueron ingresadas en las tablas dinámicas de Apochela ver. 1.2, Parachela ver. 1.2, disponibles en Tardigrada Register (Michalczyk y Kaczmarek, 2021), siempre y cuando el tardígrado presentara una posición correcta para ser medido.

4.3. Identificación de musgos

Se tomó una muestra que contuviera las fases de desarrollo gametofítica y esporofítica, estas se colocaron en cajas Petri con agua y se calentaron en un microondas hasta que se humedeciera la muestra. De la fase gametofítica se desprendieron los filidios del caulidio con pinzas y fueron montadas en un portaobjetos con agua, mientras que el esporofito completo fue montado en un portaobjetos. Los musgos fueron determinados hasta nivel de especie, a excepción de aquellos que no contaban con la parte esporifítica y se identificaron sólo a nivel de género, la identificación se realizó con ayuda de las claves de Cárdenas y Delgadillo-Moya (1990).

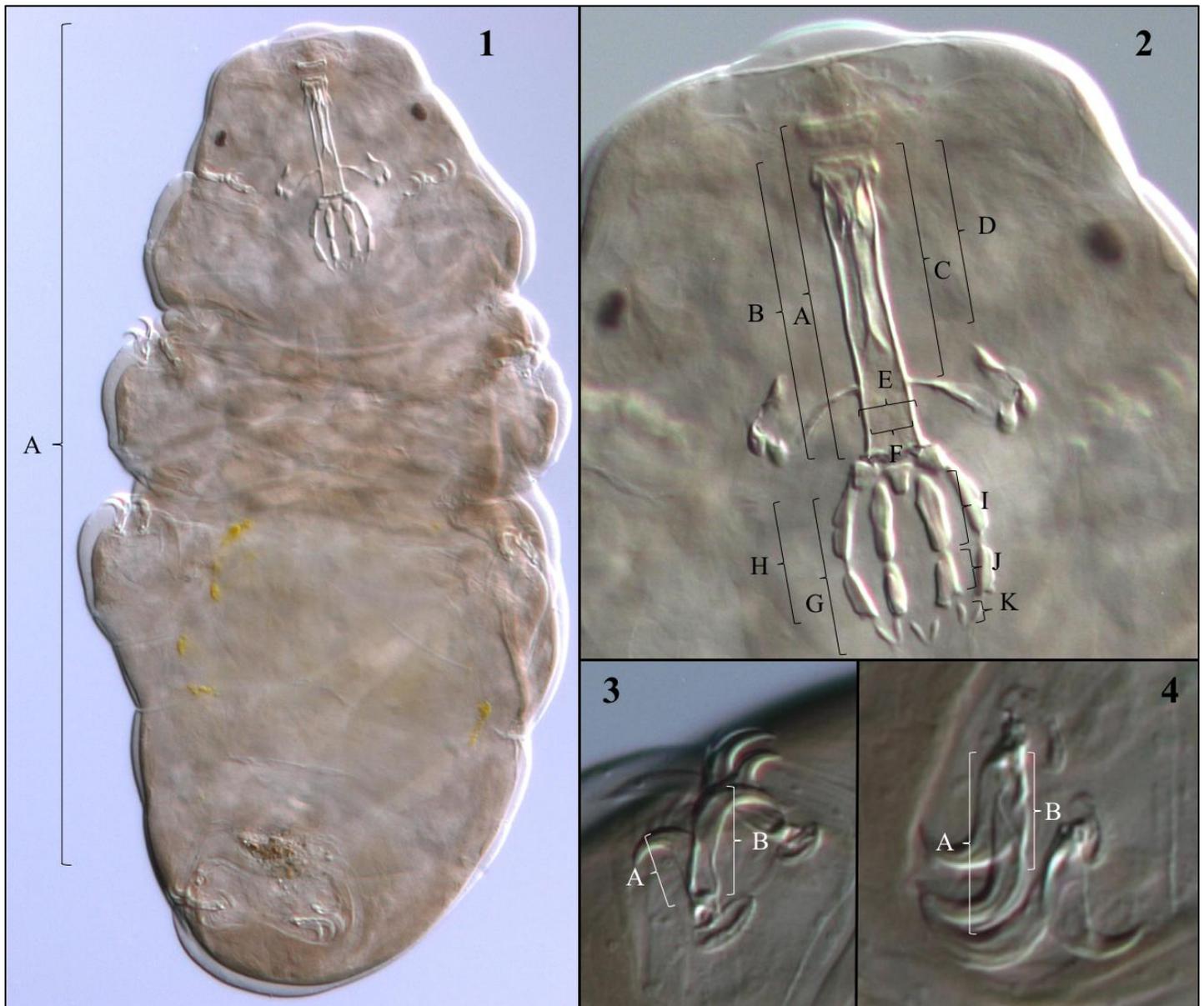


Figura 13. Medidas para morfometría. 1.- A, Longitud total del cuerpo (excluyendo el cuarto par de apéndices locomotores). 2, A, Longitud del tubo bucofaríngeo; B, Longitud del tubo; C, Longitud lámina ventral; D, Punto de inserción del soporte del estilete; E, Anchura interna del tubo bucal; F, Anchura externa tubo bucal; G, Longitud del renglón de placoidas; H, Longitud del renglón de macroplacoidas; I, Longitud macroplacoidas 1; J, Longitud macroplacoidas 2; K, Longitud microplacoidas. 3.- Garras lado derecho A, Anchura rama primaria; B, Anchura rama secundaria. 4.- Garras lado izquierdo A, Anchura rama primaria; B, Anchura rama secundaria.

5. Resultados

Los sitios de colecta para cada entidad federativa se muestran en las figuras 14-17. Los puntos verdes representan la presencia de tardígrados en las muestras de musgos recolectados mientras que los puntos rojos muestran musgos donde no se encontraron tardígrados.

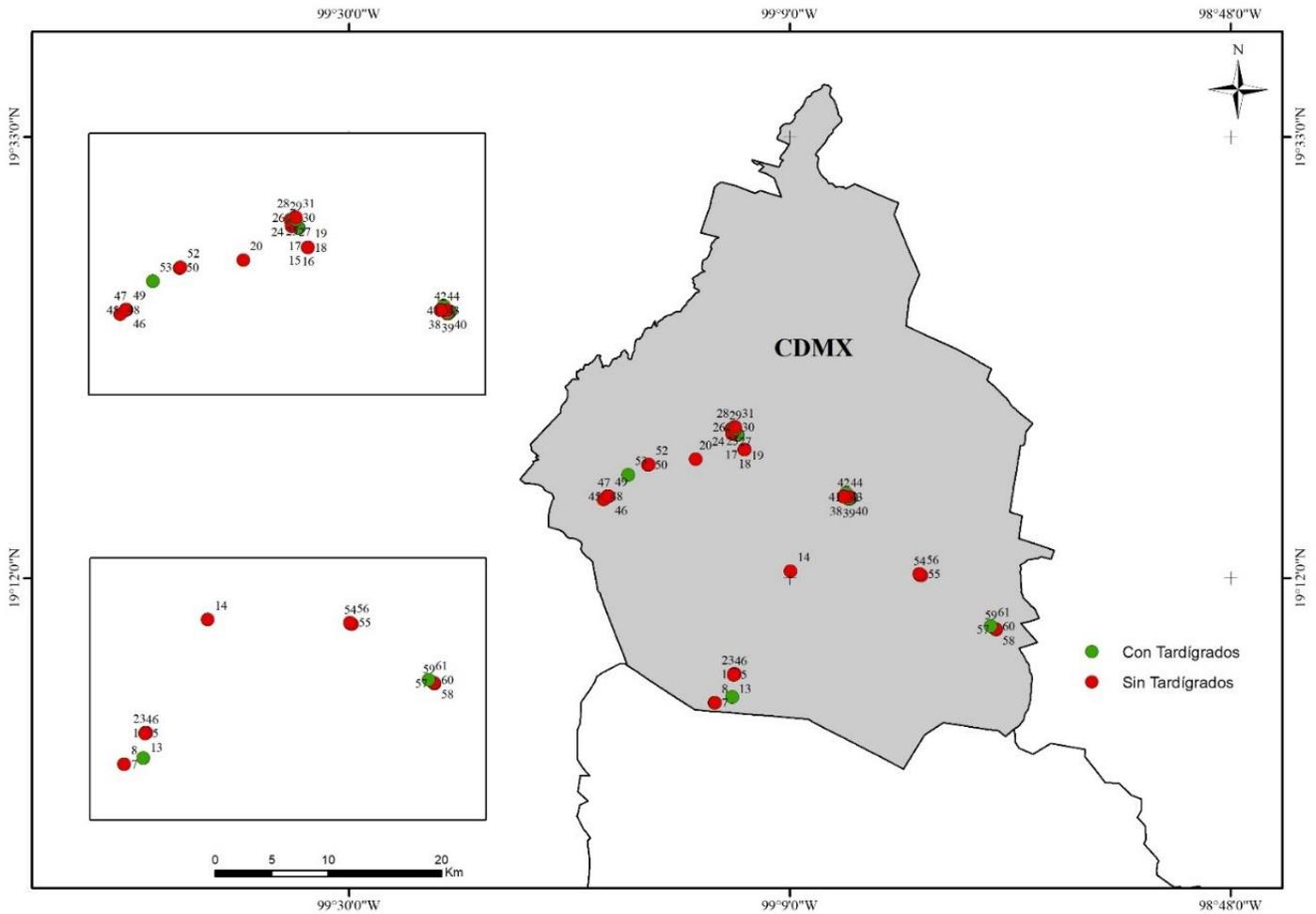


Figura 14. Sitios de colecta de la Ciudad de México, indicando la presencia /ausencia de tardígrados en el musgo colectado.

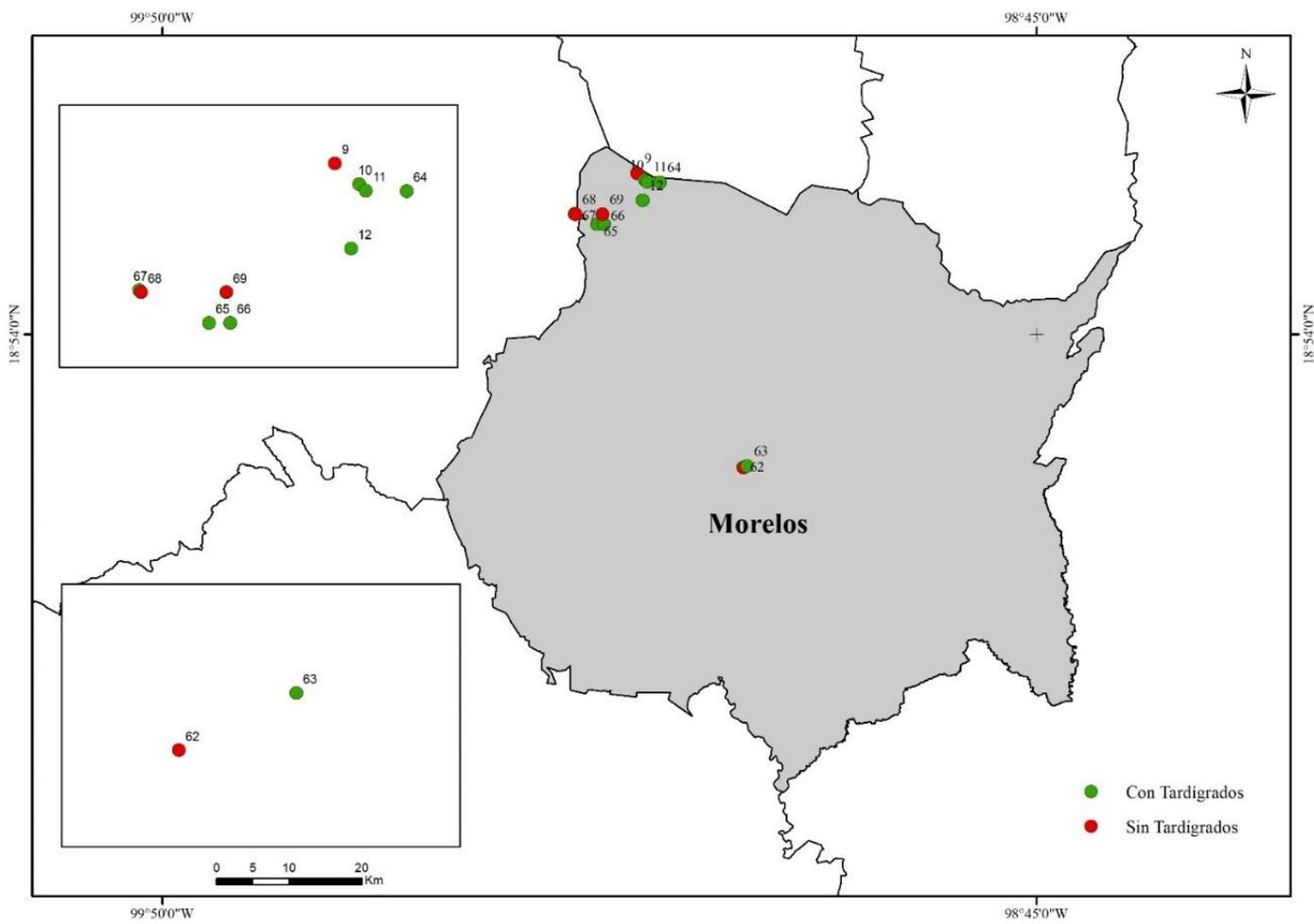


Figura 15. Sitios de colecta del Estado de Morelos, indicando la presencia /ausencia de tardígrados en el musgo colectado.

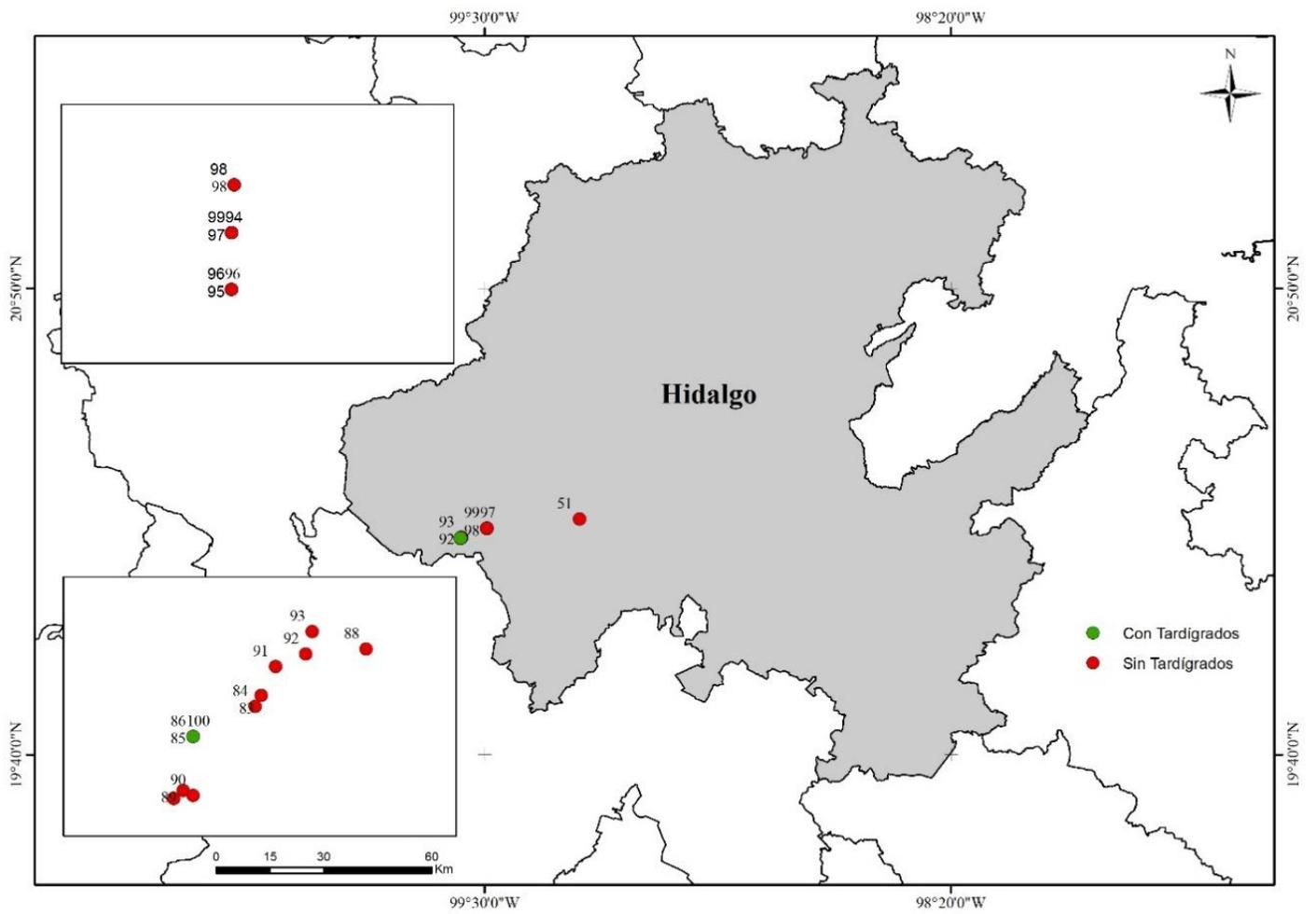


Figura 16. Sitios de colecta del Estado de Hidalgo, indicando la presencia /ausencia de tardígrados en el musgo colectado.

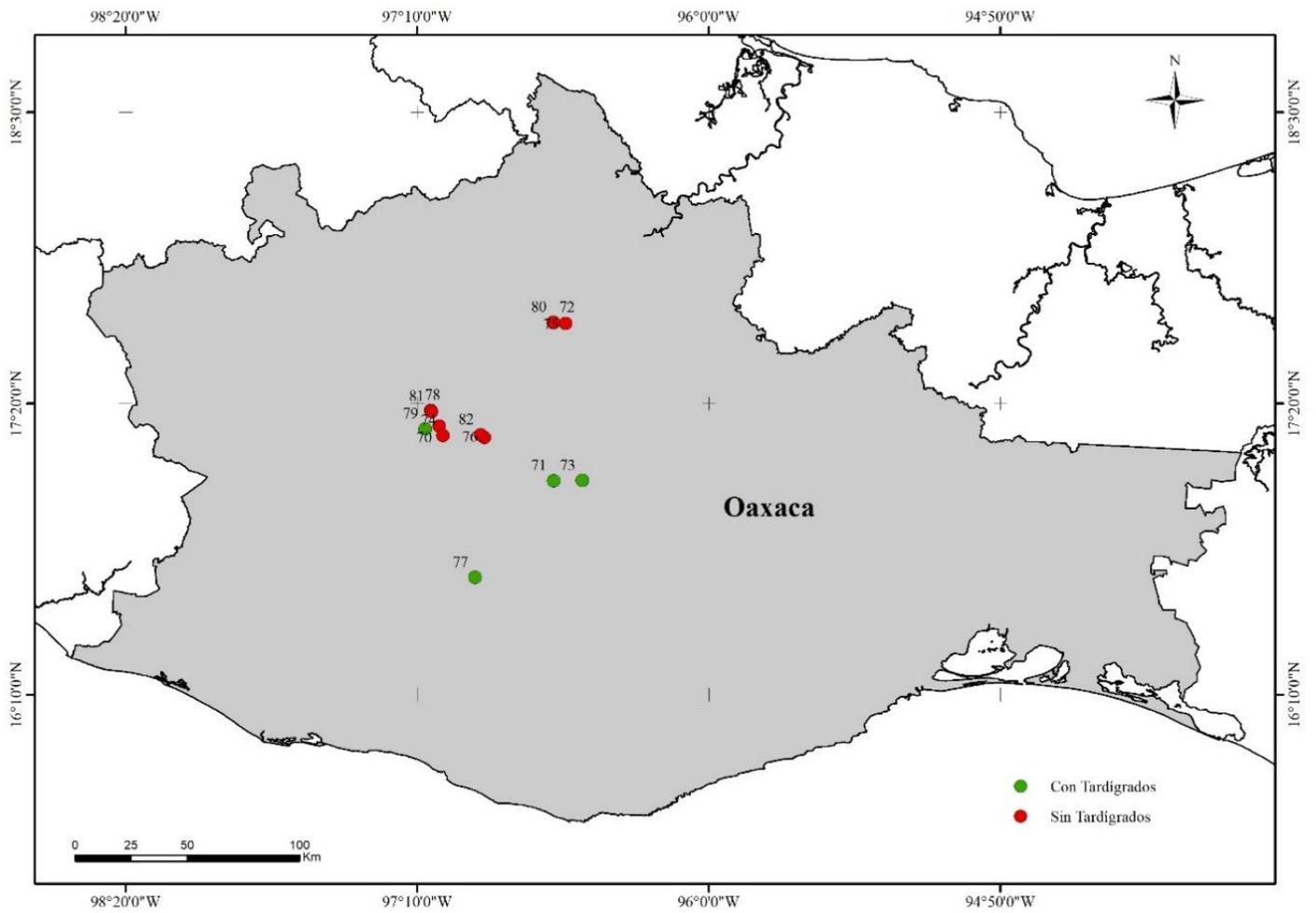


Figura 17. Sitios de colecta del Estado de Oaxaca, indicando la presencia /ausencia de tardígrados en el musgo colectado.

5.1. Tardígrados

Se obtuvieron 117 ejemplares de tardígrados, los cuales fueron montados y determinados taxonómicamente, registrando los siguientes géneros: *Macrobiotus*, *Mesobiotus*, *Milnesium* y *Paramacrobiotus*, todos pertenecientes a la clase Eutardígrada. Los géneros antes mencionados fueron determinados hasta morfoespecies.

Se muestra el listado taxonómico de las morfoespecies encontradas, teniendo en cuenta la lista de verificación de especies de Degma, Guidetti y Bertolani (2009-2021), la cual se actualiza cada año.

5.1.2 Listado de morfoespecies de tardígrados determinadas.

Phylum Tardigrada Doyère, 1840
Clase Eutardigrada Richters, 1962
Orden Parachela Schuster et al., 1980
Superfamilia Macrobiotoidea Thulin, 1928
Familia Macrobiotidae Thulin, 1928
Género *Macrobiotus* C.A.S. Schultze, 1834
***Macrobiotus* morfoespecie I**

Diagnosis del género: Cuenta con una cutícula porosa, la boca está rodeada por diez laminillas peribucales, presentan un tubo bucal rígido, el cual está reforzado con la lámina ventral que carece de un gancho ventral, además en el bulbo faríngeo se presentan dos macroplacoidas alargadas y una microplacoida cerca de ellas, en cuanto a las garras estas muestran una forma de “Y” del tipo “*Hufelandi*”, con lúnulas en cada pata o también pueden estar reducidas y desprovistas de lúnulas como en *Macrobiotus pseudohufelandi*, en el caso de los huevos estos cuentan con una cáscara ornamentada y son depositados libremente en el ambiente (Stec *et al.*, 2021).

Localidad: Xochimilco, Ciudad de México.

Sitio de colecta: 32,33,35,37,38,40 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Forsstroemia* sp., *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris* Bridel, 1827, madera y suelo.

Tardígrados obtenidos: 12 (Tabla 7)

Descripción del hábitat: Zona lacustre, con clima templado, subhúmedo, con lluvias en verano y otoño.

Descripción: Longitud del cuerpo de 188-396 μm , coloración del cuerpo naranja *in vivo* y transparente al ser montado, presencia de ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa, sin poros (Figura 18). Aparato bucal rígido y recto, tres hileras de dientes, tubo bucal presenta una longitud promedio de 47.5 μm y un ancho externo promedio de 7.6 μm , el punto de inserción del soporte del estilete mide promedio 35.4 μm ; el bulbo faríngeo presenta dos filas de macroplacoidas, tercera macroplacoida ausente y una de microplacoidas, la secuencia de macroplacoidas es 1>2 (Figura 19 A). Garras tipo “*Hufelandi*”; garras I-III presentan lúnulas con margen liso, garras IV con lúnulas dentadas (Figura 19 B, C)



Figura 18. Habito de *Macrobiotus* morfoespecie I. Organismo adulto. Microscopía de campo claro. Escala 120 μm.

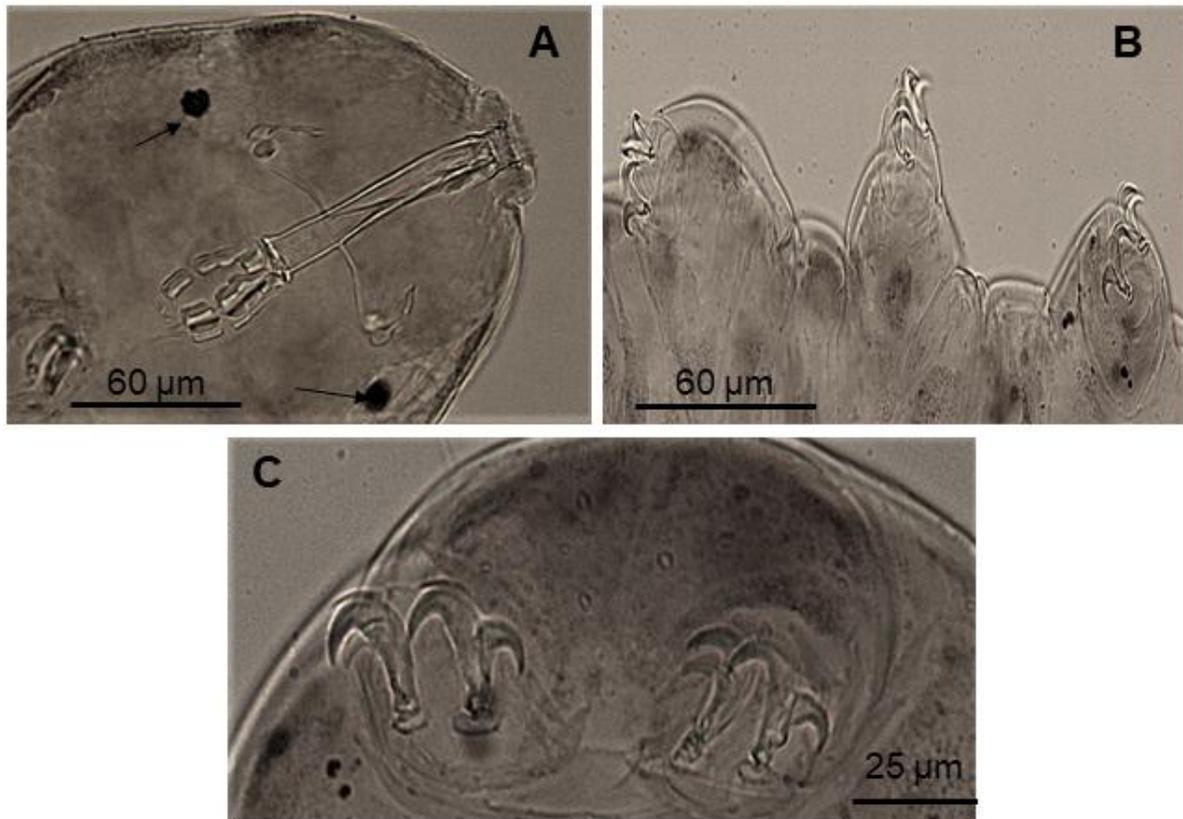


Figura 19. Detalle de aparato bucal y garras de *Macrobiotus* morfoespecie I. A, Aparato bucal, la flecha indica la presencia de ojos. B-C Detalle de las garras tipo “Hufelandi”; B, Garras I-III; C, Garras IV. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm, 60 μm, 25 μm.

Tabla 7. Morfometría de *Macrobotus* morfoespecie I. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; pt (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N			Rango		Media		DS			
		μm	pt	μm	pt	μm	pt	μm	pt		
Longitud del cuerpo	12	188	–	396	435	–	882	299	666	75	147
Tubo bucofaringeo											
Longitud tubo bucal	8	42.7	–	54.2		–		47.5	–	4.2	–
Punto de inserción del soporte del estilete	8	23.6	–	43.5	52.5	–	80.2	35.4	74.1	6.3	9.1
Ancho externo del tubo bucal	8	6.7	–	8.8	13.7	–	17.4	7.6	15.9	0.8	1.2
Ancho interno del tubo bucal	8	4.8	–	7.2	11.2	–	14.0	6.0	12.7	0.9	1.1
Longitud de la lámina ventral	8	27.0	–	39.0	61.9	–	71.8	31.7	66.7	3.8	3.9
Longitud de las placoidas											
Macroplacoida 1	8	6.7	–	13.1	14.9	–	27.5	10.9	22.8	2.3	4.3
Macroplacoida 2	8	3.9	–	7.9	8.7	–	17.1	6.7	14.0	1.3	2.6
Macroplacoida 3	1	5.8	–	5.8	13.0	–	13.0	5.8	13.0	?	?
Microplacoida	8	2.3	–	4.1	5.4	–	8.1	3.3	6.9	0.6	1.1
Fila de macroplacoida	8	16.1	–	28.5	35.7	–	55.9	20.8	43.6	3.8	6.2
Fila de placoidas	8	19.9	–	33.3	46.0	–	65.4	25.2	52.9	4.3	6.2
Altura de las garras 1											
Base externa	12	2.7	–	4.8	6.9	–	9.5	3.6	8.3	0.7	1.1
Rama primaria externa	12	8.2	–	14.7	22.0	–	32.7	12.0	26.8	1.8	3.7
Rama secundaria externa	12	7.4	–	12.9	18.3	–	29.8	9.9	22.1	1.5	3.5
Base externa/rama primaria (cct)	12	22.7	–	40.6		–		30.4	–	5.8	–
Base interna	12	2.4	–	4.7	6.7	–	10.5	3.5	8.3	0.8	1.3
Rama primaria interna	12	8.8	–	15.1	19.6	–	29.7	12.0	26.1	1.6	3.6
Rama secundaria interna	12	6.0	–	11.2	14.2	–	23.5	9.1	20.1	1.7	3.3
Base interna /Rama primaria (cct)	12	18.6	–	37.9		–		29.2	–	5.7	–
Altura de las garras 2											
Base externa	12	2.5	–	6.2	5.5	–	12.3	4.1	9.4	1.3	2.7
Rama primaria externa	12	10.3	–	18.0	23.3	–	35.0	13.3	29.1	2.2	3.9
Rama secundaria externa	12	8.4	–	14.5	17.6	–	28.5	10.2	22.3	1.7	4.3
Base externa/rama primaria (cct)	12	18.4	–	48.7		–		30.7	–	8.3	–
Base interna	12	2.7	–	5.7	6.1	–	10.6	3.7	8.5	1.0	1.8
Rama primaria interna	12	7.5	–	14.5	17.6	–	32.9	12.4	26.3	2.0	4.8
Rama secundaria interna	12	6.1	–	13.2	14.3	–	29.5	10.1	22.2	2.1	5.0
Base interna /Rama primaria (cct)	12	20.0	–	39.7		–		30.0	–	6.5	–
Altura de las garras 3											
Base externa	12	2.6	–	5.7	5.9	–	12.7	4.4	10.0	1.2	2.2
Rama primaria externa	12	10.6	–	16.0	27.5	–	33.5	13.8	30.2	1.7	2.1
Rama secundaria externa	12	8.9	–	14.2	18.6	–	29.3	10.9	23.6	1.6	3.6
Base externa/rama primaria (cct)	12	21.5	–	38.8		–		31.3	–	5.7	–
Base interna	12	2.5	–	6.8	5.5	–	15.0	3.9	9.0	1.2	3.1
Rama primaria interna	12	10.4	–	15.0	23.0	–	30.6	12.7	27.5	1.7	2.6
Rama secundaria interna	12	8.2	–	12.0	18.3	–	25.6	10.0	21.9	1.4	2.4
Base interna /Rama primaria (cct)	12	22.3	–	51.0		–		30.1	–	7.9	–
Altura de las garras 4											
Base anterior	12	3.3	–	7.4	7.3	–	15.6	5.7	12.5	1.1	2.7
Rama primaria anterior	12	11.5	–	18.8	29.8	–	44.1	15.9	34.6	2.3	4.4
Rama secundaria anterior	12	7.4	–	15.3	16.6	–	34.6	12.3	26.8	2.3	5.2
Base anterior /Rama primaria (cct)	12	24.3	–	45.9		–		36.1	–	6.8	–
Base posterior	12	3.0	–	9.2	8.7	–	18.1	6.1	14.6	2.1	3.4
Rama primaria posterior	12	10.7	–	19.9	29.0	–	39.1	15.3	34.4	3.1	4.1
Rama secundaria posterior	12	8.3	–	13.9	18.4	–	31.2	11.3	24.7	1.8	4.2
Base posterior /rama primaria (cct)	12	26.8	–	50.4		–		39.3	–	7.5	–

Género *Macrobotus* C.A.S. Schultze, 1834
***Macrobotus* morfoespecie II**

Localidad: Metrobús Perisur, Tlalpan, Ciudad de México.

Sitio de colecta: 15 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Ceratodon purpureus* subsp. *stenocarpus* Müller, 1885 y roca basáltica.

Tardígrados obtenidos: 4 (Tabla 8)

Descripción del hábitat: Matorral xerófilo con marcada estacionalidad.

Descripción: Longitud del cuerpo de 236-309 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, presencia de ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa, sin poros (Figura 20). Tres hileras de dientes, tubo bucal rígido y recto, con una longitud promedio de 36.2 μm y un ancho externo promedio de 5.5 μm , el punto de inserción del soporte del estilete mide promedio 26.4 μm ; bulbo faríngeo presenta dos filas de macroplacoidas, tercera macroplacoida ausente y una de microplacoidas, la secuencia de macroplacoidas es 1>2 (Figura 21 A). Garras tipo “*Hufelandi*”; garras I-III presentan lúnulas con margen liso, garras IV con lúnulas dentadas (Figura 21 B, C)



Figura 20. *Macrobiotus* morfoespecie II. Organismo adulto. Microscopía de contraste de fases. Escala 120 μm.

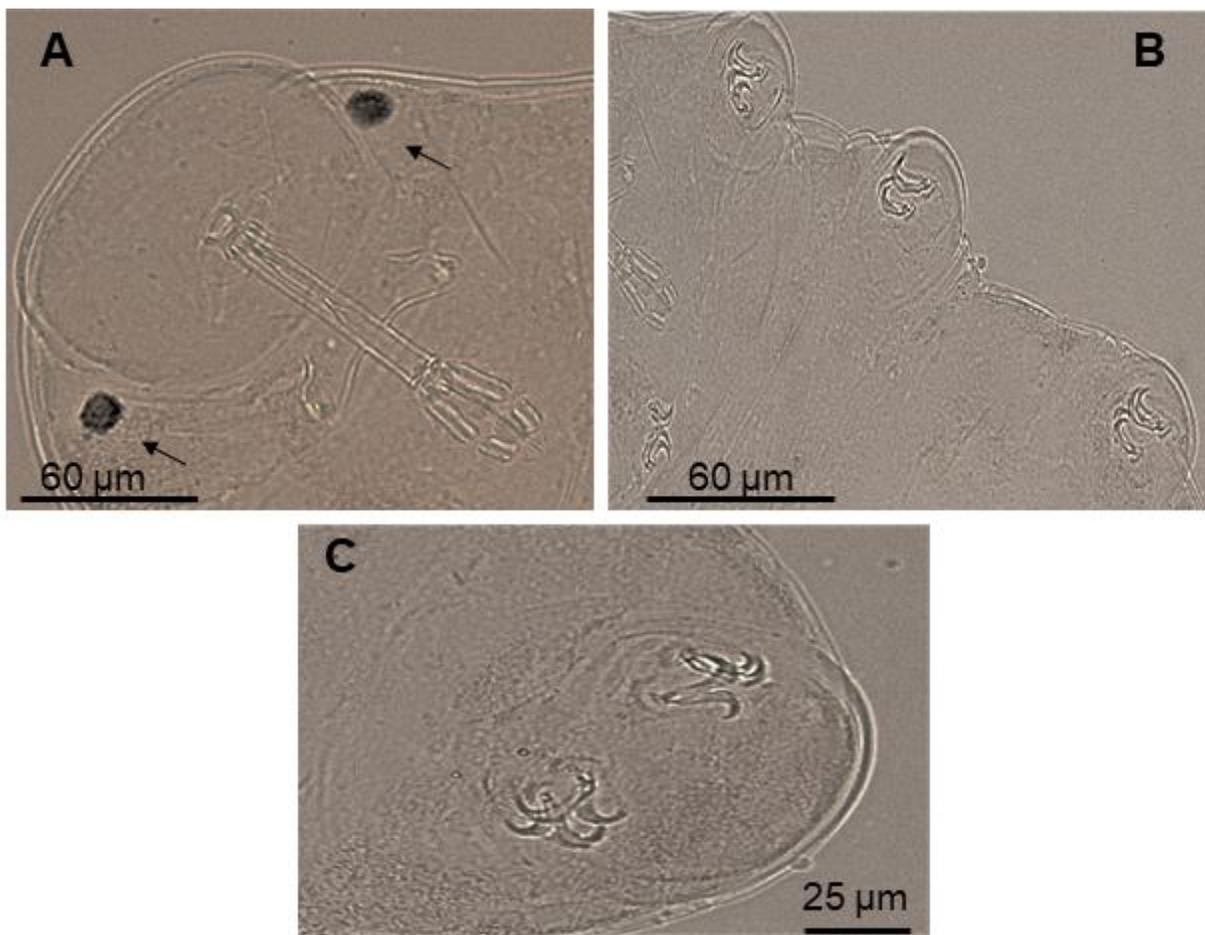


Figura 21. Detalle de aparato bucal y garras de *Macrobiotus* morfoespecie II. A, Aparato bucal, la flecha indica la presencia de ojos; B, Garras I-III tipo “*Hufelandi*”; C, Garras IV tipo “*Hufelandi*”. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm, 60 μm, 25 μm.

Tabla 8. Morfometría de *Macrobiotus* morfoespecie II. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; *pt* (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N	Rango				Media		DS			
		μm	μm	<i>pt</i>	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>		
Longitud del cuerpo	4	236	–	309	743	–	869	285	789	34	57
Tubo bucofaríngeo											
Longitud tubo bucal	4	31.7	–	39.6		–		36.2	–	3.9	–
Punto de inserción del soporte del estilete	4	22.7	–	29.6	71.5	–	75.5	26.4	72.9	3.3	1.8
Ancho externo del tubo bucal	4	4.8	–	6.3	14.0	–	16.2	5.5	15.3	0.6	1.1
Ancho interno del tubo bucal	4	3.4	–	4.6	9.9	–	11.7	3.9	10.8	0.5	0.7
Longitud de la lámina ventral	4	16.2	–	22.3	51.1	–	62.3	20.3	56.1	2.8	4.8
Longitud de las placoidas											
Macroplacoida 1	4	7.6	–	10.3	21.8	–	30.2	9.0	25.1	1.2	3.6
Macroplacoida 2	4	4.5	–	5.6	12.7	–	14.9	5.1	14.0	0.5	0.9
Microplacoida	4	1.4	–	3.2	3.4	–	8.1	2.3	6.4	0.7	2.1
Fila de macroplacoida	4	13.2	–	17.3	37.9	–	50.6	15.6	43.3	1.9	5.3
Fila de placoidas	4	16.4	–	21.5	44.6	–	61.4	19.1	53.1	2.5	7.0
Altura de las garras 1											
Base externa	4	3.8	–	4.5	10.3	–	12.5	4.2	11.5	0.3	0.9
Rama primaria externa	4	9.2	–	13.6	28.7	–	35.5	11.6	32.0	1.8	3.6
Rama secundaria externa	4	7.7	–	11.3	19.4	–	29.0	9.3	25.8	1.6	4.5
Base externa/rama primaria (cct)	4	32.8	–	40.6		–		36.2	–	3.2	–
Base interna	4	3.3	–	4.1	8.7	–	11.2	3.7	10.2	0.4	1.1
Rama primaria interna	4	8.8	–	10.8	27.2	–	28.8	10.0	27.8	1.0	0.7
Rama secundaria interna	4	6.5	–	10.2	19.1	–	26.0	8.4	23.0	1.6	2.9
Base interna /Rama primaria (cct)	4	31.9	–	38.8		–		36.7	–	3.2	–
Altura de las garras 2											
Base externa	4	3.7	–	5.5	11.1	–	15.9	4.6	12.7	0.7	2.2
Rama primaria externa	4	9.9	–	14.9	31.1	–	37.9	12.6	34.5	2.1	3.0
Rama secundaria externa	4	8.6	–	11.6	26.8	–	31.6	10.4	28.7	1.3	2.2
Base externa/rama primaria (cct)	4	29.4	–	44.5		–		36.8	–	6.2	–
Base interna	4	3.5	–	4.6	10.9	–	13.5	4.3	11.8	0.5	1.2
Rama primaria interna	4	9.1	–	12.4	26.9	–	31.6	10.6	29.4	1.4	2.0
Rama secundaria interna	4	7.4	–	10.3	22.3	–	26.5	8.9	24.6	1.2	2.1
Base interna /Rama primaria (cct)	4	34.7	–	44.5		–		40.2	–	4.4	–
Altura de las garras 3											
Base externa	4	3.2	–	4.4	9.4	–	12.9	3.9	10.9	0.6	1.5
Rama primaria externa	4	9.4	–	14.5	29.6	–	37.0	12.1	33.3	2.1	4.2
Rama secundaria externa	4	8.2	–	12.9	20.9	–	32.9	10.0	27.7	2.3	5.5
Base externa/rama primaria (cct)	4	30.0	–	34.8		–		32.7	–	2.3	–
Base interna	4	2.5	–	4.1	7.8	–	11.9	3.4	9.4	0.7	1.9
Rama primaria interna	4	9.0	–	13.5	25.9	–	34.3	10.8	29.9	1.9	3.7
Rama secundaria interna	4	6.9	–	11.5	21.7	–	29.3	9.1	24.9	1.9	3.4
Base interna /Rama primaria (cct)	4	27.7	–	38.2		–		31.5	–	4.7	–
Altura de las garras 4											
Base anterior	4	4.5	–	6.2	11.3	–	18.1	5.4	15.1	0.7	3.3
Rama primaria anterior	4	10.7	–	14.6	29.3	–	37.3	12.3	34.0	1.7	3.5
Rama secundaria anterior	4	6.5	–	11.6	20.4	–	32.6	9.9	27.1	2.3	5.2
Base anterior /Rama primaria (cct)	4	30.4	–	52.0		–		44.5	–	9.8	–
Base posterior	4	5.2	–	5.9	13.4	–	16.3	5.5	15.2	0.3	1.3
Rama primaria posterior	4	10.3	–	15.0	32.5	–	38.3	12.7	35.0	2.0	2.5
Rama secundaria posterior	4	9.4	–	13.8	27.4	–	35.3	11.3	31.2	2.0	3.2
Base posterior /rama primaria (cct)	4	39.6	–	50.2		–		43.7	–	5.1	–

Género *Macrobotus* C.A.S. Schultze, 1834
Macrobotus morfoespecie III

Localidad: Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM, Coyoacán, Ciudad de México.

Sitio de colecta: 26,28,29,30 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Ceratodon purpureus* subsp. *stenocarpus* Müller, 1885, *Ceratodon* sp., *Plagiobryum zieri* Lindberg, 1863 y roca basáltica.

Tardígrados obtenidos: 6 (Tabla 9)

Descripción del hábitat: Matorral xerófilo con marcada estacionalidad.

Descripción: Longitud del cuerpo de 187-452 μm , coloración naranja con bandas café *in vivo* y transparente con bandas oscuras al ser montado, presencia de ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa, sin poros (Figura 22). Tres hileras de dientes, tubo bucal rígido y recto, con una longitud promedio de 40.6 μm y un ancho externo promedio de 6.7 μm , el punto de inserción del soporte del estilete mide promedio 30.5 μm ; el bulbo faríngeo presenta dos filas de macroplacoidas, tercera macroplacoida ausente y una de microplacoidas, la secuencia de macroplacoidas es 1>2, (Figura 23 A). Garras tipo “*Hufelandi*”; garras I-III presentan lúnulas con margen liso, garras IV con lúnulas dentadas (Figura 23 B, C).

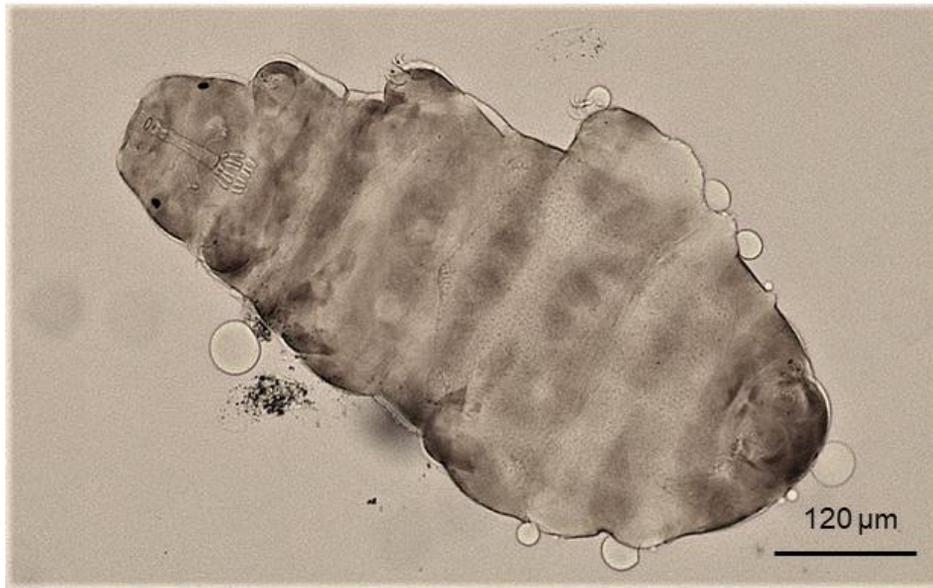


Figura 22. Habito de *Macrobiotus* morfoespecie III. A, Organismo adulto. Microscopía de campo claro. Escala 120 μm .

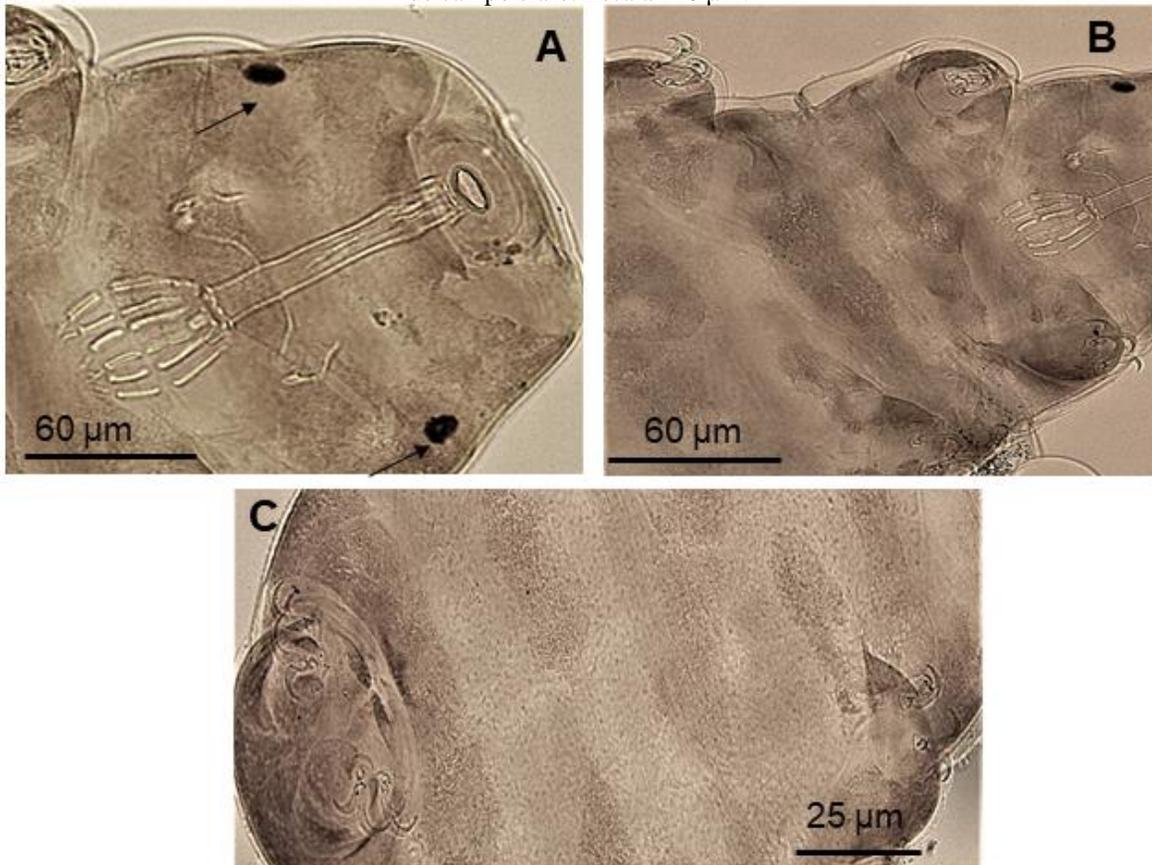


Figura 23. Detalle de aparato bucal y garras de *Macrobiotus* morfoespecie III. A, Aparato bucal, a flecha indica la presencia de manchas oculares. B-C, Detalle de garras tipo “*Hufelandi*”; B, Garras I-II; C, Garras III-IV. A-C, Microscopía de campo. Escala 60 μm , 60 μm , 25 μm .

Tabla 9. Morfometría de *Macrobotus* morfoespecie III. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; *pt* (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N	Rango				Media		DS			
		μm	μm	<i>pt</i>	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>		
Longitud del cuerpo	6	187	–	452	187	–	1197	342	658	118	400
Tubo bucofaríngeo											
Longitud tubo bucal	4	33.8	–	48.6		–		40.6	–	6.4	–
Punto de inserción del soporte del estilete	4	24.4	–	38.0	72.2	–	78.2	30.5	74.9	5.8	2.5
Ancho externo del tubo bucal	4	4.3	–	8.3	12.6	–	19.7	6.7	16.2	1.9	2.9
Ancho interno del tubo bucal	4	3.5	–	6.8	10.2	–	16.0	5.3	12.8	1.5	2.4
Longitud de la lámina ventral	4	21.6	–	30.1	57.1	–	71.6	25.1	62.1	3.6	6.7
Longitud de las placoidas											
Macroplacoida 1	4	5.4	–	13.1	12.8	–	26.9	8.8	21.6	3.4	6.5
Macroplacoida 2	4	4.2	–	8.2	11.5	–	18.4	6.0	14.8	1.8	3.3
Microplacoida	4	2.1	–	4.5	6.2	–	10.6	3.2	7.8	1.1	2.0
Fila de macroplacoida	4	13.0	–	20.9	38.5	–	45.0	17.3	42.5	3.3	2.8
Fila de placoidas	4	17.6	–	24.9	51.3	–	56.4	21.7	53.5	3.3	2.3
Altura de las garras 1											
Base externa	5	3.4	–	5.3	8.1	–	10.9	4.3	10.1	0.8	1.3
Rama primaria externa	5	9.4	–	14.8	25.4	–	34.4	12.1	28.4	2.1	4.1
Rama secundaria externa	5	7.6	–	11.9	17.9	–	27.3	9.7	22.9	1.8	4.0
Base externa/rama primaria (cct)	5	31.0	–	41.4		–		35.3	–	4.7	–
Base interna	5	3.2	–	4.5	7.5	–	10.7	3.7	9.3	0.5	1.4
Rama primaria interna	5	9.0	–	13.5	24.8	–	30.7	11.1	27.5	1.7	2.5
Rama secundaria interna	5	7.7	–	11.1	22.5	–	25.2	9.2	23.7	1.3	1.3
Base interna /Rama primaria (cct)	5	30.1	–	40.5		–		33.7	–	4.0	–
Altura de las garras 2											
Base externa	5	3.1	–	5.6	7.2	–	14.6	4.2	10.9	1.3	3.1
Rama primaria externa	5	9.9	–	16.8	24.3	–	34.7	12.0	29.6	2.8	4.3
Rama secundaria externa	5	7.1	–	14.6	17.9	–	30.0	9.0	22.9	3.1	5.2
Base externa/rama primaria (cct)	5	29.2	–	48.1		–		35.1	–	7.7	–
Base interna	5	3.2	–	5.6	7.5	–	13.6	4.4	11.1	1.0	2.6
Rama primaria interna	5	8.8	–	14.6	24.8	–	30.1	11.1	27.1	2.2	2.3
Rama secundaria interna	5	7.7	–	13.0	21.8	–	26.7	9.6	23.4	2.1	2.2
Base interna /Rama primaria (cct)	5	30.1	–	49.5		–		39.8	–	7.8	–
Altura de las garras 3											
Base externa	5	3.5	–	5.2	8.4	–	15.0	4.6	11.9	0.7	2.9
Rama primaria externa	5	10.7	–	16.8	26.8	–	39.6	13.4	33.2	2.5	5.4
Rama secundaria externa	5	8.8	–	14.5	20.9	–	33.8	11.5	28.6	2.2	5.5
Base externa/rama primaria (cct)	5	30.6	–	47.4		–		34.9	–	7.1	–
Base interna	5	3.3	–	5.8	7.7	–	15.4	4.0	10.6	1.1	3.3
Rama primaria interna	5	9.6	–	15.4	25.0	–	35.9	11.9	30.3	2.4	4.6
Rama secundaria interna	5	7.8	–	12.4	22.9	–	29.7	10.2	25.3	1.7	3.1
Base interna /Rama primaria (cct)	5	29.5	–	42.8		–		33.8	–	5.4	–
Altura de las garras 4											
Base anterior	4	5.6	–	5.9	12.1	–	16.6	5.7	14.1	0.1	2.3
Rama primaria anterior	4	10.0	–	16.4	23.7	–	33.6	11.8	29.7	3.1	5.3
Rama secundaria anterior	4	8.3	–	11.1	19.7	–	30.2	9.5	24.3	1.4	5.4
Base anterior /Rama primaria (cct)	4	35.8	–	57.4		–		50.7	–	10.2	–
Base posterior	4	3.9	–	8.7	10.8	–	18.0	5.5	13.5	2.2	3.9
Rama primaria posterior	4	8.3	–	19.4	24.6	–	39.8	12.1	29.7	4.9	8.8
Rama secundaria posterior	4	7.0	–	14.6	20.0	–	30.0	9.6	23.6	3.4	5.6
Base posterior /rama primaria (cct)	4	44.1	–	47.4		–		45.2	–	1.5	–

Género *Macrobiotus* C.A.S. Schultze, 1834
Macrobiotus morfoespecie IV

Localidad: Milpa Alta, Ciudad de México.

Sitio de colecta: 61 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Haplocladium microphyllum* Brotherus, 1907 y madera.

Tardígrados obtenidos: 4 (Tabla 10)

Descripción del hábitat: Zona boscosa, compuesta principalmente por *Pinus leiophylla*, *P. montezumae* y *P. hartwegii*, clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano (Navarro-Frías *et al.*, 2007).

Descripción: Longitud del cuerpo de 199-506 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, con ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa sin poros (Figura 24). Tres hileras de dientes, tubo bucal recto y rígido, con una longitud promedio de 49.9 μm y un ancho externo promedio de 11.4 μm , el punto de inserción del soporte del estilete mide promedio 38.8 μm ; el bulbo faríngeo presenta tres filas de macroplacoidas y una de microplacoidas, la secuencia de macroplacoidas es 2<1<3 (Figura 25 A). Garras tipo “*Hufelandi*”; garras I-IV presentan lúnulas con margen liso, alargadas (Figura 25 B, C).



Figura 24. Habito de *Macrobotus* morfoespecie IV. Organismo adulto. Microscopía de campo claro. Escala 120 μm.

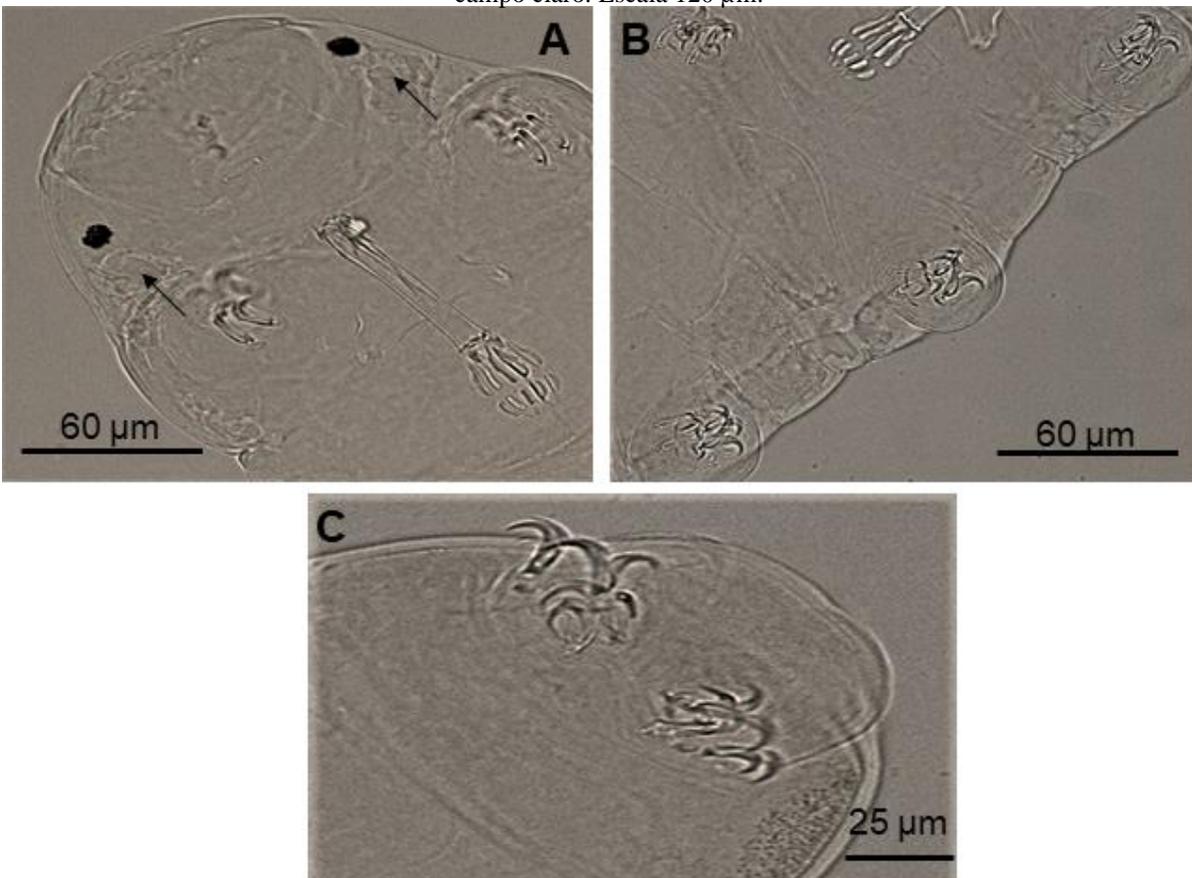


Figura 25. Detalle de aparato bucal y garras de *Macrobotus* morfoespecie IV. A, Aparato bucal, la flecha indica la presencia de ojos circulares negros. B-C, Detalle de garras tipo “*Hufelandi*”; B, Garras I-III; C, Garras IV. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm, 60 μm, 25 μm.

Tabla 10. Morfometría de *Macrobiotus* morfoespecie IV. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; *pt* (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N	Rango				Media		DS			
		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>				
Longitud del cuerpo	4	199	–	506	606	–	860	352	697	128	117
Tubo bucofaringeo											
Longitud tubo bucal	4	32.2	–	62.9		–		49.9	–	13.9	–
Punto de inserción del soporte del estilete	4	23.1	–	50.5	71.9	–	80.3	38.8	76.8	12.6	4.1
Ancho externo del tubo bucal	4	4.0	–	17.0	12.4	–	29.0	11.4	21.2	6.4	7.7
Ancho interno del tubo bucal	4	2.7	–	15.4	8.5	–	26.1	9.7	17.8	6.3	8.3
Longitud de la lámina ventral	4	20.1	–	37.6	57.7	–	62.5	30.2	60.6	8.4	2.3
Longitud de las placoidas											
Macroplacoida 1	4	4.0	–	10.8	10.3	–	18.4	7.0	13.6	3.2	3.4
Macroplacoida 2	4	3.1	–	9.5	9.7	–	16.1	6.2	12.0	2.9	3.0
Macroplacoida 3	4	4.4	–	11.9	13.7	–	20.3	8.1	15.9	3.3	3.0
Microplacoida	4	2.0	–	3.7	4.4	–	6.8	2.8	5.7	0.8	1.1
Fila de macroplacoida	4	11.0	–	32.0	34.1	–	54.3	22.2	42.9	9.7	8.9
Fila de placoidas	4	13.0	–	38.4	40.5	–	65.3	27.3	52.5	12.5	11.6
Altura de las garras 1											
Base externa	4	3.3	–	4.5	6.6	–	10.7	3.9	8.1	0.6	1.8
Rama primaria externa	4	10.3	–	15.3	19.3	–	32.0	12.3	25.6	2.2	5.2
Rama secundaria externa	4	8.5	–	10.4	16.4	–	26.5	9.8	20.6	0.9	4.5
Base externa/rama primaria (cct)	4	29.3	–	34.3		–		31.6	–	2.7	–
Base interna	4	2.9	–	4.1	6.5	–	9.1	3.8	7.8	0.6	1.3
Rama primaria interna	4	8.9	–	12.2	19.3	–	27.8	11.0	22.8	1.5	3.9
Rama secundaria interna	4	7.2	–	10.5	14.6	–	23.4	8.6	17.9	1.5	3.9
Base interna /Rama primaria (cct)	4	32.7	–	36.6		–		34.4	–	1.6	–
Altura de las garras 2											
Base externa	4	3.3	–	5.3	7.7	–	10.1	4.2	8.5	0.9	1.1
Rama primaria externa	4	11.4	–	15.8	25.1	–	35.3	13.9	28.9	2.1	4.6
Rama secundaria externa	4	9.6	–	13.4	20.7	–	29.8	11.4	23.6	2.1	4.2
Base externa/rama primaria (cct)	4	27.6	–	33.3		–		29.7	–	2.5	–
Base interna	4	2.5	–	5.8	7.1	–	9.1	4.1	8.1	1.3	0.9
Rama primaria interna	4	9.7	–	14.9	19.5	–	30.2	12.1	25.0	2.2	4.4
Rama secundaria interna	4	7.9	–	12.2	19.4	–	24.7	10.4	21.4	2.0	2.3
Base interna /Rama primaria (cct)	4	25.6	–	46.9		–		33.7	–	9.6	–
Altura de las garras 3											
Base externa	4	3.0	–	4.7	6.6	–	9.3	3.7	7.5	0.8	1.3
Rama primaria externa	4	11.1	–	15.2	20.9	–	34.5	12.7	26.7	1.7	5.8
Rama secundaria externa	4	8.7	–	13.3	18.6	–	28.3	10.5	21.8	2.1	4.5
Base externa/rama primaria (cct)	4	24.2	–	31.9		–		28.5	–	3.6	–
Base interna	4	3.1	–	3.8	6.0	–	11.3	3.5	7.6	0.3	2.5
Rama primaria interna	4	9.3	–	12.8	19.9	–	28.8	11.2	23.3	1.7	3.9
Rama secundaria interna	4	8.0	–	10.6	16.7	–	24.7	9.3	19.4	1.4	3.6
Base interna /Rama primaria (cct)	4	27.7	–	39.2		–		31.9	–	5.0	–
Altura de las garras 4											
Base anterior	4	3.9	–	6.2	8.8	–	12.2	4.9	10.1	1.0	1.5
Rama primaria anterior	4	11.1	–	15.9	23.0	–	34.3	13.6	28.2	2.1	4.7
Rama secundaria anterior	4	8.7	–	12.4	19.5	–	26.9	10.8	22.4	1.8	3.2
Base anterior /Rama primaria (cct)	4	32.7	–	42.7		–		36.0	–	4.6	–
Base posterior	4	4.0	–	7.1	10.1	–	12.5	5.6	11.3	1.5	1.1
Rama primaria posterior	4	11.4	–	17.5	20.5	–	35.4	13.6	28.4	2.7	6.2
Rama secundaria posterior	4	9.5	–	16.1	19.3	–	29.4	11.7	23.9	3.1	4.5
Base posterior /rama primaria (cct)	4	35.3	–	52.4		–		41.0	–	7.9	–

Género *Macrobotus* R.O. Schuster, 1980
***Macrobotus* morfoespecie V**

Localidad: Milpa Alta, Ciudad de México

Sitio de colecta: 58 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Eipterygium mexicanum* Brotherus, 1903 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 5 (Tabla 11)

Descripción del hábitat: Zona boscosa, compuesta principalmente por *Pinus leiophylla*, *P. montezumae* y *P. hartwegii*, clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano (Navarro-Frías *et al.*, 2007).

Descripción: Longitud del cuerpo de 109-522 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, con ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa sin poros (Figura 26). Tres hileras de dientes, tubo bucal recto y rígido, con una longitud promedio de 46 μm y un ancho externo promedio de 8.7 μm , el punto de inserción del soporte del estilete mide promedio 34.9 μm ; el bulbo faríngeo presenta tres filas de macroplacoidas y una de microplacoidas, la secuencia de las macroplacoidas es 2<1<3, (Figura 27 A). Garras tipo “*Hufelandi*”; garras I-IV presentan lúnulas con margen liso, alargadas (Figura 27 B, C, D).

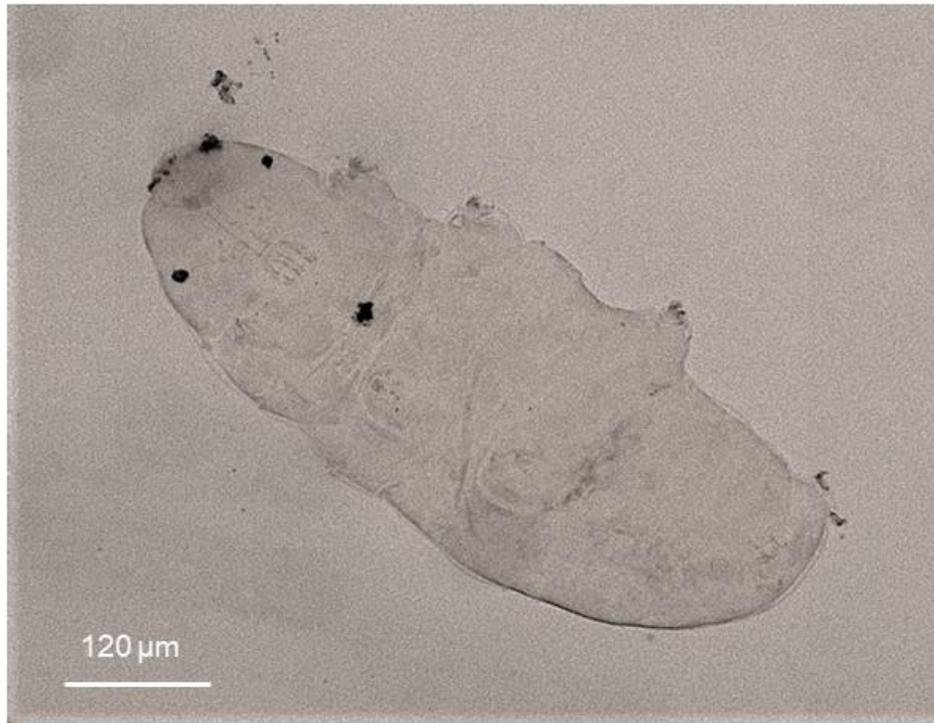


Figura 26. Habito de *Macrobotus* morfoespecie V. A, Organismo adulto. Microscopía de campo claro. Escala 120 μm .

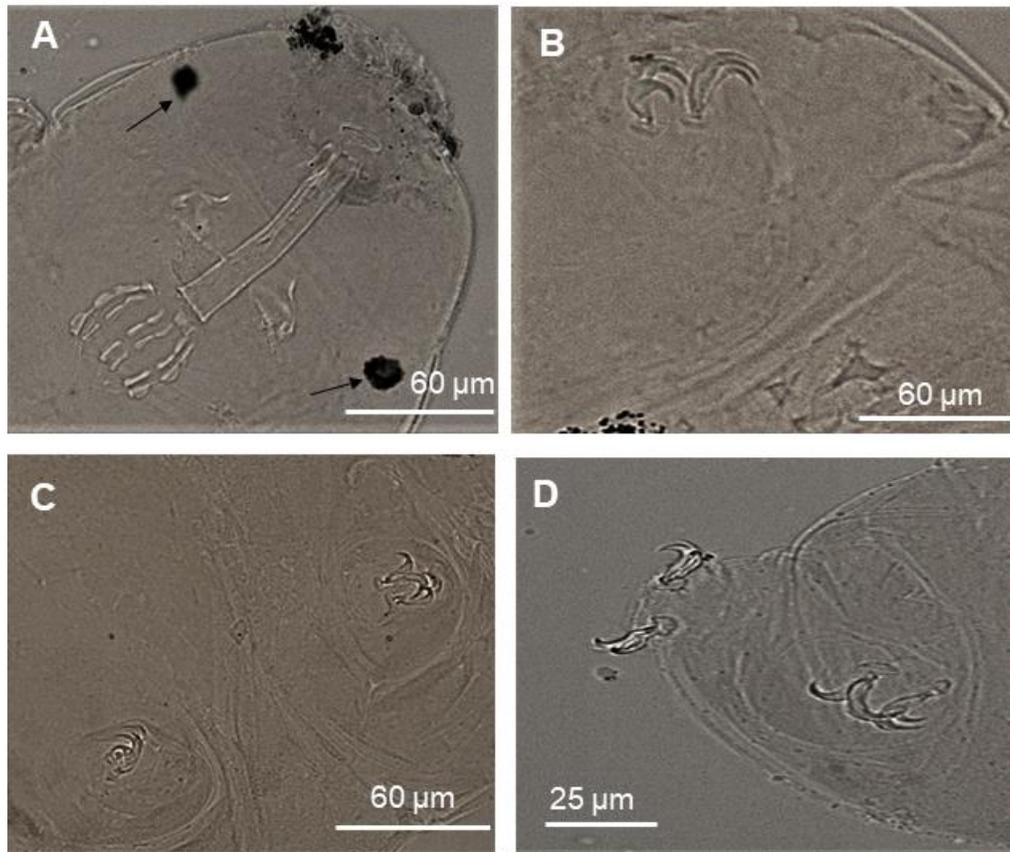


Figura 27. Detalle de aparato bucal y garras de *Macrobotus* morfoespecie V. A, Aparato bucal, la flecha indica la presencia de manchas oculares circulares; B, Garras I tipo “*Hufelandi*”; C, Garras II-III tipo “*Hufelandi*”; D, Garras IV, I tipo “*Hufelandi*”. A-D, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm , 60 μm , 60 μm , 25 μm .

Tabla 11. Morfometría de *Macrobiotus* morfoespecie V. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; *pt* (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N			Rango			Media		DS		
				μm	<i>pt</i>		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	
Longitud del cuerpo	5	109	–	522	623	–	811	281	688	149	88
Tubo bucofaríngeo											
Longitud tubo bucal	4	39.5	–	64.3		–		46.0	–	12.2	–
Punto de inserción del soporte del estilete	4	29.7	–	50.2	73.6	–	78.1	34.9	75.5	10.2	1.9
Ancho externo del tubo bucal	4	5.2	–	17.5	13.0	–	27.3	8.7	17.7	5.9	6.5
Ancho interno del tubo bucal	4	3.8	–	15.6	9.6	–	24.2	7.3	14.5	5.5	6.6
Longitud de la lámina ventral	4	22.0	–	34.6	53.9	–	61.6	26.1	57.2	5.8	3.7
Longitud de las placoidas											
Macroplacoida 1	3	8.0	–	10.2	20.3	–	25.3	9.2	23.2	1.1	2.6
Macroplacoida 2	3	4.8	–	5.6	12.1	–	14.0	5.1	12.8	0.5	1.0
Macroplacoida 3	3	8.2	–	10.4	20.5	–	25.5	9.4	23.4	1.3	2.8
Microplacoida	3	2.1	–	2.9	5.3	–	7.1	2.4	6.1	0.4	0.9
Fila de macroplacoida	3	15.1	–	18.3	38.3	–	45.5	16.3	40.7	1.8	4.1
Fila de placoidas	3	18.1	–	21.6	45.8	–	53.6	19.3	48.5	2.0	4.4
Altura de las garras 1											
Base externa	5	3.5	–	5.2	6.7	–	11.2	4.3	9.1	0.6	1.9
Rama primaria externa	5	10.7	–	16.5	25.7	–	32.8	13.0	28.0	2.4	3.3
Rama secundaria externa	5	9.4	–	14.1	21.9	–	29.4	11.2	24.7	1.9	3.3
Base externa/rama primaria (cct)	5	26.1	–	37.4		–		33.5	–	4.6	–
Base interna	5	3.1	–	4.7	6.2	–	10.4	3.9	8.5	0.6	1.9
Rama primaria interna	5	9.6	–	14.3	22.3	–	33.2	12.4	27.2	1.9	5.0
Rama secundaria interna	5	8.5	–	11.1	17.3	–	24.2	9.8	21.2	1.2	2.9
Base interna /Rama primaria (cct)	5	28.0	–	34.6		–		31.8	–	2.4	–
Altura de las garras 2											
Base externa	5	3.0	–	5.8	7.0	–	13.5	4.7	10.0	1.1	3.2
Rama primaria externa	5	11.6	–	15.1	23.5	–	35.7	13.7	30.0	1.6	5.1
Rama secundaria externa	5	9.3	–	12.2	19.0	–	28.2	10.9	23.8	1.4	3.8
Base externa/rama primaria (cct)	5	26.1	–	38.9		–		33.9	–	5.7	–
Base interna	5	2.9	–	5.4	6.0	–	10.7	4.1	8.4	0.9	2.2
Rama primaria interna	5	9.6	–	14.2	22.0	–	30.4	12.2	26.6	1.7	4.1
Rama secundaria interna	5	7.7	–	11.4	17.8	–	27.4	9.8	21.4	1.7	4.3
Base interna /Rama primaria (cct)	5	27.1	–	40.2		–		33.1	–	5.0	–
Altura de las garras 3											
Base externa	5	3.0	–	6.4	7.3	–	11.6	4.6	9.4	1.2	2.3
Rama primaria externa	5	11.7	–	16.1	25.1	–	35.7	14.2	31.4	1.6	5.1
Rama secundaria externa	5	9.7	–	13.1	20.4	–	27.3	11.1	24.7	1.2	3.1
Base externa/rama primaria (cct)	5	26.0	–	42.9		–		32.5	–	6.4	–
Base interna	5	3.8	–	5.1	6.7	–	12.5	4.4	9.7	0.6	2.4
Rama primaria interna	5	9.8	–	14.0	21.7	–	30.6	12.1	26.8	1.5	4.3
Rama secundaria interna	5	8.5	–	12.3	19.1	–	28.0	10.2	22.6	1.6	3.8
Base interna /Rama primaria (cct)	5	30.7	–	41.4		–		36.7	–	4.8	–
Altura de las garras 4											
Base anterior	5	4.0	–	6.6	8.0	–	16.2	5.7	12.5	1.1	4.1
Rama primaria anterior	5	9.4	–	15.2	23.5	–	35.8	13.0	27.8	2.6	5.8
Rama secundaria anterior	5	6.9	–	11.4	17.3	–	28.1	10.1	22.0	1.9	5.4
Base anterior /Rama primaria (cct)	5	34.1	–	56.1		–		44.3	–	7.9	–
Base posterior	5	2.8	–	8.7	7.0	–	17.9	6.2	12.7	2.2	5.6
Rama primaria posterior	5	10.9	–	16.4	25.4	–	38.7	14.2	30.8	2.3	5.9
Rama secundaria posterior	5	8.5	–	12.2	19.0	–	27.3	10.4	22.9	1.4	3.6
Base posterior /rama primaria (cct)	5	25.5	–	55.6		–		43.3	–	12.8	–

Género *Macrobotus* R.O. Schuster, 1980
***Macrobotus* morfoespecie VI**

Localidad: Hidalgo

Sitio de colecta: 100 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Pylaisia falcata* Schimper, 1851 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 1

Descripción del hábitat: Zona entre el área semidesértica y boscosa, en esta última se observan principalmente árboles como el encino prieto y el oyamel, clima templado-semifrío (INAFED, 1987).

Descripción: Longitud del cuerpo de 316 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, con ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa sin poros (Figura 28). Tres hileras de dientes, el tubo bucal es recto con una longitud de 51.0 μm , ancho externo de 9.3 μm y un ancho interno de 7.2 μm ; el punto de inserción del soporte del estilete mide 38.9 μm , mientras que la longitud de la lámina ventral es de 32.1 μm . El bulbo faríngeo presenta placoidas cuya longitud es de 31.4 μm , cuenta con tres filas de macroplacoidas cuya longitud total es de 24.6 μm y una de microplacoidas que muestra un tamaño de 3.0 μm , con la siguiente secuencia de macroplacoidas: 2<3<1, el tamaño de la primer macroplacoida es de 5.6 μm , el de la segunda macroplacoida es 3.9 μm y el de la tercera macroplacoida es 4.8 μm . (Figura 29 A). Garras tipo “*Hufelandi*”, presentan lúnulas alargadas con margen liso (Figura 29 B, C); en la garra 1, su base externa presenta una altura de 3.9 μm , así como su rama externa primaria tiene una altura de 14.4 μm y la interna de 10.4 μm , en lo que respecta a la altura de su base interna esta es de 3.6 μm y su rama primaria interna presenta una altura de 13.1 μm y la secundaria de 11.6 μm ; la garra 2 muestra una altura en su base externa de 4.1 μm , su rama externa primaria tiene una altura de 14.2 μm y la interna de 10.6 μm , mientras que la base interna tiene una altura de 3.7 μm , su rama primaria interna presenta una altura de 11.6 μm y la secundaria de 9.5 μm ; la base externa de la garra 3 presenta una altura de 4.2 μm , su rama externa primaria tiene una altura de 13.8 μm y la interna de 12.4 μm , la base interna mostró una altura de 2.8 μm , su rama primaria interna presenta una altura de 13.3 μm y la secundaria de 10.3 μm ; la garra 4 tiene una altura en su base anterior de 3.6 μm , su rama primaria anterior tiene una altura de 12.8 μm y la secundaria de 6.0 μm , mientras

que la altura de la base posterior es de 2.6 μm , su rama primaria posterior presenta una altura de 12.7 μm y la secundaria de 10.8 μm .



Figura 28. Habito de *Macrobotus* morfoespecie VI. Organismo adulto. Microscopía de campo claro. Escala 120 μm

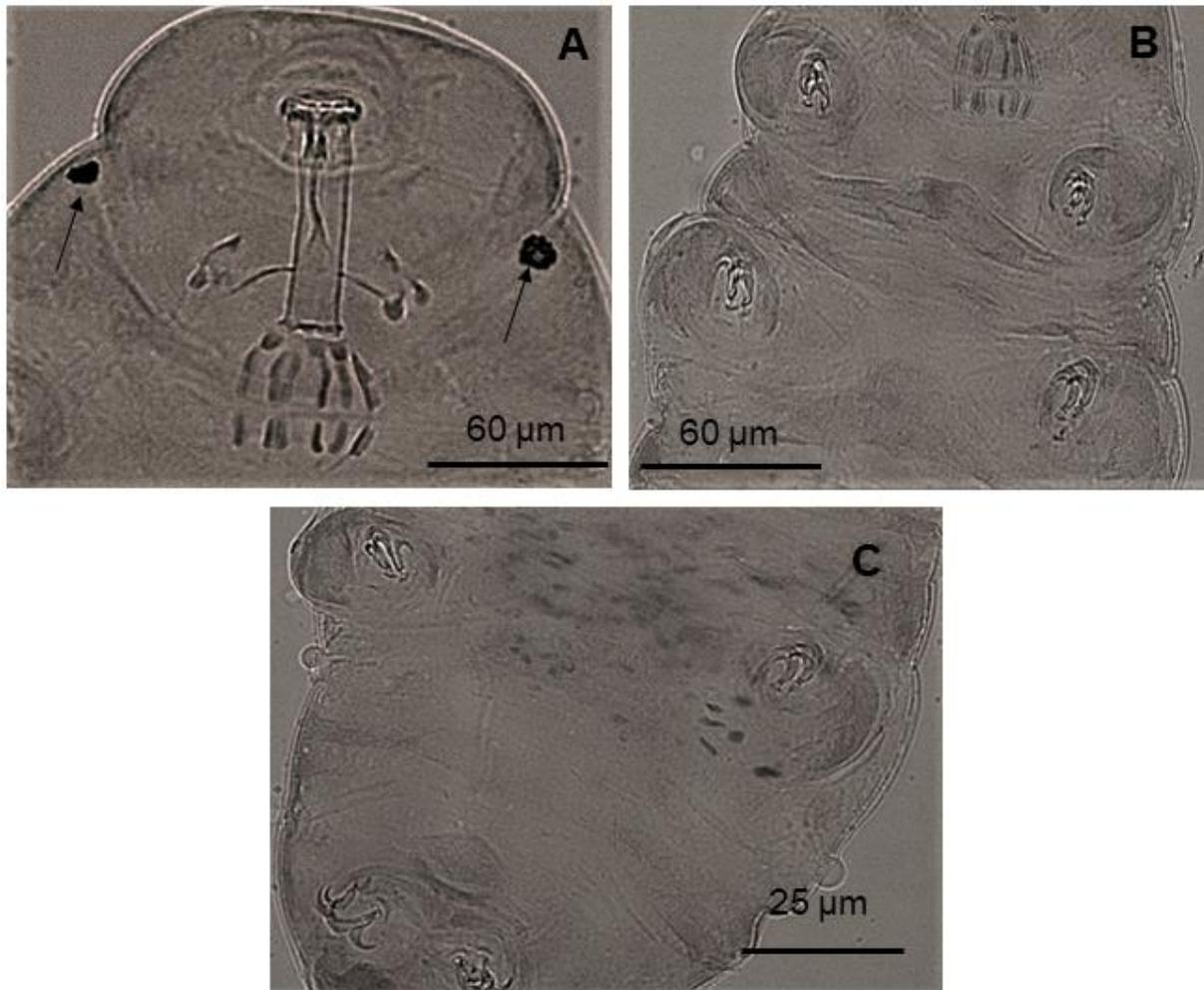


Figura 29. Detalle de aparato bucal y garras de *Macrobiotus morfoespecie VI*. A, Aparato bucal, la flecha indica la presencia de manchas oculares circulares; B, Garras I-II tipo “*Hufelandi*”; C, Garras III-IV tipo “*Hufelandi*”. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm, 60 μm, 25 μm

Phylum Tardigrada Doyère, 1840
Clase Eutardigrada Richters, 1962
Orden Parachela Schuster et al., 1980
Superfamilia Macrobiotidea Thulin, 1928
Familia Macrobiotidae Thulin, 1928
Género *Mesobiotus* Vecchi, Cesari, Bertolani, Jönsson, Rebecchi & Guidetti, 2016
Mesobiotus morfoespecie I

Diagnosis del género: Cutícula sin poros, cuenta con diez laminillas peribucales en la abertura de la boca, el tubo bucal es rígido, el bulbo faríngeo cuenta con tres macroplacoidas redondeadas y una microplacoida situada muy cerca de ellas (menos de su longitud), las garras dobles tipo “Y” con un tracto común, el cual esta caracterizado por un tabique interno que define una parte distal, mientras que los huevos se caracterizan por tener procesos cónicos o hemisféricos, generalmente con puntas puntiagudas (Vecchi *et al.*, 2016).

Localidad: Los Dinamos, Magdalena Contreras, Ciudad de México

Sitio de colecta: 53 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Funaria* sp. y suelo.

Tardígrados obtenidos: 3 (Tabla 12)

Descripción del hábitat: Zona boscosa, compuesta principalmente por pino, el abeto, el encino, el junípero y el madroño, clima templado húmedo.

Descripción: Longitud del cuerpo de 310-412 μm , coloración del cuerpo naranja *in vivo* y transparente al ser montado, presencia de ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa sin poros (Figura 30). Tres hileras de dientes, tubo bucal rígido y recto, con una longitud promedio de 52 μm y un ancho externo promedio de 10.5 μm , el punto de inserción del soporte del estilete mide promedio 40.5 μm ; el bulbo faríngeo presenta tres filas de macroplacoidas y una de microplacoidas, la secuencia de las macroplacoidas es la siguiente 2<1<3 (Figura 31 A). Garras tipo “*Hufelandi*”, presentan lúnulas alargadas con margen liso (Figura 31 B, C).

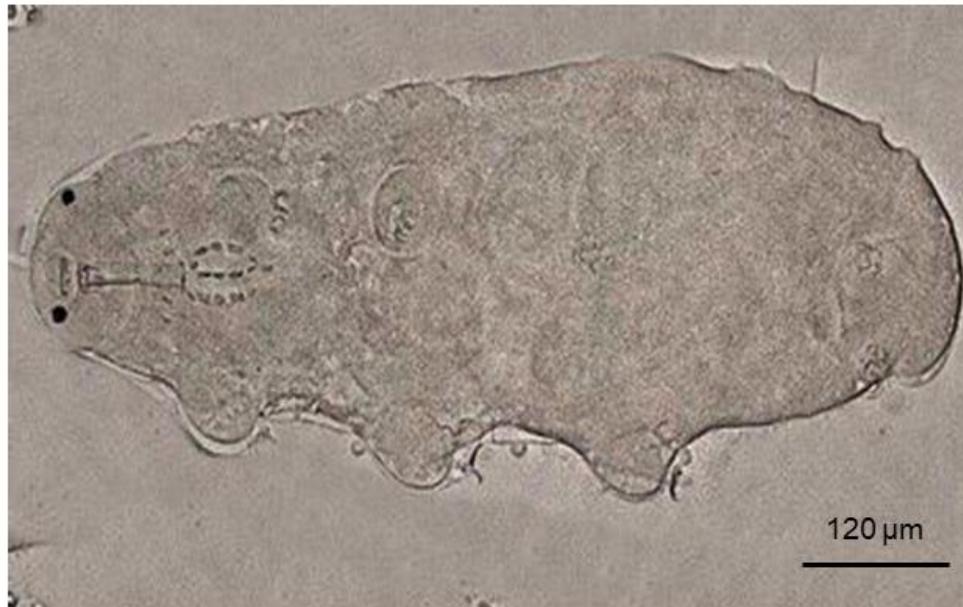


Figura 30. Habito de *Mesobiotus* morfoespecie I. Organismo adulto. Microscopía de campo claro. Escala 120 μm .

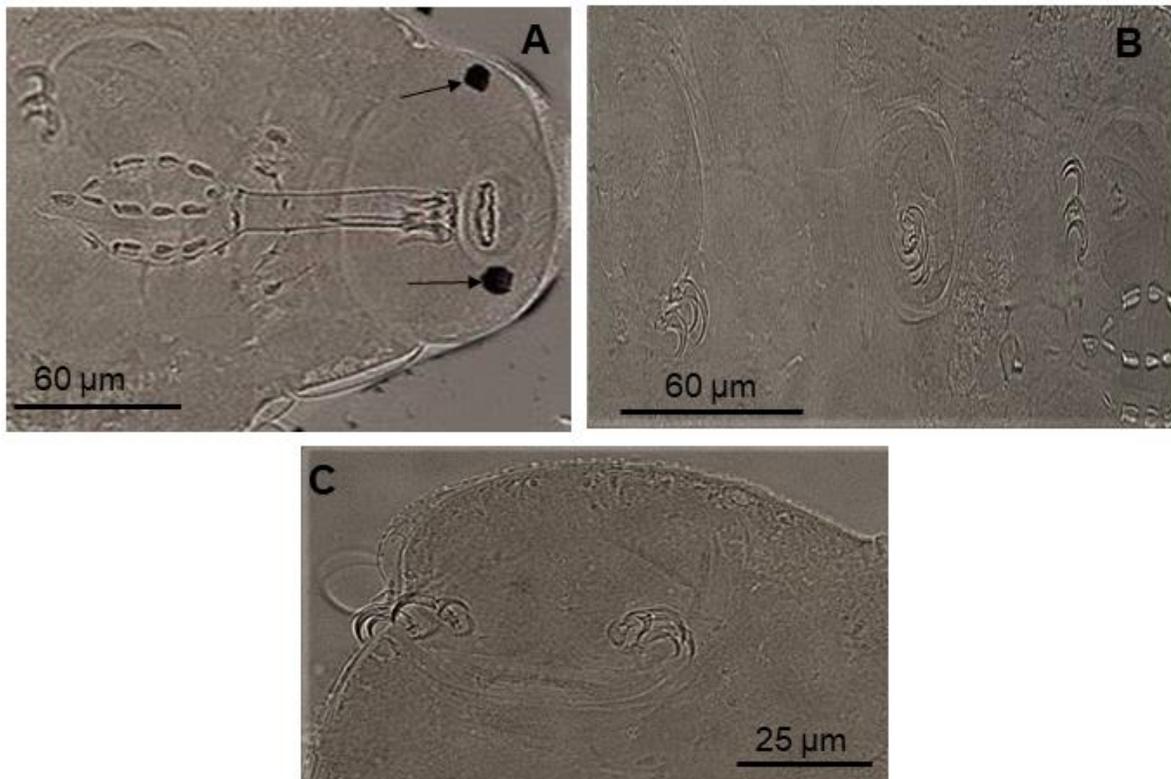


Figura 31. Detalle de aparato bucal y garras de *Mesobiotus* morfoespecie I. A, Aparato bucal; la flecha indica la presencia de manchas oculares; B, Garras I-III tipo “*Hufelandi*”; C, Garras IV tipo “*Hufelandi*”. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm , 60 μm , 25 μm

Tabla 12. Morfometría de *Mesobiotus* morfoespecie I. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; *pt* (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N			Rango		Media		DS			
		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>		
Longitud del cuerpo	3	310	–	412	773	–	790	374	781	56	12
Tubo bucofaringeo											
Longitud tubo bucal	2	52.0	–	52.1		–		52.0	–	0.1	–
Punto de inserción del soporte del estilete	2	40.4	–	40.6	77.7	–	77.8	40.5	77.7	0.1	0.1
Ancho externo del tubo bucal	2	10.3	–	10.8	19.7	–	20.7	10.5	20.2	0.4	0.7
Ancho interno del tubo bucal	2	9.1	–	9.1	17.4	–	17.4	9.1	17.4	0.0	0.0
Longitud de la lámina ventral	2	30.2	–	30.3	57.9	–	58.3	30.2	58.1	0.1	0.3
Longitud de las placoidas											
Macroplacoida 1	2	7.1	–	7.2	13.7	–	13.8	7.1	13.7	0.0	0.1
Macroplacoida 2	2	5.7	–	6.2	10.9	–	12.0	6.0	11.4	0.4	0.7
Macroplacoida 3	2	7.4	–	8.6	14.3	–	16.4	8.0	15.4	0.8	1.5
Microplacoida	2	5.9	–	5.9	11.2	–	11.4	5.9	11.3	0.0	0.1
Fila de macroplacoida	2	22.5	–	24.1	43.3	–	46.2	23.3	44.8	1.1	2.0
Fila de placoidas	2	30.4	–	31.5	58.5	–	60.5	31.0	59.5	0.8	1.4
Altura de las garras 1											
Base externa	3	3.1	–	5.4	6.7	–	10.4	4.0	8.6	1.2	2.6
Rama primaria externa	3	11.1	–	14.7	21.8	–	28.1	12.4	25.0	2.0	4.4
Rama secundaria externa	3	7.1	–	9.9	17.6	–	18.9	8.7	18.2	1.4	0.9
Base externa/rama primaria (cct)	3	23.9	–	47.8		–		33.1	–	12.8	–
Base interna	3	2.0	–	4.2	3.9	–	8.1	3.2	6.0	1.1	3.0
Rama primaria interna	3	9.3	–	13.4	23.1	–	25.7	11.5	24.4	2.1	1.9
Rama secundaria interna	3	6.2	–	8.3	15.4	–	15.9	7.5	15.6	1.1	0.4
Base interna /Rama primaria (cct)	3	15.1	–	36.5		–		29.0	–	12.0	–
Altura de las garras 2											
Base externa	3	3.6	–	5.4	6.8	–	10.3	4.3	8.6	0.9	2.5
Rama primaria externa	3	9.7	–	17.3	21.7	–	33.2	12.8	27.5	4.0	8.2
Rama secundaria externa	3	7.1	–	12.3	13.6	–	23.5	9.1	18.5	2.8	7.0
Base externa/rama primaria (cct)	3	20.5	–	47.4		–		36.4	–	14.1	–
Base interna	3	3.3	–	4.8	8.4	–	9.3	4.2	8.9	0.8	0.6
Rama primaria interna	3	9.7	–	10.9	19.2	–	20.9	10.2	20.1	0.6	1.2
Rama secundaria interna	3	7.4	–	8.5	14.3	–	15.1	7.9	14.7	0.5	0.6
Base interna /Rama primaria (cct)	3	34.3	–	44.3		–		40.8	–	5.6	–
Altura de las garras 3											
Base externa	3	3.1	–	3.7	6.0	–	7.1	3.4	6.5	0.3	0.8
Rama primaria externa	3	13.4	–	18.0	27.8	–	34.6	15.3	31.2	2.4	4.8
Rama secundaria externa	3	7.6	–	12.2	20.2	–	23.5	10.1	21.8	2.3	2.3
Base externa/rama primaria (cct)	3	20.4	–	25.2		–		22.4	–	2.5	–
Base interna	3	3.5	–	5.1	8.4	–	9.7	4.3	9.1	0.8	0.9
Rama primaria interna	3	9.4	–	11.6	21.8	–	22.4	10.8	22.1	1.2	0.4
Rama secundaria interna	3	8.5	–	10.2	16.2	–	19.7	9.1	18.0	1.0	2.5
Base interna /Rama primaria (cct)	3	37.4	–	44.6		–		39.9	–	4.1	–
Altura de las garras 4											
Base anterior	3	4.1	–	8.1	7.9	–	15.6	5.7	11.7	2.1	5.4
Rama primaria anterior	3	11.4	–	15.9	27.9	–	30.4	13.9	29.2	2.3	1.8
Rama secundaria anterior	3	6.9	–	10.8	15.6	–	20.8	8.6	18.2	2.0	3.7
Base anterior /Rama primaria (cct)	3	28.4	–	51.2		–		40.7	–	11.5	–
Base posterior	3	6.6	–	7.8	12.7	–	15.1	7.3	13.9	0.6	1.6
Rama primaria posterior	3	12.2	–	14.8	23.6	–	28.4	13.4	26.0	1.3	3.4
Rama secundaria posterior	3	6.9	–	11.3	17.2	–	21.7	9.0	19.5	2.2	3.2
Base posterior /rama primaria (cct)	3	44.9	–	64.0		–		55.0	–	9.6	–

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

Localidad: San José “El Marqués”, Hidalgo

Sitio de colecta: 100 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Pylaisia falcata* Schimper, 1851 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 1

Descripción del hábitat: Zona entre el área semidesértica y boscosa, en esta última se observan principalmente árboles como el encino prieto y el oyamel, clima templado-semifrío (INAFED, 1987).

Descripción: Longitud del cuerpo de 242 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, presencia de ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa sin poros (Figura 32). Tres hileras de dientes, el tubo bucal es recto con una longitud de 32.7 μm , ancho externo de 6.8 μm y un ancho interno de 5.8 μm ; el punto de inserción del soporte del estilete mide 23.6 μm , mientras que la longitud de la lámina ventral es de 20.1 μm . El bulbo faríngeo presenta placoidas cuya longitud es de 17.2 μm , en esta se presentan tres filas de macroplacoidas cuya longitud total es de 14.9 μm y una de microplacoidas que cuentan con un tamaño de 1.2 μm , con la siguiente secuencia de macroplacoidas: 1>2<3, el tamaño de la primer macroplacoida es de 8.0 μm , el de la segunda macroplacoida es 4.9 μm y el de la tercera macroplacoida es 8.3 μm . (Figura 33 A). Garras tipo “*Hufelandi*”, presentan lúnulas alargadas con margen liso (Figura 33 B, C); en la garra 1, su base externa presenta una altura de 2.6 μm , así como su rama externa primaria tiene una altura de 9.2 μm y la interna de 7.2 μm , en lo que respecta a la altura de su base interna esta es de 1.8 μm y su rama primaria interna presenta una altura de 8.1 μm y la secundaria de 6.1 μm ; la garra 2 muestra una altura en su base externa de 3.4 μm , su rama externa primaria tiene una altura de 10.5 μm y la interna de 9.2 μm , mientras que la base interna tiene una altura de 2.3 μm , su rama primaria interna presenta una altura de 10.0 μm y la secundaria de 8.6 μm ; la base externa de la garra 3 presenta una altura de 3.3 μm , su rama externa primaria tiene una altura de 10.6 μm y la interna de 8.1 μm , la base interna mostró una altura de 2.6 μm , su rama primaria interna presenta una altura de 13.4 μm y la secundaria de 7.9 μm ; la garra 4 tiene una altura en su base anterior de 4.3 μm , su rama primaria anterior tiene una altura de 9.5 μm y la secundaria de 7.8 μm ,

mientras que la altura de la base posterior es de $6.0\ \mu\text{m}$, su rama primaria posterior presenta una altura de $11.8\ \mu\text{m}$ y la secundaria de $9.2\ \mu\text{m}$.

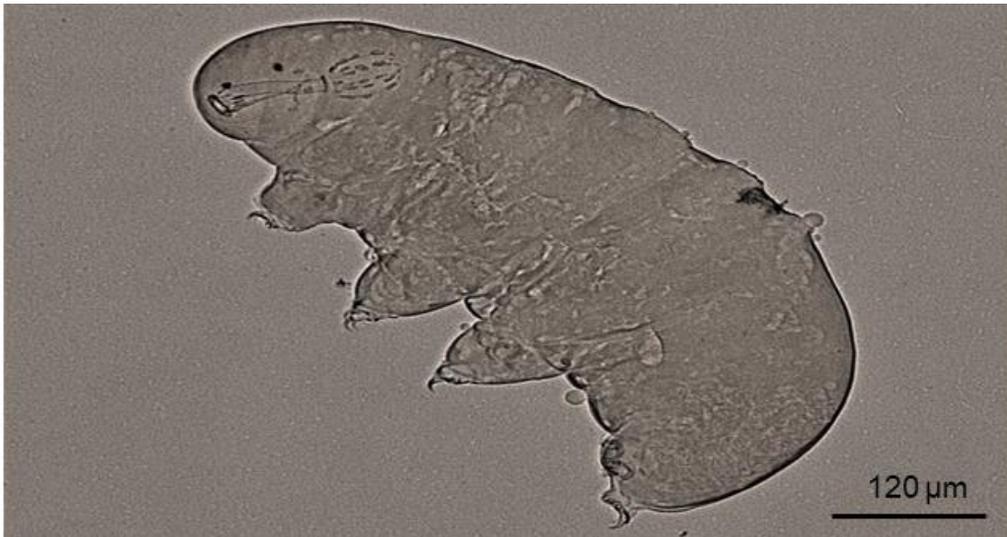


Figura 32. Habito de *Mesobiotus* morfoespecie II. Microscopía de campo claro. Escala $120\ \mu\text{m}$.

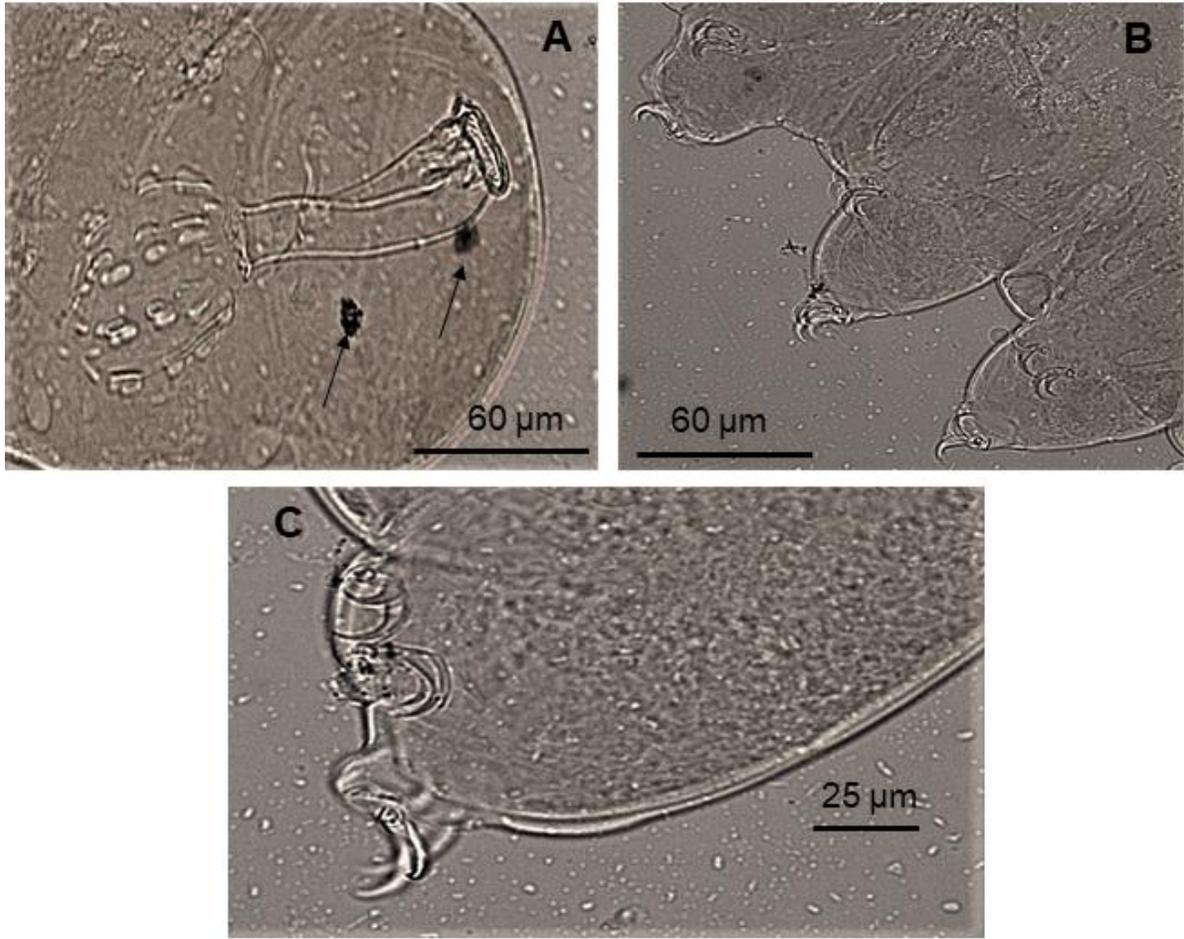


Figura 33. Detalle de aparato bucal y garras de *Mesobiotus* morfoespecie II. A, Aparato bucal; la flecha indica la presencia de manchas oculares circulares. B-C, Detalle de las garras tipo “*Hufelandi*”; B, Garras I-III; C, Garras IV. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm , 60 μm , 25 μm .

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

Localidad: Oaxaca

Sitio de colecta: 71,73,77,79 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Ditrichum rufescens* Hampe, 2007, *Dicranum* sp., *Hedwigia ciliata* Palisot de Beauvois, 1805, *Dicranum sumichrastii* Duby, 1970 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 6 (Tabla 13)

Descripción del hábitat: Coníferas y latifoliada, rodeada por tierras para agricultura (Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Estudios Municipales, Gobierno del Estado de Oaxaca, 1988), clima templado húmedo.

Descripción: Longitud del cuerpo de 201-370 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, presencia de ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa sin poros (Figura 34). Tres hileras de dientes, tubo bucal recto y rígido, con una longitud promedio de 41.4 μm y un ancho externo promedio de 7.5 μm , el punto de inserción del soporte del estilete mide promedio 31.6 μm ; el bulbo faríngeo presenta tres filas de macroplacoidas y una de microplacoidas, la secuencia de las macroplacoidas es $2 < 1 < 3$ (Figura 35 A). Garras tipo “*Hufelandi*”, presentan lúnulas alargadas con margen liso (Figura 35 B, C)

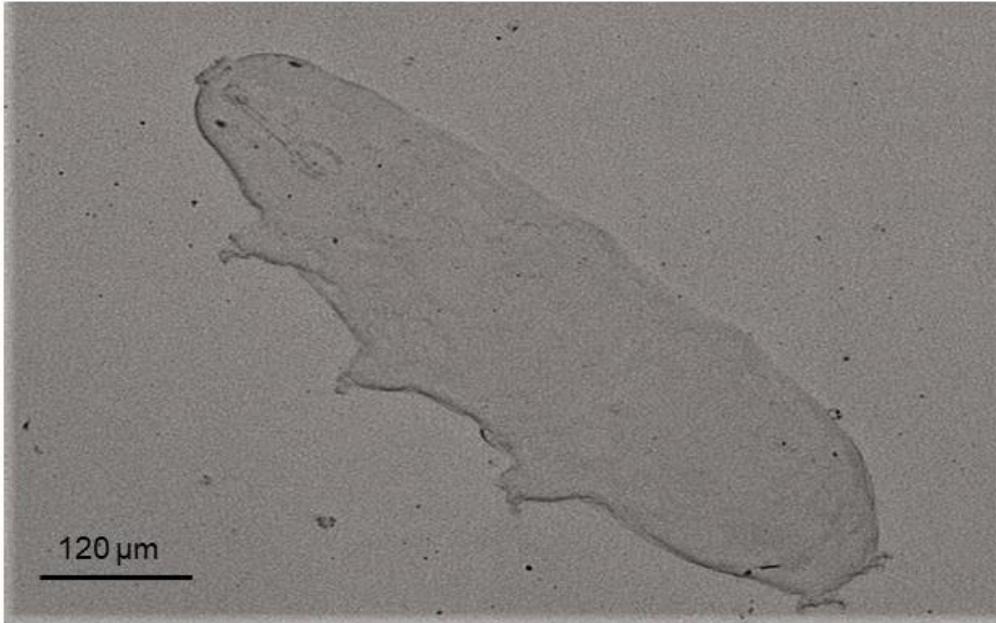


Figura 34. Habito de *Mesobiotus* morfoespecie III. Organismo adulto. Microscopía de campo claro. Escala 120 μm.

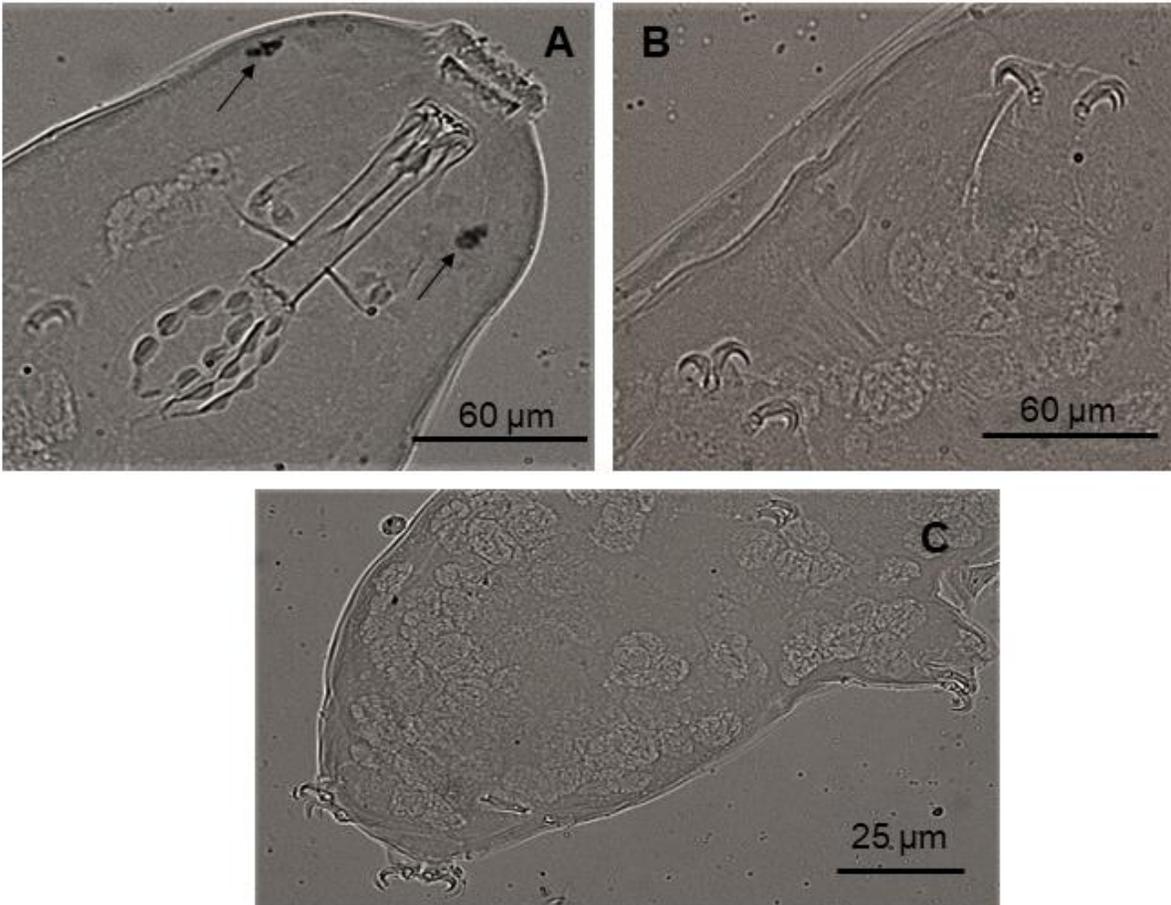


Figura 35. Detalle de aparato bucal y garras de *Mesobiotus* morfoespecie III. A, Aparato bucal, la flecha indica la presencia de manchas oculares circulares; B, Garras I-II tipo “*Hufelandi*”; C, Garras III-IV tipo “*Hufelandi*”. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm, 60 μm, 25 μm

Tabla 13. Morfometría de *Mesobiotus* morfoespecie III. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; *pt* (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N			Rango		Media		DS			
		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>		
Longitud del cuerpo	6	201	–	370	486	–	945	292	693	65	186
Tubo bucofaríngeo											
Longitud tubo bucal	5	37.6	–	49.6		–		41.4	–	4.8	–
Punto de inserción del soporte del estilete	5	26.7	–	38.4	70.9	–	80.0	31.6	76.3	4.3	3.3
Ancho externo del tubo bucal	5	6.3	–	10.9	15.3	–	22.1	7.5	18.0	1.9	2.7
Ancho interno del tubo bucal	5	5.2	–	8.5	12.9	–	17.2	6.2	14.9	1.4	2.0
Longitud de la lámina ventral	5	23.9	–	30.5	59.5	–	67.6	26.1	63.1	2.7	3.0
Longitud de las placoidas											
Macroplacoida 1	5	3.6	–	7.5	8.6	–	16.7	5.2	12.5	1.7	3.3
Macroplacoida 2	5	3.1	–	6.5	7.4	–	13.1	4.0	9.6	1.5	2.4
Macroplacoida 3	5	4.0	–	7.8	9.7	–	16.8	5.4	12.9	1.7	3.1
Microplacoida	5	2.5	–	5.4	6.3	–	10.8	3.4	8.0	1.2	1.8
Fila de macroplacoida	5	14.3	–	25.3	34.6	–	51.0	18.2	43.8	4.2	6.0
Fila de placoidas	5	19.3	–	32.0	46.6	–	64.5	23.5	56.5	4.9	6.7
Altura de las garras 1											
Base externa	6	2.2	–	4.1	5.8	–	8.2	3.1	6.9	0.8	1.1
Rama primaria externa	6	6.0	–	13.4	15.4	–	27.1	8.3	19.9	2.7	4.8
Rama secundaria externa	6	4.0	–	8.9	10.2	–	20.7	6.4	15.7	1.8	3.9
Base externa/rama primaria (cct)	6	30.2	–	50.4		–		37.7	–	6.9	–
Base interna	6	2.4	–	4.1	6.5	–	10.5	3.2	7.6	0.6	1.7
Rama primaria interna	6	6.2	–	11.5	14.9	–	23.2	8.6	19.8	2.0	3.4
Rama secundaria interna	6	5.0	–	8.8	12.1	–	18.1	6.7	15.1	1.5	2.4
Base interna /Rama primaria (cct)	6	31.0	–	57.7		–		38.2	–	10.8	–
Altura de las garras 2											
Base externa	6	2.7	–	6.5	6.4	–	13.2	3.7	9.2	1.4	2.5
Rama primaria externa	6	5.9	–	15.0	14.3	–	30.2	8.8	21.2	3.1	5.8
Rama secundaria externa	6	4.8	–	11.3	11.7	–	22.8	6.5	15.7	2.4	4.4
Base externa/rama primaria (cct)	6	33.0	–	45.0		–		41.7	–	4.5	–
Base interna	6	2.1	–	7.7	5.6	–	15.6	3.5	8.8	2.2	4.1
Rama primaria interna	6	5.7	–	11.9	13.9	–	24.0	8.0	19.7	2.1	3.9
Rama secundaria interna	6	4.0	–	8.9	9.7	–	18.6	6.4	15.7	1.6	3.6
Base interna /Rama primaria (cct)	6	30.3	–	65.1		–		41.8	–	13.7	–
Altura de las garras 3											
Base externa	6	2.6	–	4.5	6.6	–	11.5	3.4	8.1	0.8	2.0
Rama primaria externa	6	4.9	–	14.1	13.0	–	28.5	7.9	18.7	3.2	5.9
Rama secundaria externa	6	4.1	–	12.3	10.8	–	24.9	6.3	14.9	3.0	5.7
Base externa/rama primaria (cct)	6	29.1	–	69.1		–		46.0	–	14.5	–
Base interna	6	2.5	–	4.8	6.1	–	10.0	3.5	8.9	0.8	1.6
Rama primaria interna	6	5.5	–	11.3	13.8	–	22.7	7.6	17.6	2.1	3.6
Rama secundaria interna	6	4.3	–	8.6	11.4	–	17.3	6.0	13.9	1.6	2.6
Base interna /Rama primaria (cct)	6	32.0	–	67.7		–		48.3	–	12.3	–
Altura de las garras 4											
Base anterior	6	3.3	–	7.7	8.5	–	15.5	4.8	11.9	1.6	3.1
Rama primaria anterior	6	5.6	–	16.8	13.6	–	34.0	9.5	22.9	3.9	7.6
Rama secundaria anterior	6	4.4	–	11.6	10.6	–	23.4	6.9	16.5	2.5	4.6
Base anterior /Rama primaria (cct)	6	33.5	–	71.0		–		52.7	–	14.5	–
Base posterior	6	3.5	–	6.8	8.9	–	13.7	4.9	10.9	1.3	2.0
Rama primaria posterior	6	7.2	–	14.9	17.4	–	30.0	9.5	22.9	2.8	4.7
Rama secundaria posterior	6	6.5	–	9.2	16.4	–	19.6	7.6	18.1	1.0	1.6
Base posterior /rama primaria (cct)	6	39.2	–	75.4		–		52.9	–	14.4	–

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

Localidad: El Capulín, Morelos.

Sitio de colecta: 64 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Ptychomitrium serratum* Bruch y Schimper, 1837 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 1

Descripción del hábitat: Coníferas y bosque de oyamel, clima templado húmedo; esta localidad se encuentra entre dos regiones consideradas como centros de endemismos, los cuales son el Eje Neovolcánico y la Cuenca del Balsas (CONABIO y UAEM, 2004).

Descripción: Longitud del cuerpo de 497 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, presencia de ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa sin poros (Figura 36 A). Tres hileras de dientes, el tubo bucal es recto y rígido con una longitud de 50.8 μm , ancho externo de 9.2 μm y un ancho interno de 7.0 μm ; el punto de inserción del soporte del estilete mide 38.6 μm , mientras que la longitud de la lámina ventral es de 34.8 μm . En el bulbo faríngeo se presentan placoidas cuya longitud es de 22.5 μm , en esta se presentan tres filas de macroplacoidas cuya longitud total es de 19.3 μm y una de microplacoidas que cuentan con un tamaño de 1.5 μm , con la siguiente secuencia de macroplacoidas: 2<1<3, el tamaño de la primer macroplacoida es de 4.8 μm , el de la segunda macroplacoida es 3.2 μm y el de la tercera macroplacoida es 4.9 μm . (Figura 36 A). Garras tipo “*Hufelandi*”, presentan lúnulas alargadas con margen liso; la base externa de la garra 3 presenta una altura de 3.9 μm , su rama externa primaria tiene una altura de 12.0 μm y la interna de 9.5 μm , la base interna mostró una altura de 3.3 μm , su rama primaria interna presenta una altura de 11.7 μm y la secundaria de 9.5 μm ; la garra 4 tiene una altura en su base anterior de 4.0 μm , su rama primaria anterior tiene una altura de 11.5 μm y la secundaria de 9.4 μm , mientras que la altura de la base posterior es de 5.4 μm , su rama primaria posterior presenta una altura de 12.0 μm y la secundaria de 11.6 μm (Figura 36 B, C)

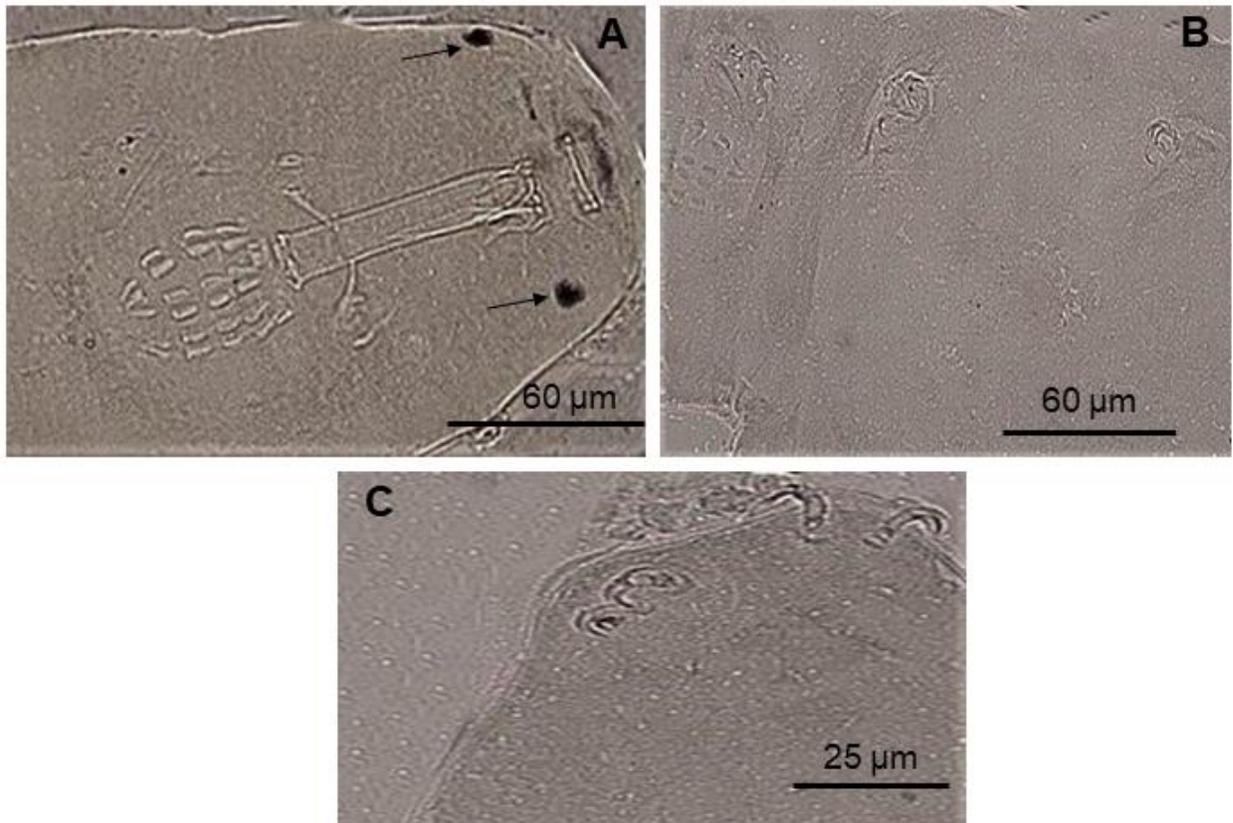


Figura 36. Detalle de aparato bucal y garras de *Mesobiotus* morfoespecie IV. A, Aparato bucal, la flecha indica la presencia de ojos; B, Garras I-III tipo “*Hufelandi*”; C, Garras IV tipo “*Hufelandi*”. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 µm, 60 µm, 25 µm

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

Localidad: Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos.

Sitio de colecta: 65,66,67 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Anomobryum filiforme* Schimper 1860, *Anomobryum postratum* Beschereille 1872, *Hypnum revolutum* Lindb 1867, *Molendoa sendtneriana* Limpricht, 1886, *Hymenostylium recurvirostrum* Zander, 1976 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 5 (Tabla 14)

Descripción del hábitat: Zona boscosa, compuesta principalmente por bosque de pino, siendo las principales especies *Pinus montezumae*, *P. teocote* y *P. hartwegii*, clima templado húmedo; esta localidad se encuentra en el Eje Neovolcánico Transversal (CONABIO y UAEM, 2004).

Descripción: Longitud del cuerpo de 259-551 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, con ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa sin poros (Figura 37 A). Tres hileras de dientes, tubo bucal recto y rígido, con una longitud promedio de 54.8 μm y un ancho externo promedio de 13.5 μm , el punto de inserción del soporte del estilete mide promedio 43.9 μm ; el bulbo faríngeo presenta tres filas de macroplacoidas y una de microplacoidas, la secuencia de las macroplacoidas es 2<1<3 (Figura 37 A). Garras tipo “*Hufelandi*”, presentan lúnulas alargadas con margen liso (Figura 37 B, C).

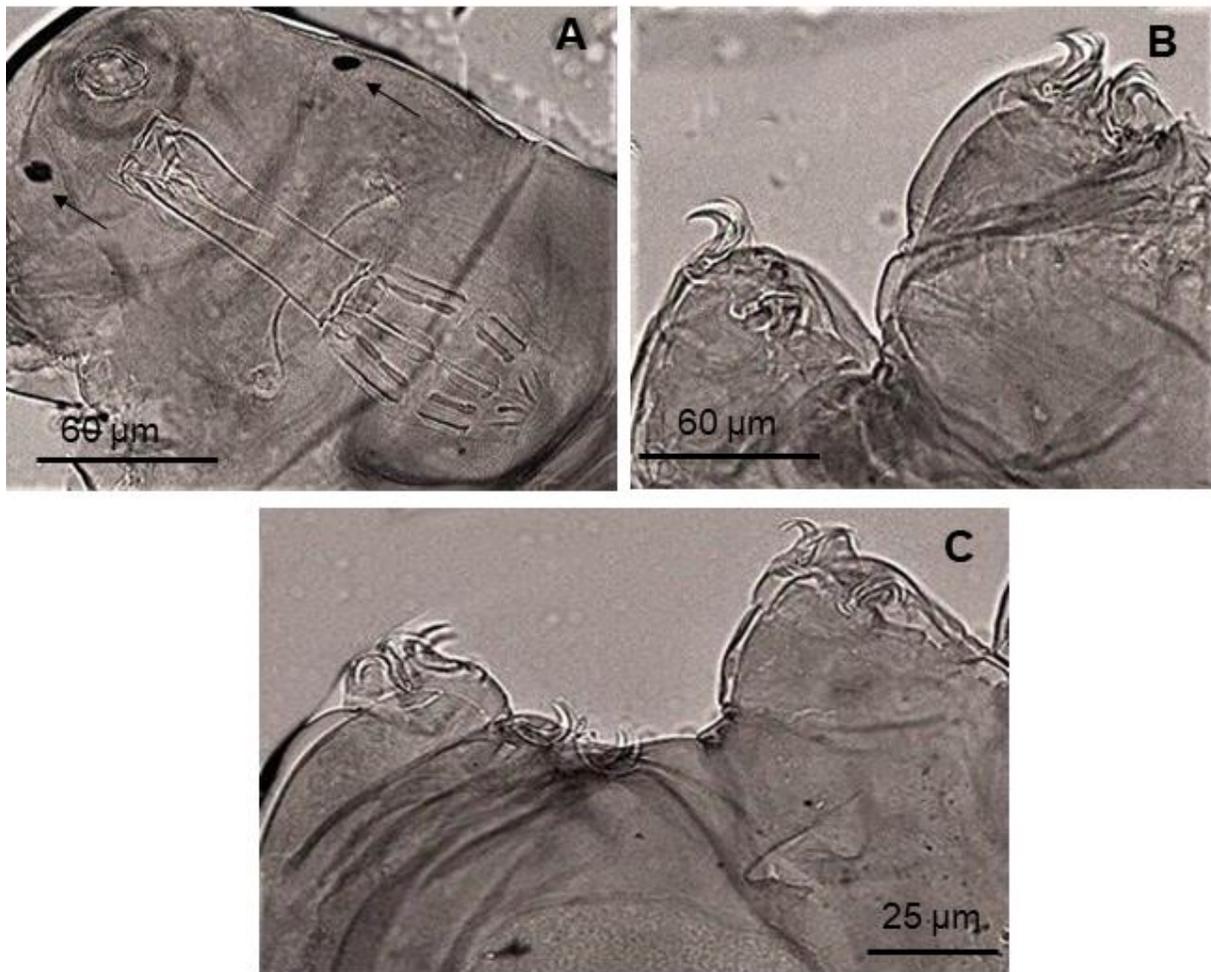


Figura 37. Detalle de aparato bucal y garras de *Mesobiotus* morfoespecie V. A, Aparato bucal, las flechas indican la presencia de ojos; B, Garras I-II tipo “*Hufelandi*”; C, Garras III-IV tipo “*Hufelandi*”. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 µm, 60 µm, 25 µm

Tabla 14. Morfometría de *Mesobiotus* morfoespecie V. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; *pt* (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N	Rango			Media		DS				
		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>				
Longitud del cuerpo	5	259	–	551	569	–	854	423	742	130	152
Tubo bucofaríngeo											
Longitud tubo bucal	3	45.5	–	61.8		–		54.8	–	8.4	–
Punto de inserción del soporte del estilete	3	34.6	–	49.8	76.2	–	82.4	43.9	79.7	8.1	3.2
Ancho externo del tubo bucal	3	8.4	–	17.0	18.5	–	27.4	13.5	24.1	4.5	4.9
Ancho interno del tubo bucal	3	7.1	–	15.6	15.7	–	25.2	12.0	21.4	4.4	5.0
Longitud de la lámina ventral	3	26.3	–	37.0	57.7	–	59.9	32.1	58.5	5.4	1.2
Longitud de las placoidas											
Macroplacoida 1	3	5.2	–	10.4	11.4	–	16.8	8.0	14.3	2.6	2.7
Macroplacoida 2	3	3.9	–	8.9	8.7	–	14.4	6.9	12.2	2.6	3.1
Macroplacoida 3	3	5.5	–	11.9	12.1	–	19.2	9.2	16.4	3.3	3.8
Microplacoida	3	3.0	–	4.1	5.3	–	9.0	3.5	6.5	0.5	2.1
Fila de macroplacoida	3	17.5	–	36.6	38.5	–	59.3	28.3	50.4	9.8	10.7
Fila de placoidas	3	23.0	–	48.5	50.7	–	78.4	37.4	66.6	13.0	14.3
Altura de las garras 1											
Base externa	5	2.5	–	5.8	5.5	–	6.7	3.8	5.9	1.2	0.7
Rama primaria externa	5	9.0	–	16.5	19.8	–	24.6	13.1	22.4	3.0	2.4
Rama secundaria externa	5	7.5	–	13.3	16.4	–	18.7	10.4	17.6	2.1	1.1
Base externa/rama primaria (cct)	5	22.5	–	35.1		–		28.8	–	4.5	–
Base interna	5	2.9	–	4.2	5.4	–	6.8	3.5	6.2	0.6	0.7
Rama primaria interna	5	8.9	–	19.7	17.1	–	23.5	13.1	20.1	4.3	3.2
Rama secundaria interna	5	6.6	–	10.9	14.5	–	17.2	9.6	16.1	1.8	1.4
Base interna /Rama primaria (cct)	5	20.8	–	32.0		–		27.6	–	4.9	–
Altura de las garras 2											
Base externa	5	3.1	–	4.3	6.9	–	8.0	3.7	7.4	0.5	0.5
Rama primaria externa	5	7.9	–	16.5	17.1	–	21.8	11.9	18.8	3.1	2.6
Rama secundaria externa	5	6.6	–	13.2	13.4	–	19.4	9.8	15.8	2.6	3.2
Base externa/rama primaria (cct)	5	18.9	–	45.7		–		33.2	–	10.7	–
Base interna	5	2.4	–	4.4	6.0	–	7.0	3.5	6.4	0.8	0.5
Rama primaria interna	5	8.2	–	13.7	18.1	–	22.8	11.9	21.0	2.2	2.5
Rama secundaria interna	5	7.1	–	10.8	15.6	–	17.5	9.5	16.7	1.4	1.0
Base interna /Rama primaria (cct)	5	20.9	–	34.4		–		29.4	–	5.6	–
Altura de las garras 3											
Base externa	5	2.9	–	5.5	6.0	–	9.7	3.7	7.4	1.1	2.0
Rama primaria externa	5	9.7	–	14.6	21.1	–	21.5	11.9	21.3	2.2	0.2
Rama secundaria externa	5	6.8	–	11.9	13.9	–	19.3	9.3	16.0	2.3	2.9
Base externa/rama primaria (cct)	5	24.8	–	45.8		–		31.7	–	8.2	–
Base interna	5	3.0	–	4.3	5.9	–	7.5	3.7	6.7	0.5	0.8
Rama primaria interna	5	8.0	–	16.4	17.6	–	26.6	11.7	21.5	3.0	4.6
Rama secundaria interna	5	6.7	–	13.0	14.7	–	21.1	9.4	17.6	2.3	3.2
Base interna /Rama primaria (cct)	5	22.2	–	37.7		–		33.1	–	6.3	–
Altura de las garras 4											
Base anterior	5	4.2	–	6.9	9.2	–	11.9	5.8	10.5	1.3	1.4
Rama primaria anterior	5	10.8	–	16.1	21.5	–	24.9	13.1	23.4	2.2	1.7
Rama secundaria anterior	5	7.7	–	11.0	16.9	–	18.7	9.6	17.8	1.6	0.9
Base anterior /Rama primaria (cct)	5	38.7	–	48.6		–		44.1	–	4.1	–
Base posterior	5	5.1	–	7.9	11.0	–	14.2	6.7	12.7	1.1	1.6
Rama primaria posterior	5	11.1	–	19.3	24.2	–	31.2	14.7	26.5	3.6	4.0
Rama secundaria posterior	5	8.7	–	14.3	19.1	–	22.2	11.5	20.5	2.6	1.6
Base posterior /rama primaria (cct)	5	35.3	–	58.5		–		47.1	–	9.1	–

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

Localidad: Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos.

Sitio de colecta: 66 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Molendoa sendtneriana* Limpricht, 1886 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 1

Descripción del hábitat: Zona boscosa, compuesta principalmente por bosque de pino, siendo las principales especies *Pinus montezumae*, *P. teocote* y *P. hartwegii*, clima templado húmedo; esta localidad se encuentra en el Eje Neovolcánico Transversal (CONABIO y UAEM, 2004).

Descripción: Longitud del cuerpo de 300 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, con ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa sin poros (Figura 38 A). Tres hileras de dientes, el tubo bucal es recto con una longitud de 47.5 μm , ancho externo de 9.7 μm y un ancho interno de 8.1 μm ; el punto de inserción del soporte del estilete mide 39.5 μm , mientras que la longitud de la lámina ventral es de 28.7 μm . El bulbo faríngeo presenta placoidas cuya longitud es de 27.2 μm , en esta se presentan tres filas de macroplacoidas cuya longitud total es de 21.4 μm y una de microplacoidas que cuentan con un tamaño de 4.7 μm , con la siguiente secuencia de macroplacoidas 2<1<3, el tamaño de la primer macroplacoida es de 11.6 μm , el de la segunda macroplacoida es 6.8 μm y el de la tercera macroplacoida es 11.8 μm . (Figura 38 A). Garras tipo “*Hufelandi*”, presentan lúnulas alargadas con margen liso (Figura 38 B, C); en la garra 1, su base externa presenta una altura de 3.1 μm , así como su rama externa primaria tiene una altura de 11.4 μm y la interna de 8.7 μm , en lo que respecta a la altura de su base interna esta es de 3.5 μm y su rama primaria interna presenta una altura de 9.9 μm y la secundaria de 8.2 μm ; la garra 2 muestra una altura en su base externa de 3.2 μm , su rama externa primaria tiene una altura de 11.6 μm y la interna de 8.9 μm , mientras que la base interna tiene una altura de 2.8 μm , su rama primaria interna presenta una altura de 10.1 μm y la secundaria de 8.3 μm ; la base externa de la garra 3 presenta una altura de 3.0 μm , su rama externa primaria tiene una altura de 11.1 μm y la interna de 9.0 μm , la base interna mostró una altura de 3.6 μm , su rama primaria interna presenta una altura de 11.0 μm y la secundaria de 8.4 μm ; la garra 4 tiene una altura en su base anterior de 5.8 μm , su rama primaria anterior tiene una altura de 12.7 μm y la secundaria de 9.1

μm , mientras que la altura de la base posterior es de $5.7 \mu\text{m}$, su rama primaria posterior presenta una altura de $12.7 \mu\text{m}$ y la secundaria de $9.9 \mu\text{m}$

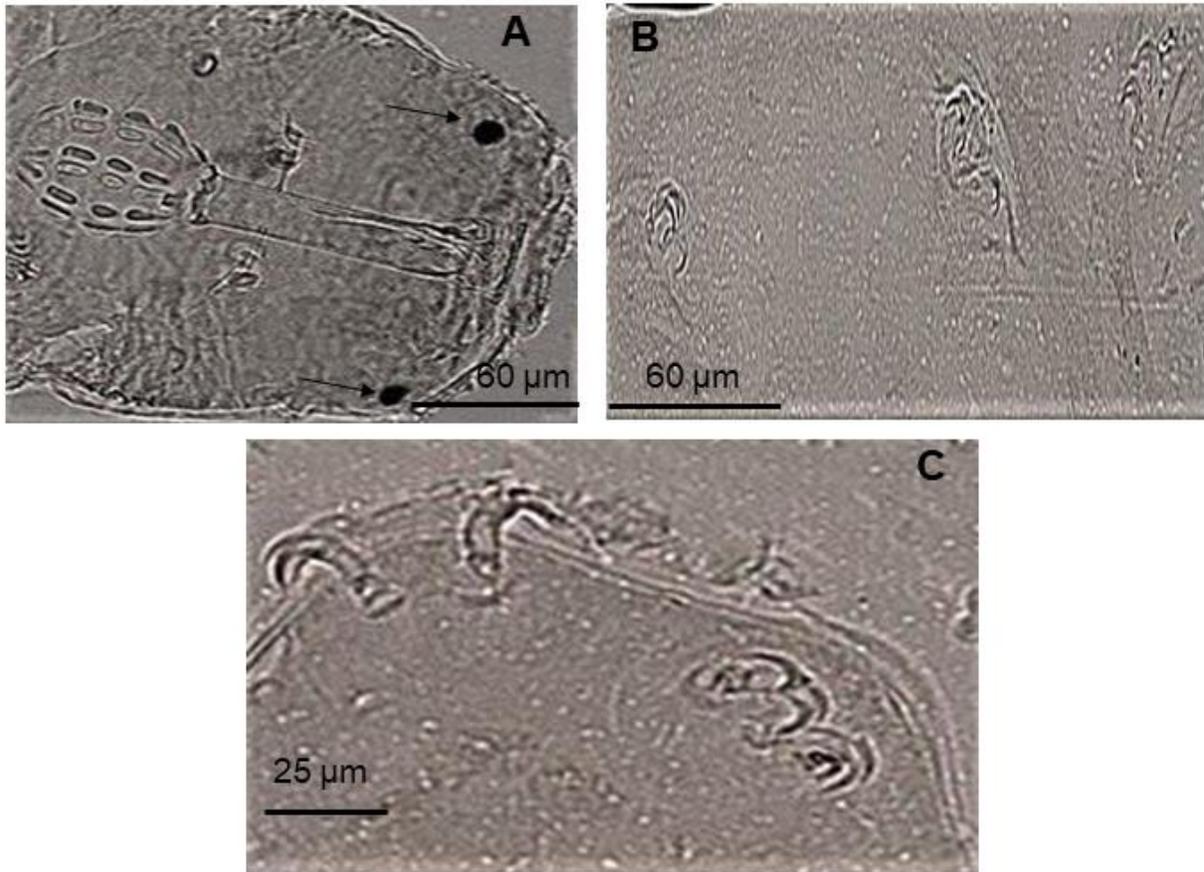


Figura 38. Detalle de aparato bucal y garras de *Mesobiotus* morfoespecie VI. A, Aparato bucal, la flecha indica la presencia de ojos; B, Garras II-III tipo “*Hufelandi*”; C, Garras IV tipo “*Hufelandi*”. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm , 60 μm , 25 μm

Phylum Tardigrada Doyère, 1840
Clase Eutardigrada Richters, 1962
Orden Apochela Schuster, Nelson, Grigarick & Christenberry, 1980
Familia Milnesiidae Ramazzotti, 1962
Género *Milnesium* Doyère, 1840
Milnesium morfoespecie I.

Diagnosis del género: Presentan seis papilas peribucales, así como dos laterales, cuenta con seis laminillas peribucales pero en algunos casos pueden estar las dos laterales reducidas, lo que hace parecer que la boca solo se encuentra rodeada por cuatro laminillas, no cuentan con elementos esclerotizados, como placoidas o septulum en el bulbo, las garras se encuentran separadas en ramas primarias y secundarias independientes, además los organismos del género superan 1 mm de largo (Morek *et al.*, 2020)

Localidad: Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM, Coyoacán, Ciudad de México.

Sitio de colecta: 22 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Ceratodon* sp. y roca basáltica.

Tardígrados obtenidos: 1

Descripción del hábitat: Predomina el matorral xerófilo con marcada estacionalidad.

Descripción: Longitud del cuerpo de 641 μm , coloración rosa *in vivo* y transparente al ser montado, ojos ovalados negros presentes, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa (Figura 39). Machos ausentes. Las papilas peribucales presentan una longitud de 8.2 μm mientras que las papilas laterales presentan una longitud de 7.9 μm . Aparato bucal del tipo *Milnesium*, tubo bucal recto y angosto, más amplio en la sección anterior con una longitud de 62.6 μm , el ancho anterior del tubo es de 30.3 μm , el estándar es de 28.3 μm y el posterior es de 27.6 μm , por lo que su ancho estándar es del 45%, además la longitud del punto de inserción del estilete es de 43.3 μm ; presenta seis papilas peribucales (Figura 40 A). Garras del tipo *Milnesium*, con presencia de espuelas, configuración de garras de [3-3]- [3-3]; la garra 1 presenta una altura en su rama externa primaria de 19.6 μm , mientras que la altura de base externa con la rama secundaria es de 16.7 μm y la espuela externa tiene una altura de 8.8 μm , en lo que respecta a la rama interna primaria su altura es de 19.9 μm , la base interna con la rama secundaria presentan una altura de 16.2 y la espuela interna muestra una altura de 8.5 μm ; la garra 2 tiene una altura en su rama externa primaria de 15.9 μm , mientras que la base externa con la rama secundaria presenta una altura de 17.1 μm y la espuela externa tiene una altura de 8.4 μm , asimismo la rama interna primaria muestra una altura

de 15.1 μm , la base interna con la rama secundaria presentan una altura de 16.5 y la espuela interna muestra una altura de 8.8 μm ; la garra 3 muestra una altura en su rama externa primaria de 21.8 μm , mientras que la altura de base externa con la rama secundaria es de 17.5 μm y la espuela externa tiene una altura de 6.9 μm , en lo que respecta a la rama interna primaria su altura es de 21.5 μm , la base interna con la rama secundaria presentan una altura de 19.6 y la espuela interna muestra una altura de 10.1 μm ; la garra 4 tiene una altura en su rama anterior principal de 23.7 μm , mientras que la base anterior con la rama secundaria presenta una altura de 15.2 μm y la espuela anterior tiene una altura de 8.4 μm , igualmente la rama posterior principal muestra una altura de 24.1 μm , la base posterior con la rama secundaria presentan una altura de 14.2 y la espuela posterior muestra una altura de 10.2 μm . Todas las ramas primarias presentan puntas accesorias. Se observan barras cuticulares transversales presentes en las garras I-III (Figura 40 B, C).

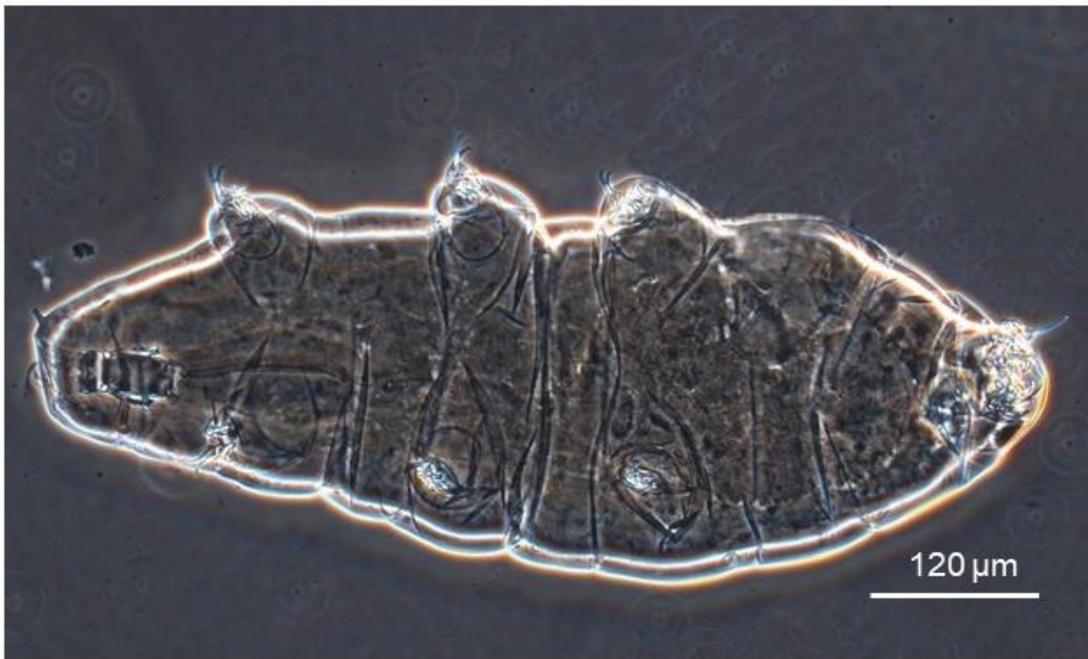


Figura 39. Habito de *Milnesium* morfoespecie I. Hembra adulta. Cutícula lisa. Microscopía de contraste de fases. Escala 120 µm.

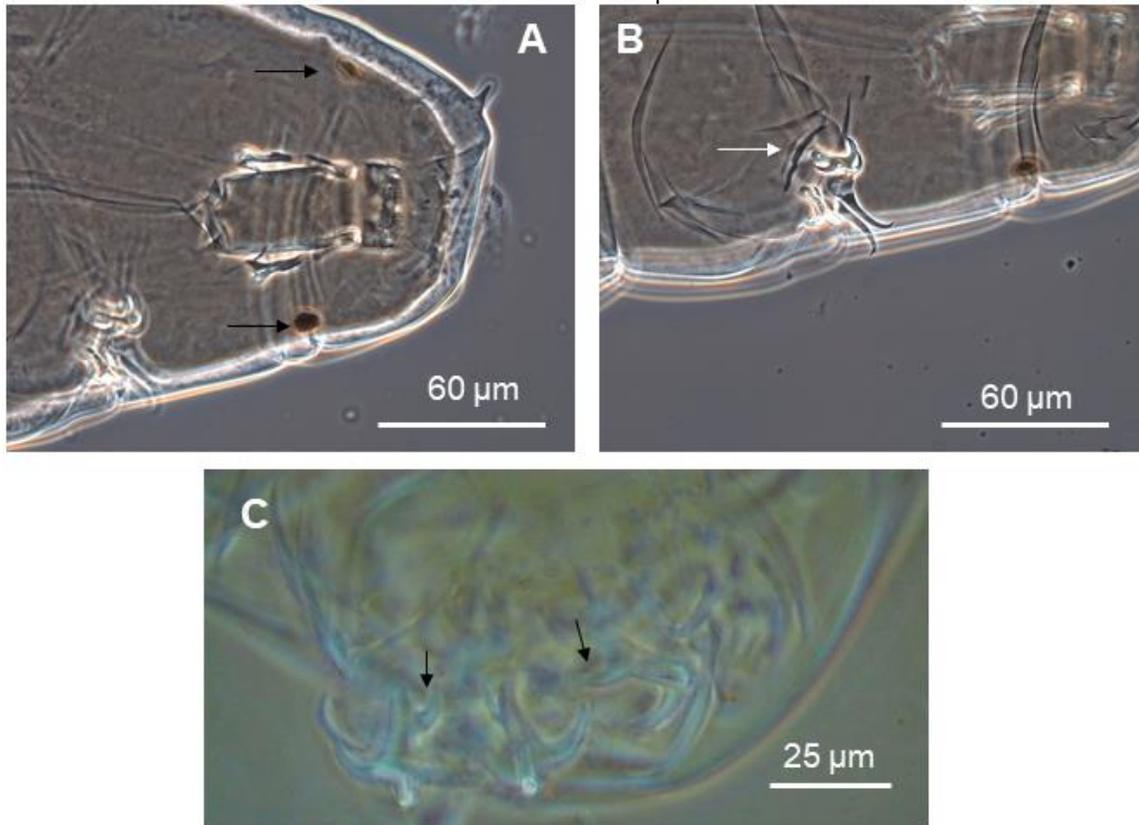


Figura 40. Detalle de aparato bucal y garras de *Milnesium* morfoespecie I. A, Aparato bucal tipo *Milnesium*, ojos presentes (flecha negra); B, Garras I del tipo *Milnesium*, barras cuticulares transversales presentes (flecha blanca); C, Garras IV, la flecha indica la presencia de espuelas. A-C, Microscopía de contraste de fases. Escala 60 µm, 60 µm, 25 µm

Género *Milnesium* Doyère, 1840
***Milnesium* morfoespecie II**

Localidad: Xochimilco, Ciudad de México.

Sitio de colecta: 32,33,34 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Forsstroemia* sp. y *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris* Bridel, 1827 y tronco.

Tardígrados obtenidos: 8 (Tabla 15)

Descripción del hábitat: Zona lacustre con clima templado, subhúmedo, con lluvias en verano y otoño.

Descripción: Longitud del cuerpo de 353-679 μm , coloración amarillenta-naranja *in vivo* y transparente al ser montado, presencia de ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa (Figura 41). Machos ausentes. Aparato bucal del tipo *Milnesium*, tubo bucal recto, angosto, más amplio en la sección anterior con un ancho estándar promedio del 50% de su longitud; presenta seis papilas peribucales (Figura 42 A). Garras del tipo *Milnesium*, con presencia de espuelas, configuración de garras de [3-3]- [3-3]. Todas las ramas primarias presentan puntas accesorias. Barras cuticulares transversales presentes en las garras I-III (Figura 42 B, C).



Figura 41. Habito de *Milnesium* morfoespecie II. Microscopía de contraste de fases. Escala 120 μm.

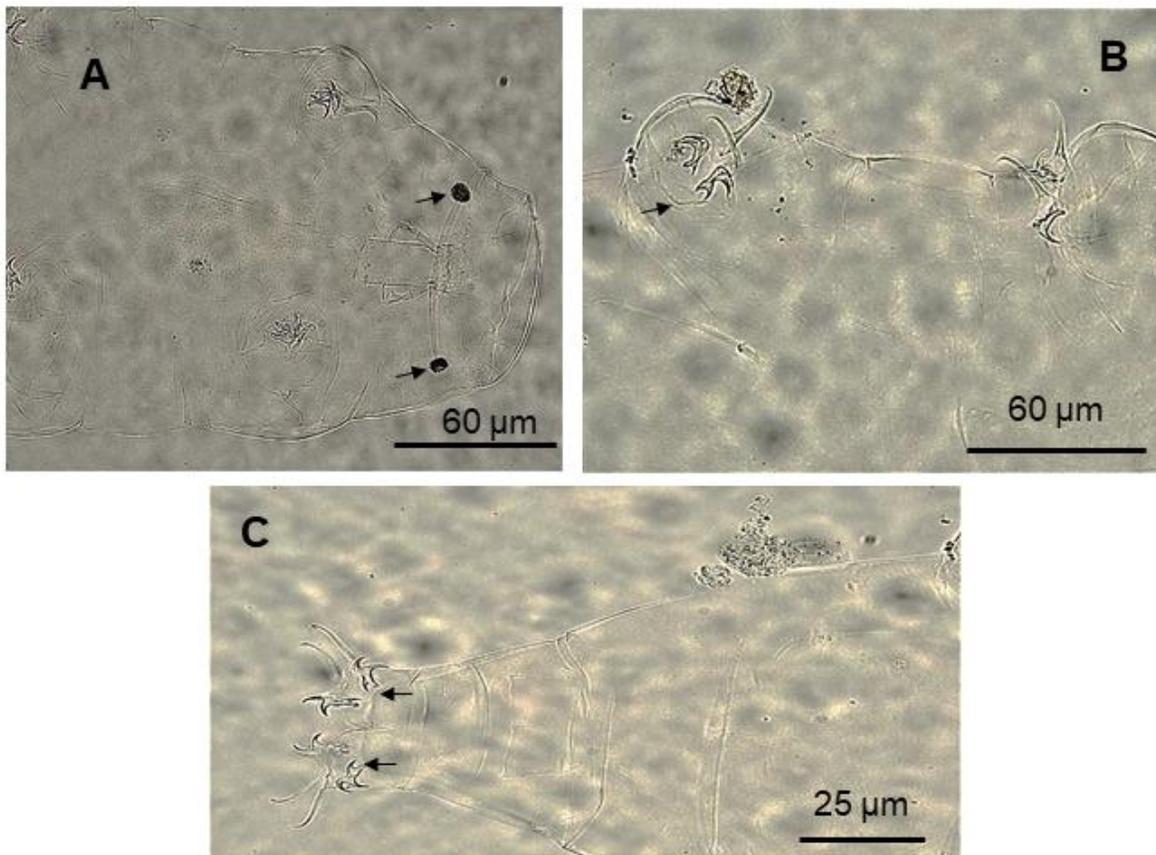


Figura 42. Detalle de aparato bucal y garras de *Milnesium* morfoespecie II. A, Aparato bucal tipo *Milnesium*, la flecha muestra la presencia de ojos ovalados negros; B, Garras II Y III del tipo *Milnesium*, con barras cuticulares transversales presentes debajo (flecha negra); C, Garras IV, la flecha indica las espuelas. A-C, Microscopía de contraste de fases. Escala 60 μm, 60 μm, 25 μm

Tabla 15. Morfometría de *Milnesium* morfoespecie II. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; *pt* (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N	Rango				Media		DS		
		μm	μm	<i>pt</i>	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	
Longitud del cuerpo	8	353	– 679	922	– 1377	510	1153	93	141	
Longitud papilas peribucales	7	6.7	– 14.4	16.9	– 29.3	10.5	23.4	2.3	3.7	
Longitud papilas laterales	7	6.1	– 13.3	15.3	– 27.1	8.8	19.7	2.4	4.0	
Tubo bucal										
Longitud	7	38.3	– 49.3		–	44.4	–	4.3	–	
Punto de inserción del estilete	7	25.7	– 34.1	65.1	– 72.9	30.8	69.4	2.8	2.6	
Ancho anterior	7	19.2	– 25.4	49.4	– 57.1	23.4	52.9	2.2	3.3	
Ancho estándar	7	18.4	– 24.9	46.2	– 53.1	22.1	49.9	2.1	2.7	
Ancho posterior	7	18.0	– 24.1	44.7	– 51.4	21.5	48.4	2.1	2.4	
Ancho estándar /longitud del radio	7	46%	– 53%		–	50%	–	3%	–	
Ancho del radio posterior/anterior	7	85%	– 96%		–	92%	–	4%	–	
Altura garra 1										
Rama externa primaria	8	18.6	– 22.9	44.2	– 53.2	21.1	48.6	1.6	3.4	
Base externa + rama secundaria	8	11.6	– 18.7	31.4	– 47.0	15.1	35.3	2.5	5.6	
Espuela externa	8	5.0	– 8.8	14.4	– 19.0	7.3	17.1	1.4	1.5	
Longitud del radio de las ramas externas	8	62%	– 88%		–	71%	–	10%	–	
Rama principal interna	8	15.3	– 22.9	39.4	– 52.2	19.3	44.2	3.1	4.7	
Base interna + rama secundaria	8	13.0	– 16.3	26.4	– 36.2	14.2	32.3	1.1	3.7	
Espuela interna	8	4.5	– 8.1	13.6	– 17.6	6.5	15.2	1.3	1.6	
Longitud del radio de las ramas internas	8	57%	– 92%		–	75%	–	12%	–	
Altura garra 2										
ORama principal interna	8	16.7	– 24.6	42.2	– 57.7	21.4	49.2	2.7	5.4	
Base interna + rama secundaria	8	10.6	– 15.6	25.0	– 39.1	13.6	32.0	1.6	4.5	
Espuela interna	8	5.5	– 8.2	14.3	– 20.2	7.2	16.5	0.9	2.0	
Longitud del radio de las ramas internas	8	56%	– 78%		–	64%	–	8%	–	
Altura garra 3										
Rama externa primaria	8	18.2	– 25.5	41.4	– 57.4	22.1	50.7	2.8	5.4	
Base externa + rama secundaria	8	13.8	– 17.8	29.7	– 38.6	15.3	34.9	1.4	2.7	
Espuela externa	8	5.9	– 8.2	13.8	– 21.1	7.2	16.3	0.7	2.6	
Longitud del radio de las ramas externas	8	57%	– 82%		–	69%	–	8%	–	
Rama principal interna	8	14.9	– 25.5	37.3	– 59.7	21.8	49.5	3.9	8.3	
Base interna + rama secundaria	8	11.5	– 17.2	28.5	– 41.7	14.6	33.5	1.8	4.8	
Espuela interna	8	6.8	– 9.2	15.8	– 19.7	7.8	17.8	1.0	1.5	
Longitud del radio de las ramas internas	8	58%	– 84%		–	68%	–	9%	–	
Altura garra 4										
Rama anterior principal	8	17.0	– 28.5	39.9	– 67.0	23.2	53.5	3.7	8.8	
Base anterior+ rama secundaria	8	11.3	– 17.9	26.5	– 44.8	15.9	36.3	2.3	6.7	
Espuela anterior	8	4.2	– 10.3	11.6	– 22.7	7.6	18.5	2.1	4.0	
Longitud del radio de las ramas anteriores	8	54%	– 85%		–	69%	–	10%	–	
Rama Posterior principal	8	16.0	– 31.4	37.5	– 68.3	24.8	56.4	4.9	10.6	
Base posterior base + rama secundaria	8	13.8	– 21.2	32.3	– 43.0	16.9	38.8	2.3	3.5	
Espuela posterior	8	5.6	– 9.7	17.0	– 22.5	8.3	19.5	1.3	1.7	
Longitud del radio de las ramas posteriores	8	58%	– 86%		–	70%	–	10%	–	

Género *Milnesium* Doyère, 1840
Milnesium morfoespecie III

Localidad: Milpa Alta, Ciudad de México.

Sitio de colecta: 61 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Haplocladium microphyllum* Brotherus, 1907 y tronco.

Tardígrados obtenidos: 1

Descripción del hábitat: Zona boscosa, la cual está compuesta principalmente por *Pinus leiophylla*, *P. montezumae* y *P. hartwegii*, clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano (Navarro-Frías *et al.*, 2007).

Descripción: Longitud del cuerpo de 461 μm , coloración amarillenta-naranja *in vivo* y transparente al ser montado, presencia de ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa (Figura 43). Machos ausentes. Las papilas peribucales presentan una longitud de 11.1 μm mientras que las papilas laterales presentan una longitud de 9.8 μm . Aparato bucal del tipo *Milnesium*, tubo bucal recto y angosto, más amplio en la sección anterior con una longitud de 43.5 μm , el ancho anterior del tubo es de 26.5 μm , el estándar es de 25.0 μm y el posterior es de 26.0 μm , por lo que su ancho estándar es del 57%, además la longitud del punto de inserción del estilete es de 32.1 μm ; presenta seis papilas peribucales (Figura 44 A). Garras del tipo *Milnesium*, con presencia de espuelas, configuración de garras de [3-3]- [3-3]; la garra 1 presenta una altura en su rama externa primaria de 25.8 μm , mientras que la altura de base externa con la rama secundaria es de 15.5 μm y la espuela externa tiene una altura de 9.2 μm , en lo que respecta a la rama interna primaria su altura es de 23.9 μm , la base interna con la rama secundaria presentan una altura de 14.8 y la espuela interna muestra una altura de 8.3 μm ; la garra 2 tiene una altura en su rama externa primaria de 26.2 μm , mientras que la base externa con la rama secundaria presenta una altura de 18.3 μm y la espuela externa tiene una altura de 10.7 μm , asimismo la rama interna primaria muestra una altura de 25.7 μm , la base interna con la rama secundaria presentan una altura de 18.4 y la espuela interna muestra una altura de 7.8 μm ; la garra 3 muestra una altura en su rama externa primaria de 28.2 μm , mientras que la altura de base externa con la rama secundaria es de 19.4 μm y la espuela externa tiene una altura de 8.6 μm , en lo que respecta a la rama interna primaria su altura es de 24.5 μm , la base interna con la rama secundaria presentan una altura de 15.8 y la

espuela interna muestra una altura de 8.3 μm ; la garra 4 tiene una altura en su rama anterior principal de 26.1 μm , mientras que la base anterior con la rama secundaria presenta una altura de 20.2 μm y la espuela anterior tiene una altura de 8.1 μm , la rama posterior principal muestra una altura de 27.3 μm , la base posterior con la rama secundaria presentan una altura de 20.0 y la espuela posterior muestra una altura de 7.9 μm . Todas las ramas primarias presentan puntas accesorias. Se observan barras cuticulares transversales presentes en las garras I-III (Figura 44 B, C).



Figura 43. Habito de *Milnesium* morfoespecie III. Microscopía de contraste de fases. Escala 120 μm .

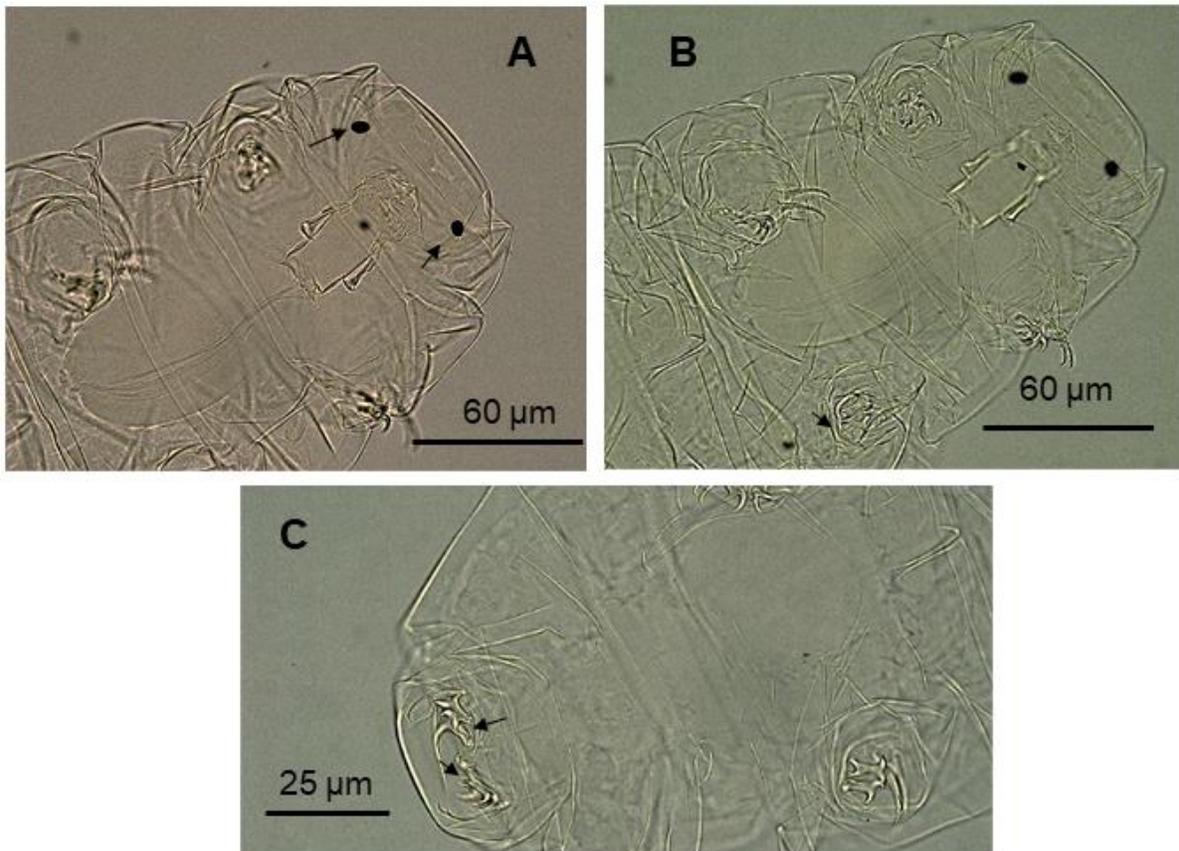


Figura 44. Detalle de aparato bucal y garras de *Milnesium* morfoespecie III. A, Aparato bucal tipo *Milnesium*, la flecha indica la presencia de ojos ovalados negros; B, Garras I y II del tipo *Milnesium*, con barras cuticulares transversales presentes (flecha negra); C, Garras III y IV, la flecha indica las espuelas. A-C, Microscopía de contraste de fases. Escala 60 μm , 60 μm , 25 μm

Género *Milnesium* Doyère, 1840
Milnesium morfoespecie IV

Localidad: El Capulín, Morelos.

Sitio de colecta: 64 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Ptychomitrium serratum* Bruch y Schimper, 1837 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 7 (Tabla 16)

Descripción del hábitat: Zona boscosa, siendo su vegetación dominante las coníferas y el bosque de oyamel, clima templado húmedo (CONABIO y UAEM, 2004). Esta localidad se encuentra entre dos regiones consideradas como centros de endemismos, los cuales son el Eje Neovolcánico y la Cuenca del Balsas (CONABIO y UAEM, 2004).

Descripción: Longitud del cuerpo de 281-669 μm , coloración amarillenta-naranja *in vivo* y transparente al ser montado, con presencia de ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa (Figura 45). Machos ausentes. Aparato bucal del tipo *Milnesium*, tubo bucal recto, angosto, más amplio en la sección anterior, con un ancho estándar promedio del 40% de su longitud; presenta seis papilas peribucales (Figura 46 A). Garras del tipo *Milnesium*, con presencia de espuelas, configuración de garras de [3-3]- [3-3]. Todas las ramas primarias presentan puntas accesorias. Barras cuticulares transversales presentes en las garras I-III (Figura 46 B, C).



Figura 45. Habito de *Milnesium* morfoespecie IV. Microscopía de contraste de fases. Escala 120 µm.

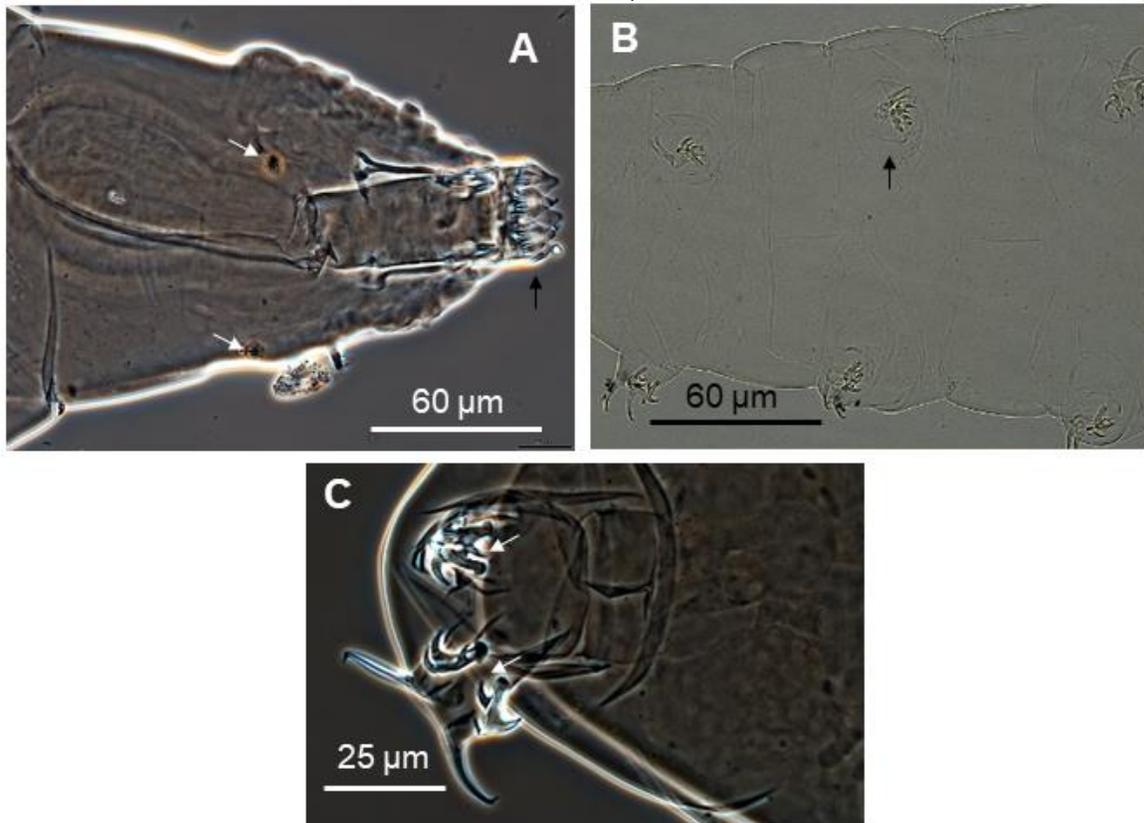


Figura 46. Detalle de aparato bucal y garras de *Milnesium* morfoespecie IV. A, Aparato bucal tipo *Milnesium*, la flecha blanca muestra los ojos ovalados negros y la flecha negra las papilas peribucal; B, Garras I-III del tipo *Milnesium*, con barras cuticulares transversales presentes (flecha negra); C, Garras IV, la flecha indica las espuelas. A-C, Microscopía de contraste de fases. Escala 60 µm, 60 µm, 25 µm

Tabla 16. Morfometría de *Milnesium* morfoespecie IV. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; *pt* (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N	Rango				Media		DS			
		μm		<i>pt</i>		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>		
Longitud del cuerpo	7	281	–	659	594	–	1048	462	809	137	150
Longitud papilas peribucales	7	5.0	–	11.1	10.6	–	18.6	7.7	13.7	2.1	2.9
Longitud papilas laterales	7	4.6	–	12.6	7.2	–	22.6	7.9	14.3	3.1	5.7
Tubo bucal											
Longitud	7	47.2	–	65.6		–		56.2	–	7.7	–
Punto de inserción del estilete	7	34.8	–	52.3	73.8	–	87.4	43.9	77.9	7.0	4.4
Ancho anterior	7	19.1	–	33.0	40.4	–	52.9	25.9	45.7	5.8	4.8
Ancho estándar	7	15.9	–	28.1	33.8	–	45.5	22.6	39.9	5.0	4.4
Ancho posterior	7	15.4	–	25.6	32.6	–	40.6	21.1	37.3	4.0	3.3
Ancho estándar /longitud del radio	7	34%	–	45%		–		40%	–	4%	–
Ancho del radio posterior/anterior	7	76%	–	97%		–		82%	–	7%	–
Altura garra 1											
Rama externa primaria	7	10.1	–	19.7	21.5	–	39.0	15.2	27.2	3.3	5.8
Base externa + rama secundaria	7	6.2	–	14.6	13.2	–	22.2	10.7	18.9	2.6	3.0
Espuela externa	7	3.2	–	6.6	6.9	–	13.1	5.1	9.0	1.3	2.1
Longitud del radio de las ramas externas	7	53%	–	86%		–		71%	–	11%	–
Rama principal interna	7	9.5	–	19.8	20.0	–	34.5	15.3	27.3	3.5	6.0
Base interna + rama secundaria	7	7.1	–	15.4	15.1	–	25.6	11.4	20.1	2.8	3.7
Espuela interna	7	3.2	–	7.1	6.6	–	12.1	5.3	9.3	1.5	2.2
Longitud del radio de las ramas internas	7	56%	–	94%		–		75%	–	12%	–
Altura garra 2											
Rama externa primaria	7	13.1	–	20.8	27.6	–	32.9	16.9	30.0	2.5	2.1
Base externa + rama secundaria	7	8.6	–	14.5	14.4	–	23.3	11.4	20.3	2.0	2.9
Espuela externa	7	4.1	–	6.2	6.8	–	13.2	5.5	9.9	0.7	2.1
Longitud del radio de las ramas externas	7	52%	–	84%		–		68%	–	10%	–
Altura garra 3											
Rama externa primaria	7	10.8	–	19.8	22.8	–	36.9	15.9	28.2	3.3	4.8
Base externa + rama secundaria	7	8.8	–	14.5	18.2	–	22.3	11.6	20.6	2.2	1.6
Espuela externa	7	4.9	–	7.7	9.9	–	16.3	6.6	12.0	0.9	2.4
Longitud del radio de las ramas externas	7	55%	–	94%		–		74%	–	13%	–
Rama principal interna	7	10.1	–	18.9	21.4	–	35.5	15.3	27.1	3.2	4.3
Base interna + rama secundaria	7	9.3	–	15.0	19.2	–	23.8	12.5	22.1	2.1	1.9
Espuela interna	7	3.8	–	8.2	7.4	–	12.5	6.2	11.0	1.7	2.2
Longitud del radio de las ramas internas	7	66%	–	109%		–		83%	–	14%	–
Altura garra 4											
Rama anterior principal	7	14.6	–	21.5	28.2	–	42.5	18.4	33.0	2.9	4.7
Base anterior+ rama secundaria	7	8.7	–	17.1	18.5	–	31.8	14.0	24.8	3.1	4.0
Espuela anterior	7	5.0	–	8.9	10.5	–	17.7	6.9	12.3	1.4	2.6
Longitud del radio de las ramas anteriores	7	59%	–	91%		–		75%	–	10%	–
Rama Posterior principal	7	15.1	–	24.1	28.6	–	43.8	19.3	34.7	3.0	5.2
Base posterior base + rama secundaria	7	10.0	–	17.9	21.1	–	29.9	14.3	25.3	2.9	3.1
Espuela posterior	7	4.3	–	8.9	9.1	–	13.7	6.9	12.2	1.4	1.7
Longitud del radio de las ramas posteriores	7	55%	–	91%		–		74%	–	11%	–

Género *Milnesium* Doyère, 1840
Milnesium morfoespecie V

Localidad: Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos.

Sitio de colecta: 67 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encuentra: *Hymenostylium recurvirostrum* Zander, 1976 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 1

Descripción del hábitat: Zona boscosa, compuesta principalmente por bosque de pino, siendo las principales especies *Pinus montezumae*, *P. teocote* y *P. hartwegii*, clima templado húmedo (CONABIO y UAEM, 2004). Esta localidad se encuentra en el Eje Neovolcánico Transversal (CONABIO y UAEM, 2004).

Descripción: Longitud del cuerpo de 388 μm , coloración amarillenta-naranja *in vivo* y transparente al ser montado, con presencia de ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa (Figura 47). Machos ausentes. Las papilas peribucales presentan una longitud de 9.2 μm mientras que las papilas laterales presentan una longitud de 5.7 μm . Aparato bucal del tipo *Milnesium*, tubo bucal recto y angosto, más amplio en la sección anterior, con una longitud de 54.6 μm , el ancho anterior del tubo es de 22.4 μm , el estándar es de 20.2 μm y el posterior es de 21.1 μm , por lo que su ancho estándar es del 37%, además la longitud del punto de inserción del estilete es de 47.3 μm ; presenta seis papilas peribucales (Figura 48 A). Garras del tipo *Milnesium*, con presencia de espuelas, configuración de garras de [3-3]- [3-3]; la garra 1 presenta una altura en su rama externa primaria de 21.0 μm , mientras que la altura de base externa con la rama secundaria es de 11.5 μm y la espuela externa tiene una altura de 4.9 μm , en lo que respecta a la rama interna primaria su altura es de 22.4 μm , la base interna con la rama secundaria presentan una altura de 12.1 y la espuela interna muestra una altura de 5.4 μm ; la garra 2 tiene una altura en su rama externa primaria de 14.9 μm , mientras que la base externa con la rama secundaria presenta una altura de 10.5 μm y la espuela externa tiene una altura de 6.3 μm , asimismo la rama interna primaria muestra una altura de 15.3 μm , la base interna con la rama secundaria presentan una altura de 10.5 y la espuela interna muestra una altura de 6.4 μm ; la garra 3 muestra una altura en su rama externa primaria de 15.5 μm , mientras que la altura de base externa con la rama secundaria es de 10.7 μm y la espuela externa tiene una altura de 4.1 μm , en lo que respecta a la rama interna primaria su

altura es de 14.6 μm , la base interna con la rama secundaria presentan una altura de 10.2 y la espuela interna muestra una altura de 5.1 μm ; la garra 4 tiene una altura en su rama anterior principal de 17.0 μm , mientras que la base anterior con la rama secundaria presenta una altura de 13.1 μm y la espuela anterior tiene una altura de 4.5 μm , la rama posterior principal muestra una altura de 15 μm , la base posterior con la rama secundaria presentan una altura de 14.2 y la espuela posterior muestra una altura de 5.9 μm . Todas las ramas primarias presentan puntas accesorias. Se observan barras cuticulares transversales presentes en las garras I-III (Figura 48 B, C).

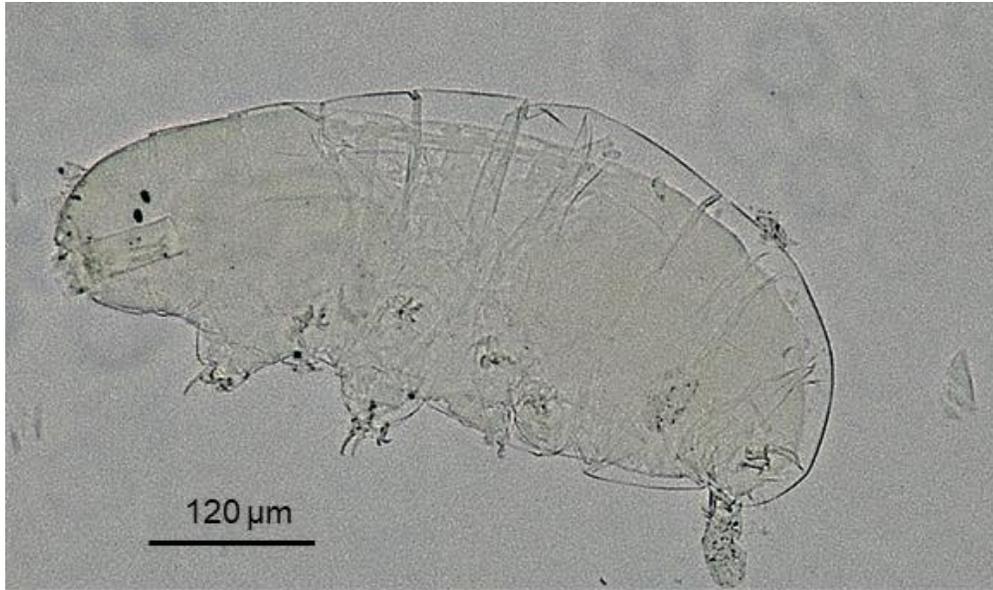


Figura 47. Habito de *Milnesium* morfoespecie V. Hembra adulta. Microscopía de contraste de fases. Escala 120 μm .

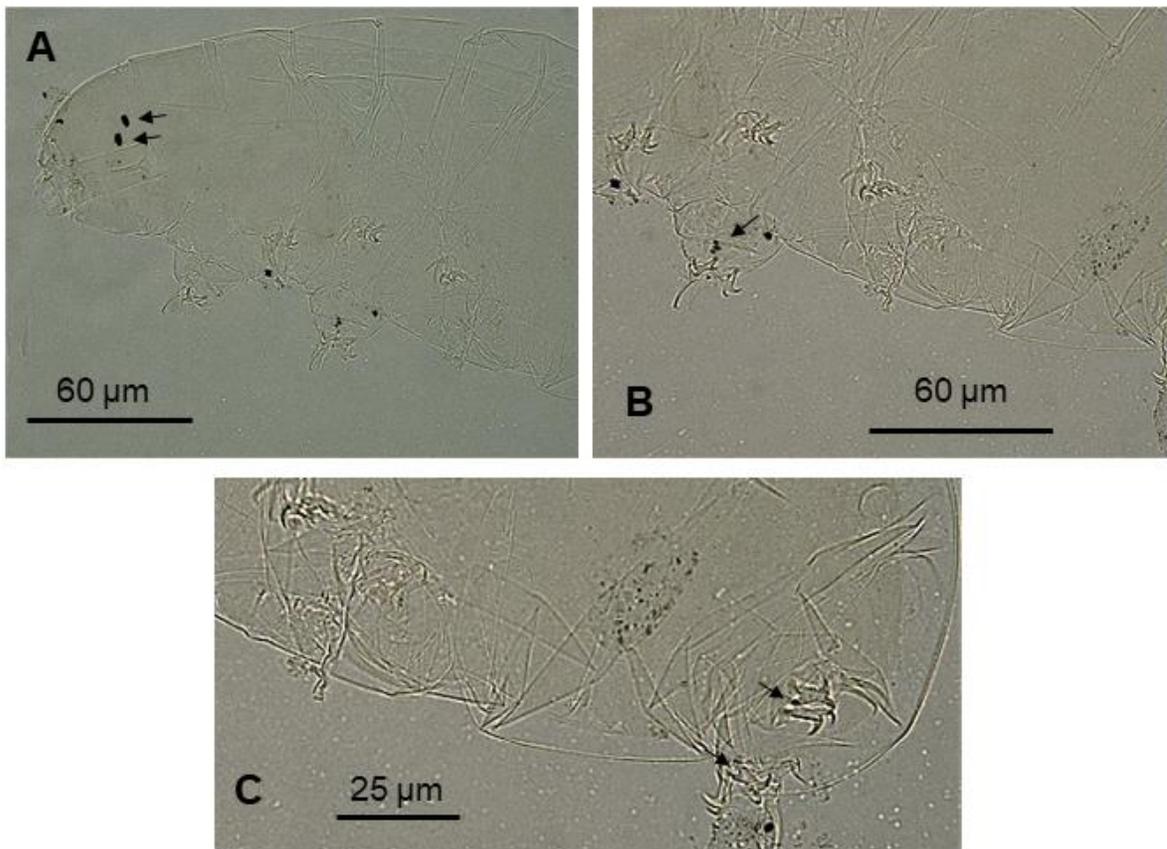


Figura 48. Detalle de aparato bucal y garras de *Milnesium* morfoespecie V. A, Aparato bucal tipo *Milnesium*, la flecha indica la presencia de manchas oculares ovaladas negras; B, Garras I-III del tipo *Milnesium*, con barras cuticulares transversales presentes (flecha negra); C, Garras IV, la flecha indica las espuelas. A-C, Microscopía de contraste de fases. Escala 60 μm , 60 μm , 25 μm

Género *Milnesium* Doyère, 1840
Milnesium morfoespecie VI

Localidad: Agua Escondida, Oaxaca.

Sitio de colecta: 79 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Dicranum sumichrastii* Duby, 1970 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 1

Descripción del hábitat: Bosque de coníferas y latifoliada, rodeada por tierras para agricultura (Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Estudios Municipales, Gobierno del Estado de Oaxaca, 1988), clima templado húmedo.

Descripción: Longitud del cuerpo de 435 μm , coloración amarillenta-naranja *in vivo* y transparente al ser montado, con presencia de ojos ovalados negros, estos no se pierden al ser montados y cutícula lisa (Figura 49). Machos ausentes Las papilas peribucuales presentan una longitud de 5.6 μm mientras que las papilas laterales presentan una longitud de 6.2 μm . Aparato bucal del tipo *Milnesium*, tubo bucal recto y angosto, más amplio en la sección anterior, con una longitud de 32.4 μm , el ancho anterior del tubo es de 14.8 μm , el estándar es de 15.0 μm y el posterior es de 15.5 μm , por lo que su ancho estándar es del 46%, además la longitud del punto de inserción del estilete es de 24.2 μm ; presenta seis papilas peribucuales (Figura 50 A). Garras del tipo *Milnesium*, con presencia de espuelas, configuración de garras de [2-3]- [3-2]; la garra 1 presenta una altura en su rama externa primaria de 14.9 μm , mientras que la altura de base externa con la rama secundaria es de 9.6 μm y la espuela externa tiene una altura de 5.4 μm , en lo que respecta a la rama interna primaria su altura es de 15.7 μm , la base interna con la rama secundaria presentan una altura de 11.0 y la espuela interna muestra una altura de 7.9 μm ; la garra 2 tiene una altura en su rama externa primaria de 15.8 μm , mientras que la base externa con la rama secundaria presenta una altura de 10.2 μm y la espuela externa tiene una altura de 5.3 μm , asimismo la rama interna primaria muestra una altura de 15.1 μm , la base interna con la rama secundaria presentan una altura de 10.4 y la espuela interna muestra una altura de 7.9 μm ; la garra 3 muestra una altura en su rama externa primaria de 18.0 μm , mientras que la altura de base externa con la rama secundaria es de 10.2 μm y la espuela externa tiene una altura de 7.1 μm , en lo que respecta a la rama interna primaria su altura es de 16.9 μm , la base interna con la rama secundaria presentan una altura de 13.9 y la

espuela interna muestra una altura de 6.5 μm ; la garra 4 tiene una altura en su rama anterior principal de 17.4 μm , mientras que la base anterior con la rama secundaria presenta una altura de 14.4 μm y la espuela anterior tiene una altura de 4.2 μm , la rama posterior principal muestra una altura de 18.3 μm , la base posterior con la rama secundaria presentan una altura de 12.7 y la espuela posterior muestra una altura de 7.8 μm . Todas las ramas primarias presentan puntas accesorias. Se observan barras cuticulares transversales presentes en las garras I-III (Figura 50 B, C).



Figura 49. Habito de *Milnesium* morfoespecie VI. Hembra adulta. Microscopía de contraste de fases. Escala 120 μm .

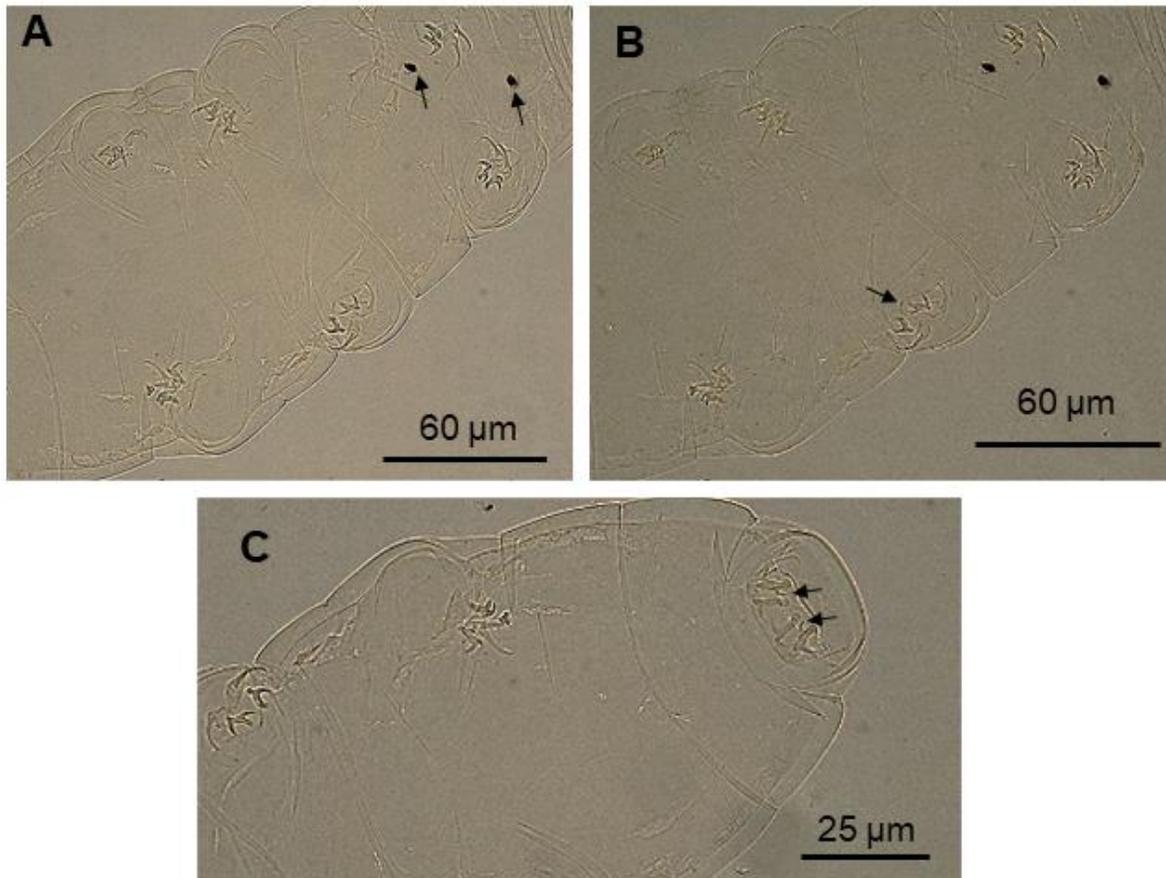


Figura 50. Detalle de aparato bucal y garras de *Milnesium* morfoespecie VI. A, Aparato bucal tipo *Milnesium*, la flecha indica la presencia de ojos ovalados negros; B, Garras I-III del tipo *Milnesium*, se observan barras cuticulares transversales presentes (flecha negra); C, Garras IV, la flecha indica las espuelas. A-C, Microscopía de contraste de fases. Escala 60 μm , 60 μm , 25 μm

Phylum Tardigrada Doyère, 1840
Clase Eutardigrada Richters, 1962
Orden Parachela Schuster et al., 1980
Superfamilia Macrobiotidea Thulin, 1928
Familia Macrobiotidae Thulin, 1928
Género *Paramacrobotus* Guidetti, Schill, Bertolani, Dandekar y Wolf, 2009
Paramacrobotus morfoespecie I

Diagnosis del género: Presencia de tres macroplacoidas en forma de bastón con una configuración $2<1<3$, además presenta una microplacoida, la cual se encuentra a una gran distancia de la tercera macroplacoida, en el caso del grupo *richtersi* o la ausencia de la microplacoida en el grupo *areolatus*, mientras que los huevos se encuentran cubiertos por procesos cónicos. Los organismos adultos de diferentes especies dentro de los grupos mencionados son muy similares morfológicamente, pero los huevos varían en sus características morfológicas (Kaczmarek *et al.*, 2017).

Localidad: Parres, Tlalpan, Ciudad de México.

Sitio de colecta: 2,7,10,11,12,13 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Pohlia* sp., *Ptychomitrium* aff. *serratum*, *Isopterygiopsis muelleriana* Schimper, 1970, *Pylaisiadelpha tenuirostris* Bruch y Schimp 1848, *Mnium marginatum* Palisot de Beauvois, 1805, *Molendoa sendtneriana* Limpricht, 1886 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 29 (Tabla 17)

Descripción del hábitat: Zona boscosa, predomina las coníferas y el bosque de pino, clima templado húmedo

Descripción: Longitud del cuerpo de 271-714 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, sin ojos, cutícula lisa sin poros, con presencia de huevos sin identificarse sus procesos en el segmento troncal en algunos ejemplares (Figura 51). Tres hileras de dientes, la primera pequeña con forma casi circular, se encuentra debajo de las lamelas, le sigue la segunda hilera con forma triangular y finalmente la tercera en forma rectangular, tubo bucal recto y rígido con una longitud promedio de 55.3 μm y un ancho externo promedio de 14.5 μm , el punto de inserción del soporte del estilete mide promedio 44.7 μm ; el bulbo faríngeo presenta tres filas de macroplacoidas y una de microplacoidas, la secuencia de las macroplacoidas es la siguiente $2<1<3$ (Figura 52 A). Garras tipo “*Hufelandi*”; garras I-IV presentan lúnulas con margen liso, alargadas (Figura 52 B, C, D).

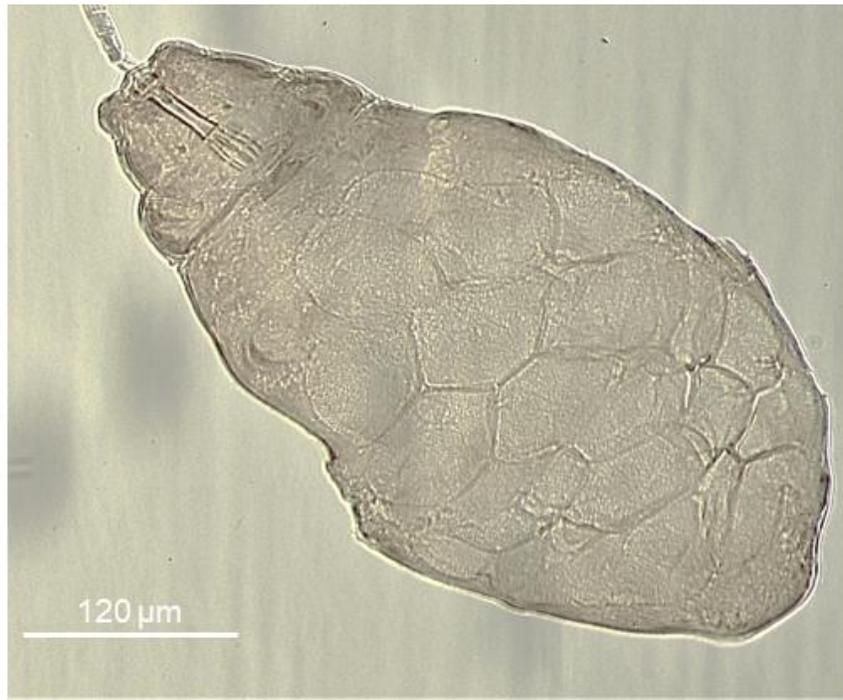


Figura 51. Habito de *Paramacrobotus* morfoespecie I. Hembra adulta. Microscopía de campo claro. Escala 120 μm.

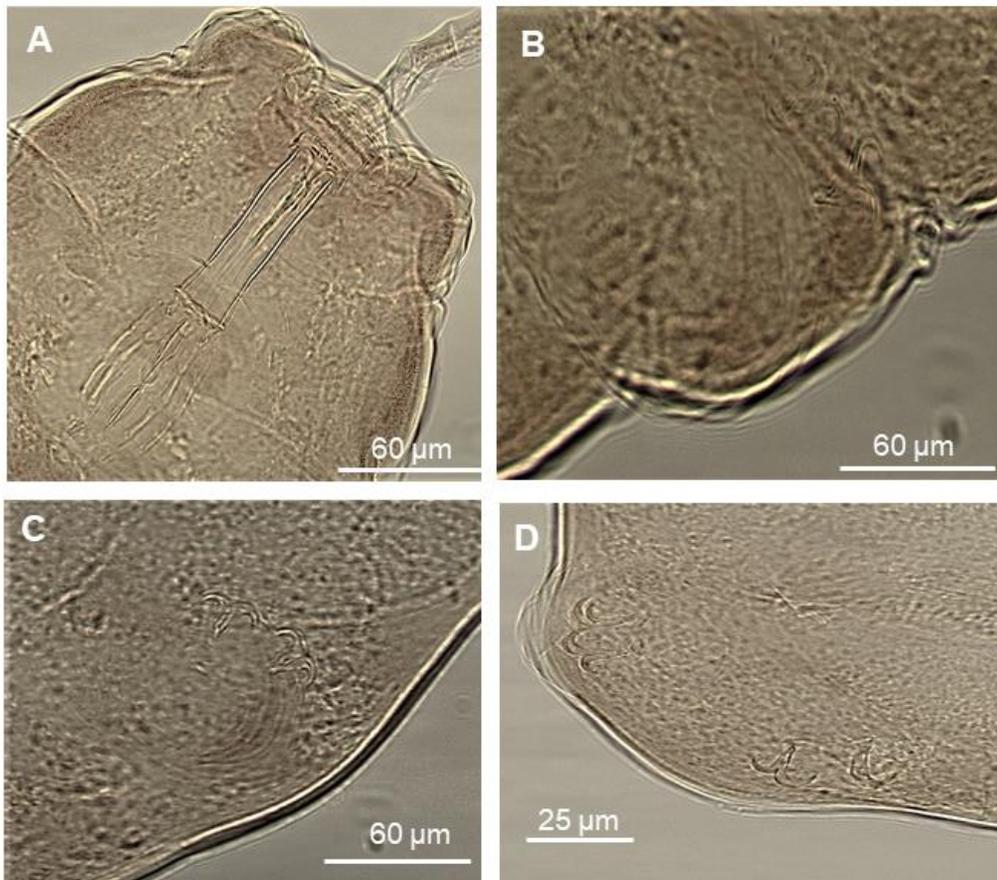


Figura 52. Detalle de aparato bucal y garras de *Paramacrobotus* morfoespecie I. A, Aparato bucal; B, Garras II tipo “*Hufelandi*”; C, Garras III tipo “*Hufelandi*”; D, Garras IV tipo “*Hufelandi*”. A-D, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm, 60 μm, 60 μm, 25 μm.

Tabla 17. Morfometría de *Paramacrobotus* morfoespecie I. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; *pt* (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N	Rango						Media		DS	
		μm	μm	μm	μm	μm	μm	<i>pt</i>	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>
Longitud del cuerpo	29	271	–	714	543	–	1122	μm 463	<i>pt</i> 847	μm 109	<i>pt</i> 146
Tubo bucofaríngeo											
Longitud tubo bucal	23	41.6	–	63.6		–		55.3	–	5.2	–
Punto de inserción del soporte del estilete	22	34.3	–	52.0	75.9	–	83.2	44.7	80.4	4.2	1.8
Ancho externo del tubo bucal	23	11.2	–	17.0	23.4	–	29.1	14.5	26.3	1.5	1.5
Ancho interno del tubo bucal	23	8.7	–	14.2	17.4	–	24.7	12.0	21.8	1.4	2.0
Longitud de la lámina ventral	22	19.1	–	59.8	36.0	–	94.0	32.5	58.2	7.4	9.8
Longitud de las placoidas											
Macroplacoida 1	23	6.3	–	13.3	13.9	–	22.5	10.3	18.6	1.8	2.5
Macroplacoida 2	23	5.9	–	11.8	11.7	–	19.8	9.0	16.2	1.4	1.7
Macroplacoida 3	23	8.0	–	16.3	16.1	–	27.3	11.7	21.0	2.0	2.8
Microplacoida	23	2.0	–	5.8	3.5	–	9.5	3.7	6.7	1.0	1.6
Fila de macroplacoida	23	22.5	–	51.1	48.9	–	85.7	33.8	60.8	5.9	6.9
Fila de placoidas	23	27.9	–	63.3	65.0	–	106.1	43.0	77.5	7.1	8.2
Altura de las garras 1											
Base externa	26	3.3	–	7.1	6.0	–	11.2	4.4	8.0	0.9	1.5
Rama primaria externa	26	8.3	–	17.7	16.8	–	29.5	13.0	23.6	2.3	3.3
Rama secundaria externa	26	6.6	–	14.7	13.5	–	23.3	10.4	18.7	1.7	2.3
Base externa/rama primaria (cct)	26	25.5	–	47.1		–		34.0	–	6.3	–
Base interna	26	2.9	–	6.2	5.1	–	9.7	3.9	7.0	0.8	1.1
Rama primaria interna	26	8.4	–	15.9	16.4	–	25.4	11.9	21.4	2.0	2.5
Rama secundaria interna	26	7.1	–	14.0	13.0	–	22.0	9.7	17.4	2.0	2.9
Base interna /Rama primaria (cct)	26	24.1	–	45.6		–		32.8	–	5.2	–
Altura de las garras 2											
Base externa	26	2.9	–	7.9	5.8	–	12.3	4.3	7.7	1.0	1.6
Rama primaria externa	26	10.5	–	17.8	17.6	–	32.6	13.4	24.4	1.9	3.3
Rama secundaria externa	26	6.3	–	15.6	14.2	–	26.7	10.7	19.9	2.2	3.2
Base externa/rama primaria (cct)	26	24.0	–	48.1		–		31.9	–	5.4	–
Base interna	26	2.5	–	6.1	5.0	–	11.1	3.9	6.9	0.9	1.4
Rama primaria interna	26	7.3	–	16.2	12.2	–	27.5	12.0	21.8	2.1	3.4
Rama secundaria interna	26	6.0	–	14.9	10.1	–	23.5	10.1	18.4	2.0	3.4
Base interna /Rama primaria (cct)	26	22.5	–	50.0		–		32.9	–	6.7	–
Altura de las garras 3											
Base externa	26	3.2	–	8.4	5.4	–	15.3	4.6	8.7	1.2	2.5
Rama primaria externa	26	5.0	–	17.6	8.6	–	28.1	13.0	23.4	2.5	4.3
Rama secundaria externa	26	6.6	–	15.1	13.3	–	23.7	10.5	19.1	2.0	2.9
Base externa/rama primaria (cct)	26	24.0	–	79.0		–		37.1	–	12.2	–
Base interna	26	2.3	–	9.4	5.0	–	22.6	4.2	7.7	1.4	3.6
Rama primaria interna	26	9.4	–	15.4	17.7	–	28.3	12.4	22.3	1.5	2.9
Rama secundaria interna	26	7.8	–	14.0	14.1	–	22.8	10.4	18.8	1.5	2.3
Base interna /Rama primaria (cct)	26	18.3	–	80.8		–		33.9	–	12.0	–
Altura de las garras 4											
Base anterior	26	3.6	–	8.2	7.2	–	14.4	5.9	10.6	1.2	2.4
Rama primaria anterior	26	10.1	–	17.7	19.1	–	29.4	13.7	25.0	2.0	2.6
Rama secundaria anterior	26	5.6	–	14.5	9.9	–	26.5	11.3	20.5	2.1	3.3
Base anterior /Rama primaria (cct)	26	32.9	–	56.3		–		43.0	–	7.6	–
Base posterior	26	3.1	–	8.2	6.2	–	14.7	5.8	10.6	1.4	2.1
Rama primaria posterior	26	9.5	–	18.8	16.8	–	30.1	14.1	25.6	2.3	3.2
Rama secundaria posterior	26	8.3	–	14.9	14.9	–	24.2	11.1	20.3	1.7	2.4
Base posterior /rama primaria (cct)	26	24.2	–	60.0		–		41.4	–	9.1	–

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

Localidad: Xochimilco, Ciudad de México.

Sitio de colecta: 34 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris* Bridel, 1827 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 2

Descripción del hábitat: Zona lacustre, con un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano y otoño.

Descripción: Longitud del cuerpo de 595 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, sin ojos, cutícula lisa sin poros, con presencia de huevos sin identificarse sus procesos en el segmento troncal en algunos ejemplares (Figura 53; Figura 55; Figura 56). Tres hileras de dientes, la primera pequeña con forma casi circular, se encuentra debajo de las lamelas, le sigue la segunda hilera con forma triangular y finalmente la tercera en forma rectangular (Figura 56 A), tubo bucal recto y rígido con una longitud de 59.8 μm , ancho externo de 17.2 μm y un ancho interno de 15.6 μm ; el punto de inserción del soporte del estilete mide 48.8 μm , mientras que la longitud de la lámina ventral es de 37.9 μm . El bulbo faríngeo presenta placoidas cuya longitud es de 39.5 μm , en esta se presentan tres filas de macroplacoidas cuya longitud total es de 31.8 μm y una de microplacoidas que cuentan con un tamaño de 2.7 μm , con la siguiente secuencia de macroplacoidas: 2<1<3, el tamaño de la primer macroplacoida es de 10.1 μm , el de la segunda macroplacoida es 8.8 μm y el de la tercera macroplacoida es 11.8 μm . (Figura 54 A). Garras tipo “*Hufelandi*”, presentan lúnulas alargadas con margen liso (Figura 54 B, C); en la garra 1, su base externa presenta una altura de 5.0 μm , así como su rama externa primaria tiene una altura de 16.2 μm y la interna de 11.6 μm , en lo que respecta a la altura de su base interna esta es de 4.2 μm y su rama primaria interna presenta una altura de 14.6 μm y la secundaria de 12.4 μm ; la garra 2 muestra una altura en su base externa de 5.8 μm , su rama externa primaria tiene una altura de 15.3 μm y la interna de 12.1 μm , mientras que la base interna tiene una altura de 6.5 μm , su rama primaria interna presenta una altura de 11.1 μm y la secundaria de 10.6 μm ; la base externa de la garra 3 presenta una altura de 3.5 μm , su rama externa primaria tiene una altura de 13.0 μm y la interna de 8.8 μm , la base interna mostró una altura de 4.5 μm , su rama primaria interna presenta una altura

de 9.9 μm y la secundaria de 7.3 μm ; la garra 4 tiene una altura en su base anterior de 6.6 μm , su rama primaria anterior tiene una altura de 16.4 μm y la secundaria de 12.7 μm , mientras que la altura de la base posterior es de 8.0 μm , su rama primaria posterior presenta una altura de 13.3 μm y la secundaria de 7.6 μm .

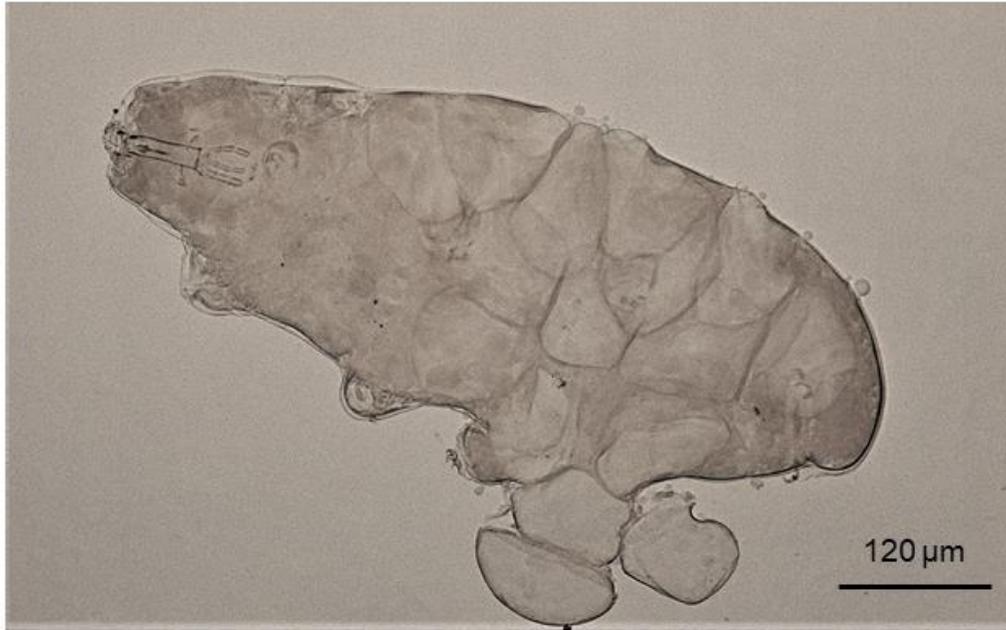


Figura 53. Habito de *Paramacrobotus* morfoespecie II. Hembra adulta. Microscopía de campo claro. Escala 120 μm .

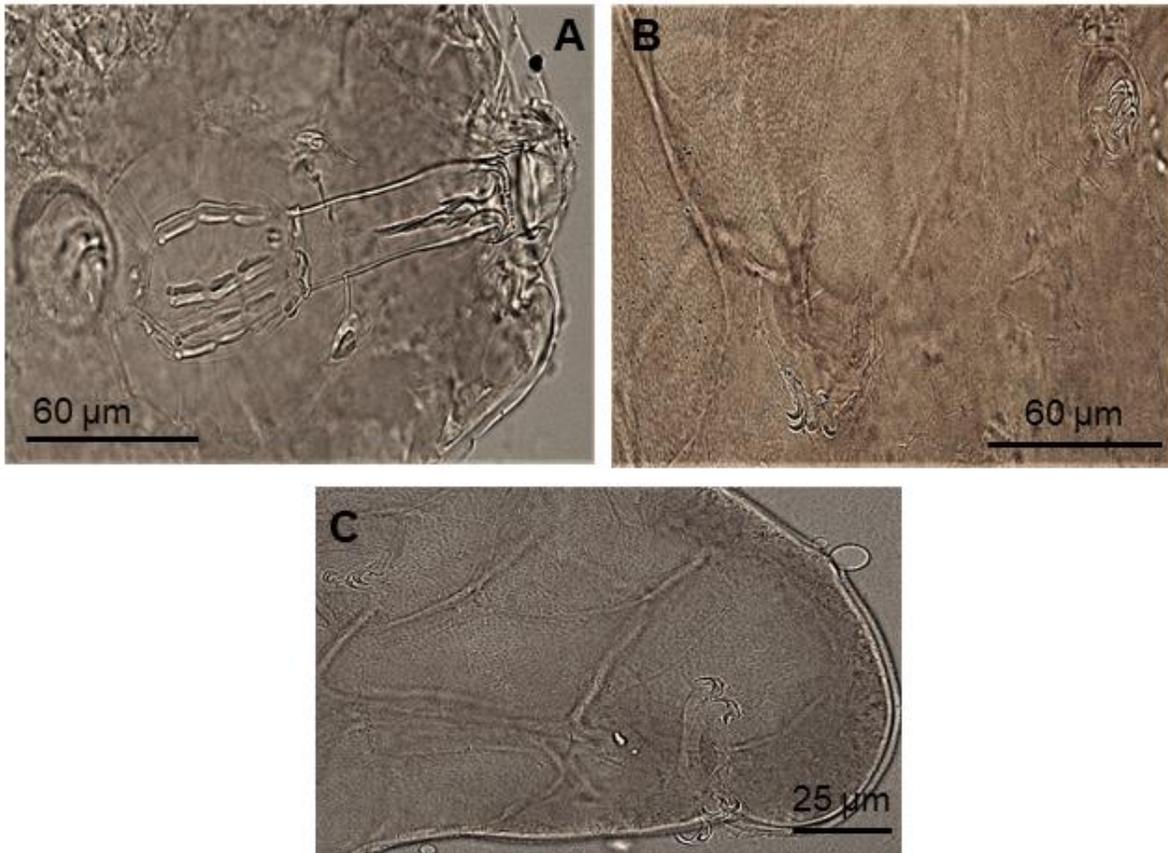


Figura 54. Detalle de aparato bucal y garras de *Paramacrobotus* morfoespecie II. A, Aparato bucal; B, Garras II-III tipo “*Hufelandi*”; C, Garras IV tipo “*Hufelandi*”. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm , 60 μm , 25 μm .

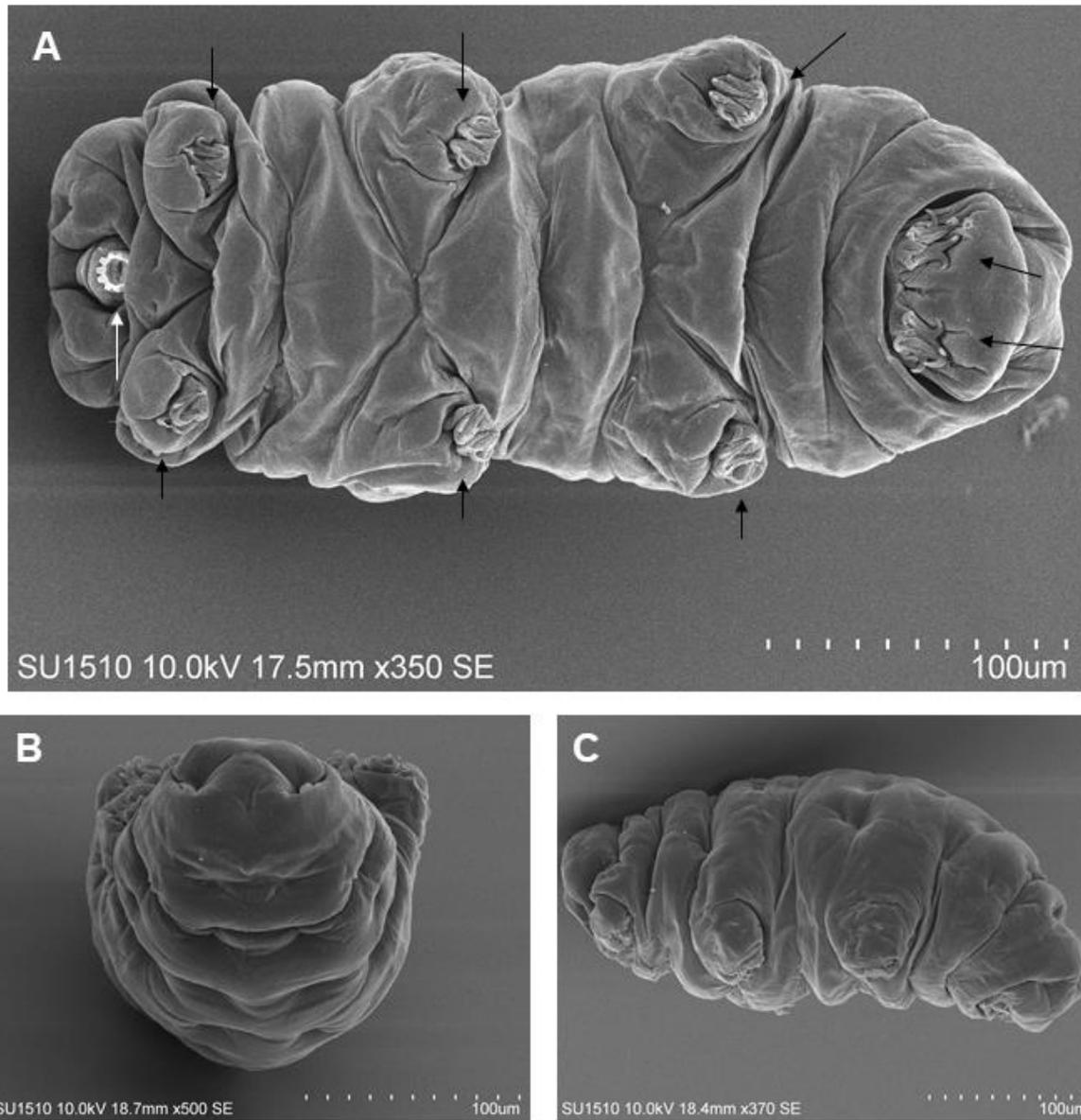


Figura 55. Habito de *Paramacrobotus morfoespecie II*. A, Vista ventral del organismo, la flecha blanca indica la boca, las flechas negras señalan los pares de patas con sus respectivas garras; B, Vista frontal del organismo; C, Vista lateral (derecha) del organismo. A-C, Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Fotos tomadas por María Berenit Mendoza. Escala 100 µm, 100 µm, 100 µm.

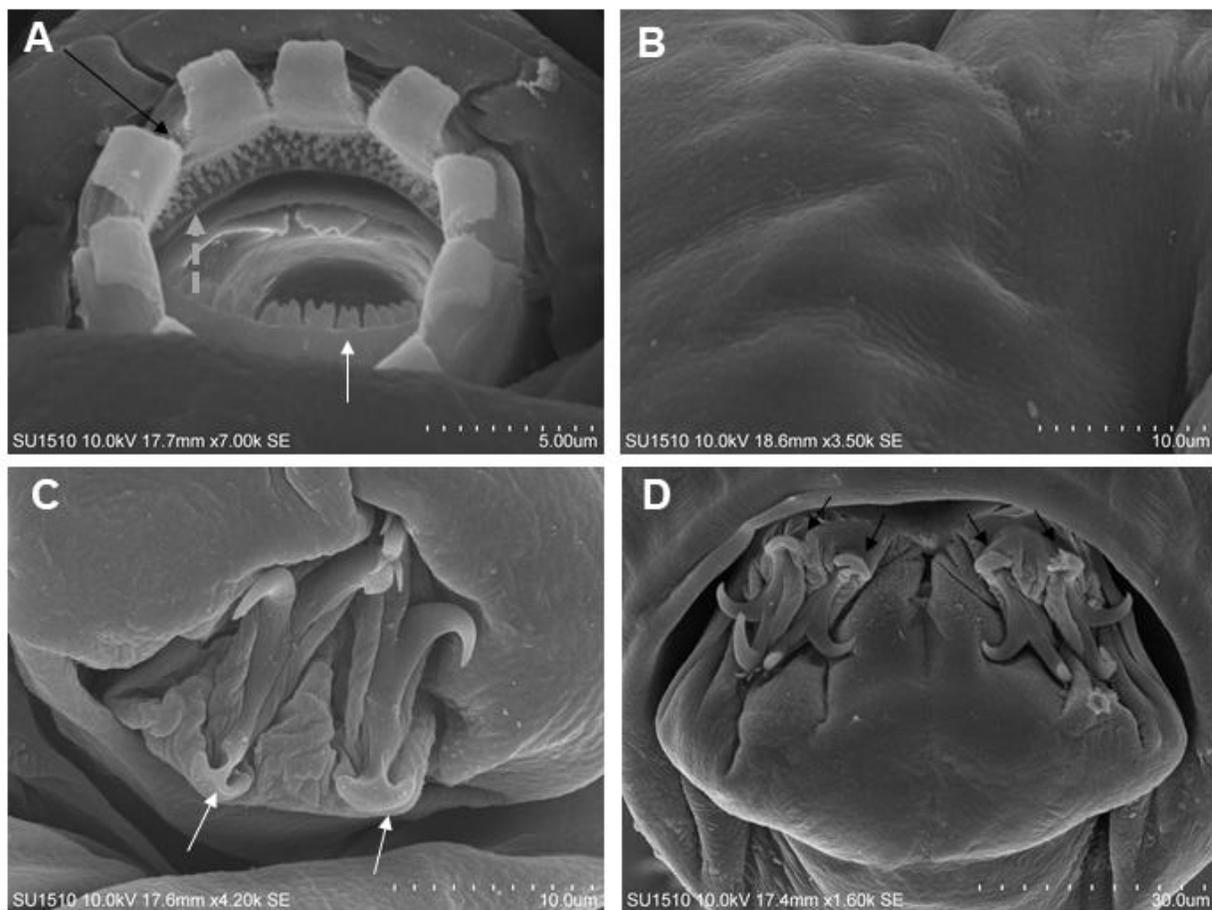


Figura 56. Detalle de aparato bucal y garras de *Paramacrobiotus* morfoespecie II. A, Boca, la flecha negra indica la primera hilera de dientes, la cual es pequeña y con una forma casi circular, que se encuentra debajo de las lamelas; la flecha gris indica la segunda hilera, que presenta una forma triangular y finalmente; la flecha blanca indica la tercera hilera de dientes, que se observa con una forma rectangular; B, Detalle de la cutícula lisa sin ornamentaciones; C, Detalle de las garras I tipo “*Hufelandi*”, las flechas indican las lúnulas; D, Detalle de las garras IV tipo “*Hufelandi*”, las flechas negras indican las lúnulas. A-D, Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Fotos tomadas por María Berenit Mendoza. Escala 5 μm , 10 μm , 10 μm , 30 μm .

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

Localidad: Oaxaca

Sitio de colecta: 71,73,77,79 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Ditrichum rufescens* Hampe, 2007, *Dicranum* sp., *Hedwigia ciliata* Palisot de Beauvois, 1805, *Dicranum sumichrastii* Duby, 1970 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 12 (Tabla 18)

Descripción del hábitat: Coníferas y latifoliada, rodeada por tierras para agricultura (Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Estudios Municipales, Gobierno del Estado de Oaxaca, 1988), clima templado húmedo.

Descripción: Longitud del cuerpo de 114-529 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, sin ojos, cutícula lisa sin poros (Figura 57). Tres hileras de dientes, la primera pequeña con forma casi circular, se encuentra debajo de las lamelas, le sigue la segunda hilera con forma triangular y finalmente la tercera en forma rectangular, tubo bucal recto con una longitud promedio de 40.2 μm y un ancho externo promedio de 7.9 μm , mientras que el punto de inserción del soporte del estilete mide promedio 30.9 μm ; el bulbo faríngeo presenta tres filas de macroplacoidas y una de microplacoidas, la secuencia de las macroplacoidas es 2<1<3 (Figura 58 A). Garras tipo “*Hufelandi*”; garras I-IV presentan lúnulas con margen liso, alargadas (Figura 58 B, C).

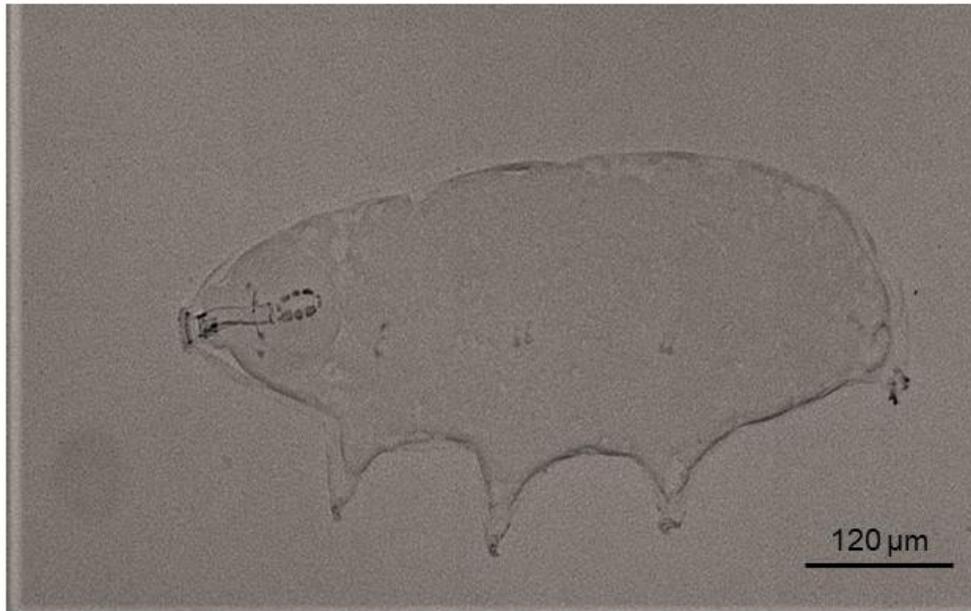


Figura 57. Habito de *Paramacrobiotus* morfoespecie III. Microscopía de campo claro. Escala 120 μm.

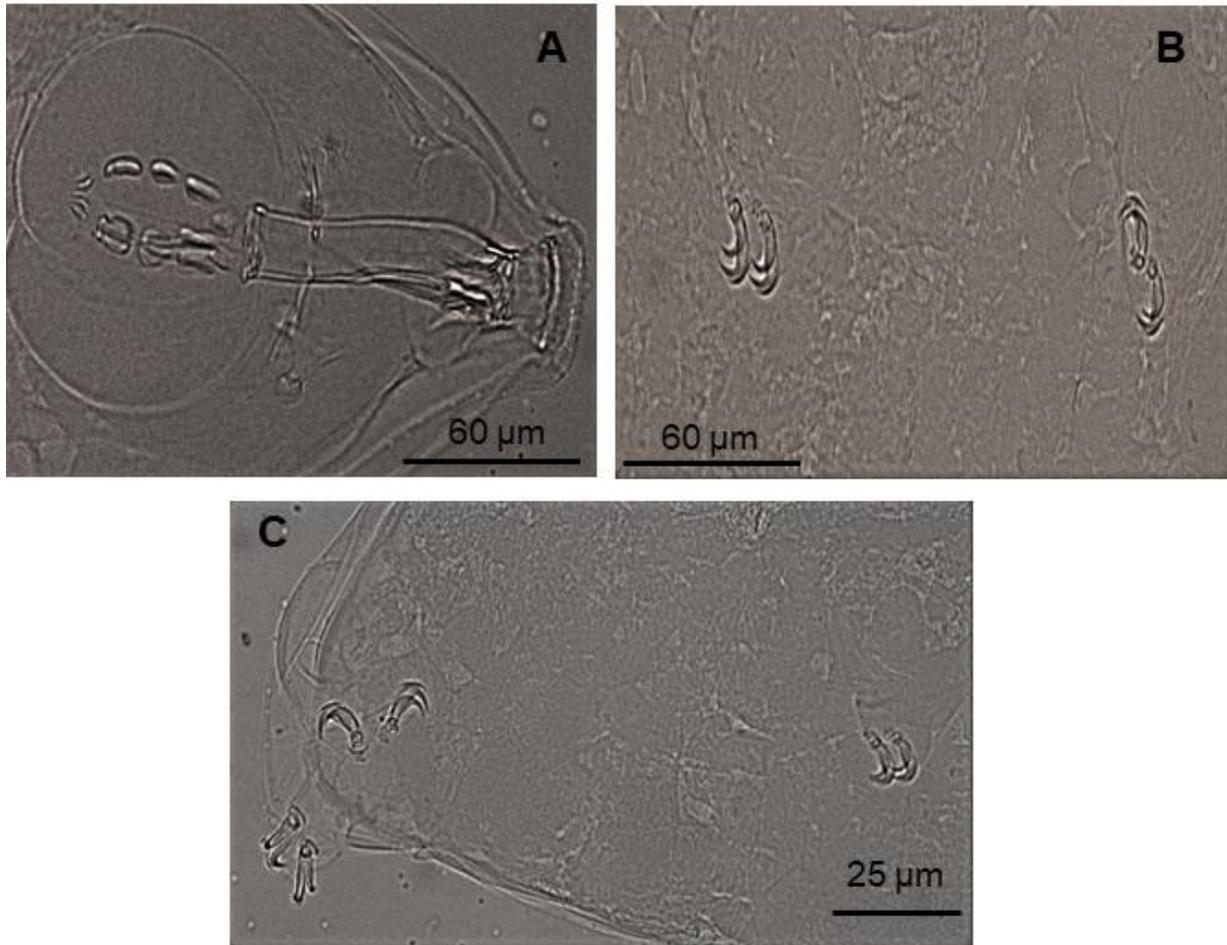


Figura 58. Detalle de aparato bucal y garras de *Paramacrobiotus* morfoespecie III, A, Aparato bucal; B, Garras I-II tipo “*Hufelandi*”; C, Garras III-IV tipo “*Hufelandi*”. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm, 60 μm, 25 μm.

Tabla 18. Morfometría de *Paramacrobotus* morfoespecie III. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; pt (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N	Rango				Media		DS			
		μm	pt	μm	pt	μm	pt				
Longitud del cuerpo	15	114	–	529	434	–	919	308	728	128	134
Tubo bucofaríngeo											
Longitud tubo bucal	12	25.9	–	51.8		–		40.2	–	10.3	–
Punto de inserción del soporte del estilete	12	20.0	–	41.2	72.0	–	79.7	30.9	76.9	8.2	2.5
Ancho externo del tubo bucal	12	4.8	–	10.3	17.6	–	21.6	7.9	19.6	2.3	1.4
Ancho interno del tubo bucal	12	3.0	–	9.2	10.5	–	19.3	6.4	15.5	2.4	2.5
Longitud de la lámina ventral	12	12.2	–	33.0	46.9	–	63.8	23.4	57.2	7.4	4.9
Longitud de las placoidas											
Macroplacoida 1	12	2.0	–	6.8	7.8	–	14.8	4.6	10.9	1.8	2.2
Macroplacoida 2	12	2.1	–	5.5	7.5	–	11.6	3.9	9.6	1.2	1.5
Macroplacoida 3	12	2.7	–	7.1	9.9	–	15.3	4.9	12.1	1.6	1.8
Microplacoida	12	2.0	–	5.1	4.3	–	10.0	3.1	7.8	1.0	1.4
Fila de macroplacoida	12	8.3	–	26.0	32.1	–	50.2	17.4	42.0	6.5	7.1
Fila de placoidas	12	11.3	–	33.0	41.5	–	64.2	22.2	53.7	8.0	8.4
Altura de las garras 1											
Base externa	15	2.3	–	5.1	5.2	–	14.4	3.4	8.7	0.8	2.5
Rama primaria externa	15	5.7	–	10.9	14.1	–	32.6	8.5	21.3	1.9	4.7
Rama secundaria externa	15	4.2	–	9.1	8.8	–	25.7	6.9	17.0	1.9	4.0
Base externa/rama primaria (cct)	15	23.2	–	71.4		–		42.0	–	14.0	–
Base interna	15	2.4	–	4.1	5.2	–	12.0	3.2	8.5	0.5	2.0
Rama primaria interna	15	4.4	–	11.0	14.7	–	30.1	8.1	20.2	1.8	5.4
Rama secundaria interna	15	3.7	–	9.3	11.3	–	26.5	6.6	16.6	1.5	4.9
Base interna /Rama primaria (cct)	15	29.0	–	76.9		–		42.3	–	13.4	–
Altura de las garras 2											
Base externa	15	2.2	–	5.5	5.2	–	14.1	3.4	9.0	1.0	2.7
Rama primaria externa	15	5.4	–	12.5	15.9	–	31.4	8.6	21.4	2.0	4.2
Rama secundaria externa	15	4.5	–	8.9	9.6	–	24.6	6.6	16.7	1.5	4.3
Base externa/rama primaria (cct)	15	26.0	–	60.3		–		40.5	–	12.7	–
Base interna	15	1.9	–	6.1	4.8	–	13.7	3.4	8.3	1.2	2.9
Rama primaria interna	15	5.2	–	12.1	12.6	–	35.4	8.5	21.5	2.0	5.8
Rama secundaria interna	15	3.3	–	8.6	10.2	–	29.1	6.5	16.7	1.5	4.9
Base interna /Rama primaria (cct)	15	19.2	–	57.4		–		40.5	–	11.8	–
Altura de las garras 3											
Base externa	15	2.1	–	5.4	5.7	–	14.6	3.5	9.0	0.8	3.0
Rama primaria externa	15	5.9	–	11.9	14.6	–	28.8	8.5	20.7	1.8	3.9
Rama secundaria externa	15	3.9	–	9.4	9.0	–	25.1	6.7	16.5	1.7	4.5
Base externa/rama primaria (cct)	15	26.7	–	67.3		–		42.1	–	10.7	–
Base interna	15	2.4	–	6.9	6.1	–	24.7	3.7	10.0	1.2	5.5
Rama primaria interna	15	5.6	–	12.5	13.5	–	23.7	8.2	19.7	1.9	3.0
Rama secundaria interna	15	4.2	–	9.1	8.8	–	19.4	6.2	15.7	1.3	3.2
Base interna /Rama primaria (cct)	15	29.7	–	103.9		–		47.4	–	19.5	–
Altura de las garras 4											
Base anterior	15	2.5	–	8.7	8.5	–	18.1	4.7	11.9	1.6	3.2
Rama primaria anterior	15	5.1	–	13.4	19.0	–	27.4	9.6	22.8	2.7	2.6
Rama secundaria anterior	15	3.8	–	10.3	13.1	–	22.5	7.1	17.0	2.2	3.3
Base anterior /Rama primaria (cct)	15	34.3	–	87.5		–		49.8	–	14.5	–
Base posterior	15	2.4	–	8.7	7.9	–	18.3	4.5	10.9	1.6	2.9
Rama primaria posterior	15	4.6	–	14.1	17.6	–	27.2	10.2	23.9	3.0	3.0
Rama secundaria posterior	15	4.0	–	11.9	15.6	–	23.7	8.0	19.3	2.3	2.4
Base posterior /rama primaria (cct)	15	33.0	–	68.0		–		45.5	–	11.9	–

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

Localidad: Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos.

Sitio de colecta: 65,66,67 (Tabla 6)

Especie de musgo y tipo de sustrato donde se encontraba: *Anomobryum filiforme* Schimper 1860, *Anomobryum postratum* Bescherele 1872, *Hypnum revolutum* Lindb 1867, *Molendoa sendtneriana* Limpricht, 1886, *Hymenostylium recurvirostrum* Zander, 1976 y suelo.

Tardígrados obtenidos: 6 (Tabla 19)

Descripción del hábitat: Zona boscosa, compuesta principalmente por bosque de pino, siendo las principales especies *Pinus montezumae*, *P. teocote* y *P. hartwegii*, clima templado húmedo; esta localidad se encuentra en el Eje Neovolcánico Transversal (CONABIO y UAEM, 2004).

Descripción: Longitud del cuerpo de 285-455 μm , coloración naranja *in vivo* y transparente al ser montado, sin ojos, cutícula lisa con poros, con presencia de huevos sin identificarse sus procesos en el segmento troncal en algunos ejemplares (Figura 59; Figura 61). Tres hileras de dientes, la primera pequeña con forma casi circular, se encuentra debajo de las lamelas, le sigue la segunda hilera con forma triangular y finalmente la tercera en forma rectangular, tubo bucal recto y rígido con una longitud promedio de 49.8 μm y un ancho externo promedio de 11.8 μm , mientras que el punto de inserción del soporte del estilete mide un promedio de 39.7 μm ; el bulbo faríngeo presenta tres filas de macroplacoidas y una de microplacoidas, la secuencia de las macroplacoidas es 2<1<3 (Figura 60 A). Garras tipo “*Hufelandi*”; garras I-IV presentan lúnulas con margen liso, alargadas (Figura 60 B, C; Figura 62).

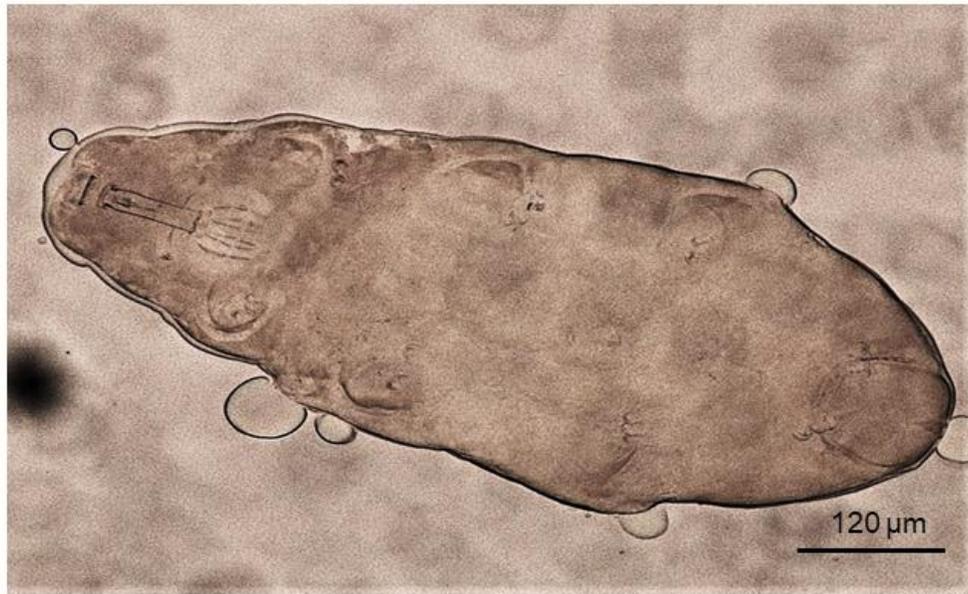


Figura 59. Habito de *Paramacrobiotus* morfoespecie IV. Hembra adulta. Microscopía de campo claro. Escala 120 μm

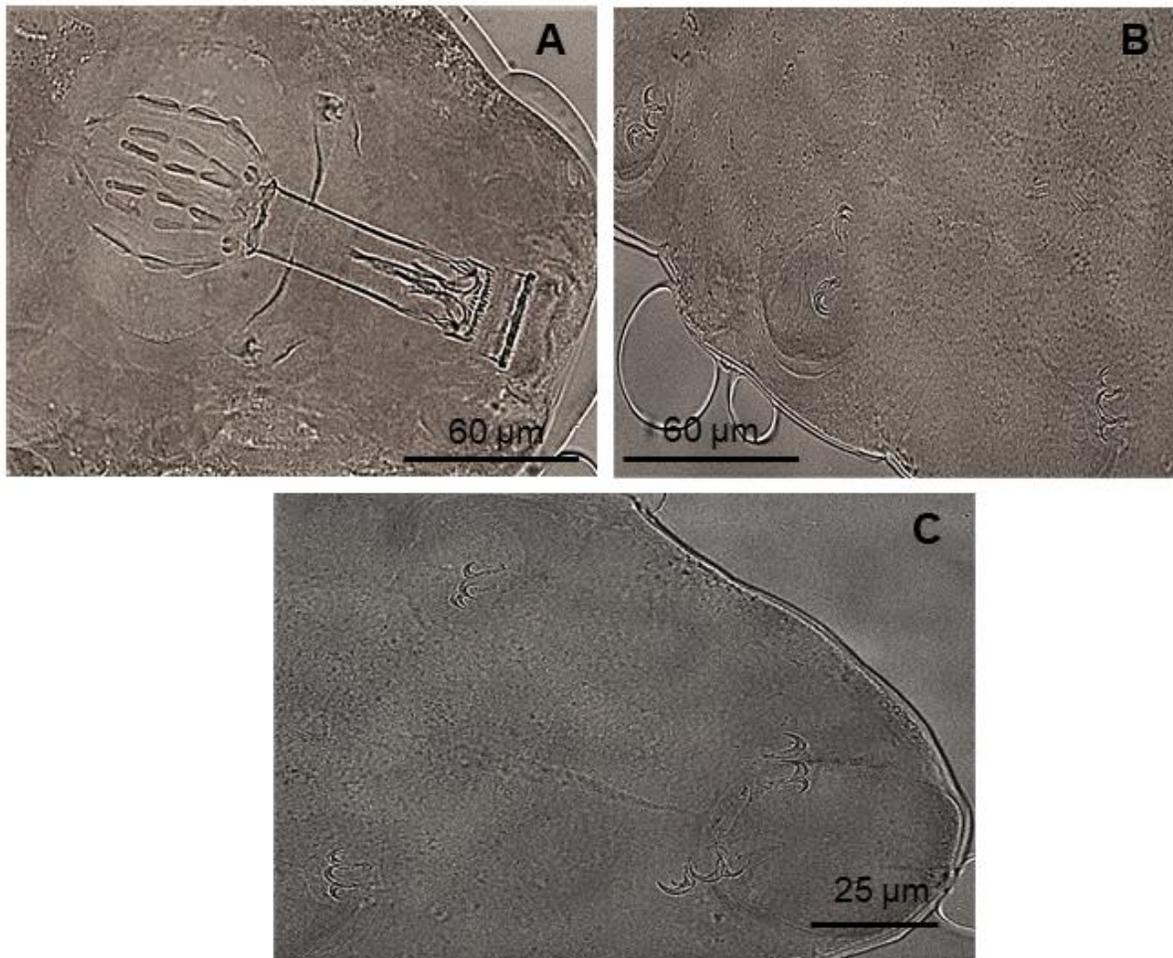


Figura 60. Detalle de aparato bucal y garras de *Paramacrobiotus* morfoespecie IV. A, Aparato bucal; B, Garras I-III tipo “*Hufelandi*”; C, Garras IV tipo “*Hufelandi*”. A-C, Microscopía de campo claro. Escala 60 μm, 60 μm, 25 μm.

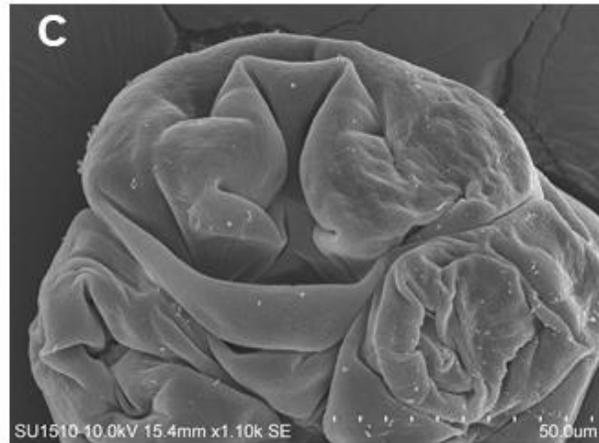
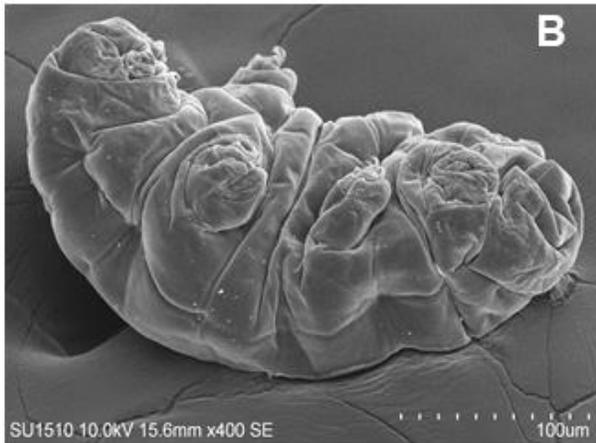
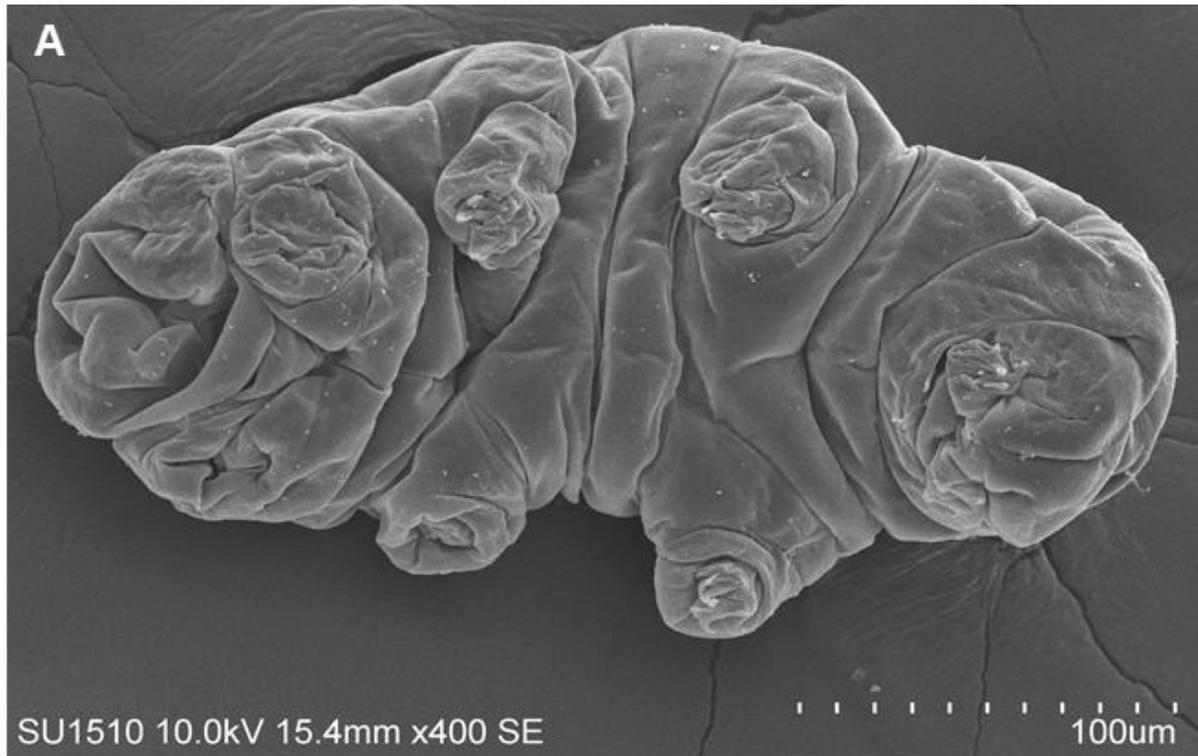


Figura 61. Habito de *Paramacrobotus* morfoespecie IV. A, Vista ventral del organismo, observándose 4 pares de patas cada una con un par de diploúñas; B, Vista lateral (izquierda) del organismo; C, Vista de la región frontal en posición ventral, en donde se muestra la región cefálica y el primer pseudosegmento con su par de patas con sus respectivas garras. A-C, Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Fotos tomadas por María Berenit Mendoza. Escala 100 µm, 100 µm, 50 µm.

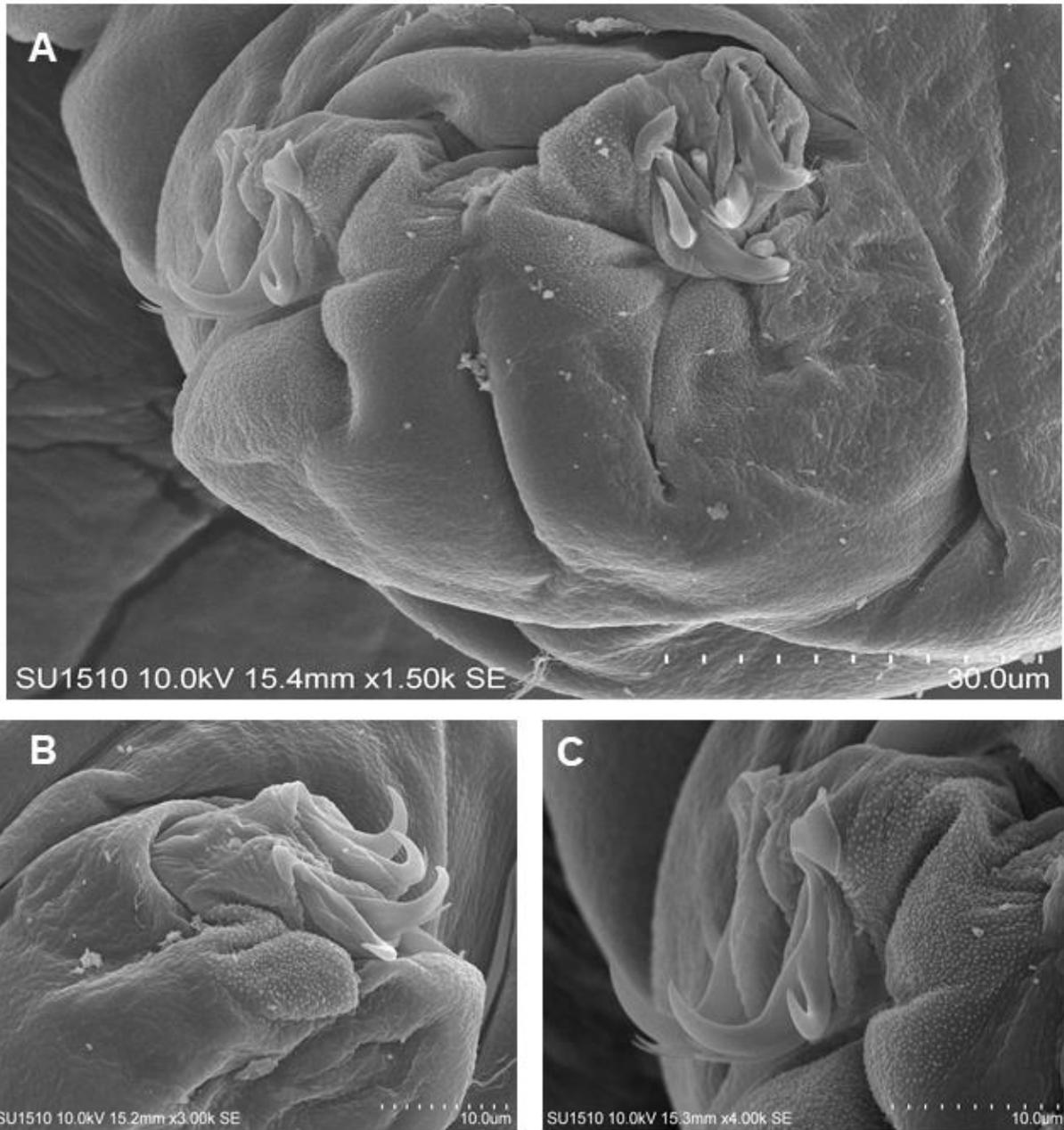


Figura 62: Detalle de las garras tipo “Hufelandi”; A, garra IV; B, garra I; C, garra III. A-C, Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Fotos tomadas por María Berenit Mendoza. Escala 30 µm, 10 µm, 10 µm.

Tabla 19. Morfometría de *Paramacrobiotus* morfoespecie IV. N, número de ejemplares medidos; μm , micrómetros; *pt* (%), porcentaje de la estructura a partir de la medida del aparato bucal.

Carácter	N			Rango		Media		DS			
		μm		μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>	μm	<i>pt</i>		
Longitud del cuerpo	5	285	–	455	515	–	880	352	700	66	152
Tubo bucofaríngeo											
Longitud tubo bucal	4	43.0	–	55.3		–		49.8	–	5.2	–
Punto de inserción del soporte del estilete	4	33.5	–	45.5	77.1	–	82.2	39.7	79.5	5.1	2.4
Ancho externo del tubo bucal	4	8.6	–	14.8	19.4	–	27.8	11.8	23.5	3.2	4.4
Ancho interno del tubo bucal	4	6.6	–	13.8	15.3	–	24.9	10.2	20.2	3.5	5.2
Longitud de la lámina ventral	4	26.1	–	35.2	58.6	–	63.6	30.6	61.5	3.7	2.3
Longitud de las placoidas											
Macroplacoida 1	4	4.4	–	8.3	10.2	–	16.0	6.5	12.8	1.9	2.7
Macroplacoida 2	4	4.1	–	8.0	8.3	–	15.4	5.9	11.7	2.1	3.3
Macroplacoida 3	4	5.3	–	10.7	11.9	–	19.3	7.9	15.7	2.7	4.1
Microplacoida	4	3.6	–	6.1	7.0	–	11.0	4.6	9.2	1.1	1.6
Fila de macroplacoida	4	17.4	–	31.7	39.0	–	59.7	24.8	49.1	7.5	10.9
Fila de placoidas	4	24.1	–	41.7	52.0	–	80.7	33.2	65.9	9.7	14.0
Altura de las garras 1											
Base externa	5	3.3	–	5.1	7.4	–	9.3	3.9	8.2	0.8	0.8
Rama primaria externa	5	6.8	–	13.7	15.7	–	24.7	10.5	20.5	2.6	4.0
Rama secundaria externa	5	5.3	–	10.1	12.2	–	18.2	8.2	16.3	1.8	2.8
Base externa/rama primaria (cct)	5	29.3	–	50.1		–		38.8	–	8.5	–
Base interna	5	2.4	–	4.5	5.6	–	8.2	3.6	7.3	0.8	1.2
Rama primaria interna	5	8.4	–	13.4	18.5	–	24.3	10.6	20.4	2.1	2.6
Rama secundaria interna	5	6.9	–	10.7	14.8	–	19.3	8.5	16.5	1.6	2.0
Base interna /Rama primaria (cct)	5	25.1	–	41.3		–		34.0	–	7.1	–
Altura de las garras 2											
Base externa	5	2.6	–	6.3	5.9	–	11.7	4.4	9.1	1.6	2.9
Rama primaria externa	5	9.2	–	13.1	21.5	–	25.3	11.8	23.2	1.6	1.6
Rama secundaria externa	5	7.5	–	11.3	17.5	–	20.5	9.6	19.3	1.4	1.4
Base externa/rama primaria (cct)	5	27.7	–	51.6		–		37.4	–	11.9	–
Base interna	5	3.2	–	5.4	8.4	–	9.7	4.3	9.1	0.8	0.6
Rama primaria interna	5	7.2	–	13.3	16.6	–	24.0	10.0	18.9	2.5	3.5
Rama secundaria interna	5	5.9	–	10.6	12.0	–	19.1	7.9	15.0	2.1	3.0
Base interna /Rama primaria (cct)	5	27.2	–	56.8		–		44.6	–	11.5	–
Altura de las garras 3											
Base externa	5	3.0	–	6.3	5.7	–	14.7	4.6	9.8	1.5	3.9
Rama primaria externa	5	9.9	–	14.9	21.8	–	28.8	12.4	25.0	2.2	3.2
Rama secundaria externa	5	7.7	–	11.6	17.8	–	21.0	9.8	19.7	1.5	1.5
Base externa/rama primaria (cct)	5	19.8	–	63.8		–		38.6	–	16.3	–
Base interna	5	3.0	–	5.0	6.9	–	11.3	4.0	8.7	0.9	2.0
Rama primaria interna	5	7.4	–	14.1	17.1	–	27.3	11.4	22.8	2.6	4.2
Rama secundaria interna	5	5.8	–	11.4	13.4	–	22.0	9.5	18.8	2.3	3.8
Base interna /Rama primaria (cct)	5	27.2	–	65.9		–		37.8	–	16.3	–
Altura de las garras 4											
Base anterior	5	3.6	–	6.6	8.2	–	12.5	5.3	10.3	1.4	2.2
Rama primaria anterior	5	10.2	–	17.7	20.9	–	27.9	12.9	23.4	3.5	3.3
Rama secundaria anterior	5	8.3	–	12.9	17.0	–	23.3	10.5	20.2	2.0	2.6
Base anterior /Rama primaria (cct)	5	33.7	–	59.6		–		42.1	–	10.3	–
Base posterior	5	4.4	–	11.0	10.3	–	19.9	7.0	13.7	2.5	4.3
Rama primaria posterior	5	11.0	–	15.5	22.6	–	27.9	12.8	25.6	1.9	2.2
Rama secundaria posterior	5	9.1	–	13.2	19.0	–	23.8	10.4	20.8	1.6	2.2
Base posterior /rama primaria (cct)	5	40.3	–	71.3		–		53.3	–	11.2	–

5.1.3. Análisis de datos.

La familia más abundante en todas las muestras revisadas fue Macrobiotidae constituyendo el 83% del total de tardígrados colectados (Fig.63)

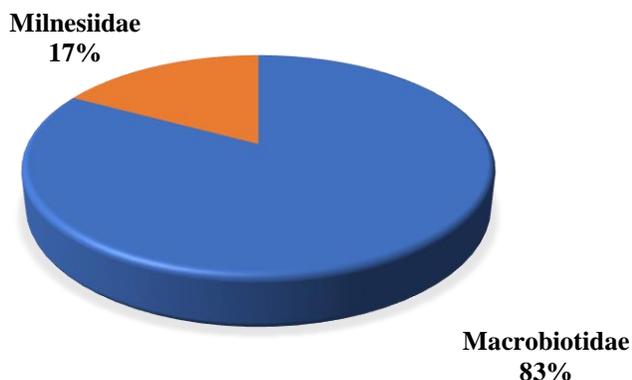


Figura 63. Comparación entre la familia Macrobiotidae y Milnesiidae con respecto al número de organismos obtenidos.

El género *Paramacrobotus* (*Pam.*) se identificó con mayor frecuencia en los sitios de colecta (14 sitios) mientras que *Milnesium* (*Mil.*) fue el género que se encontró con menor frecuencia (Fig. 64)

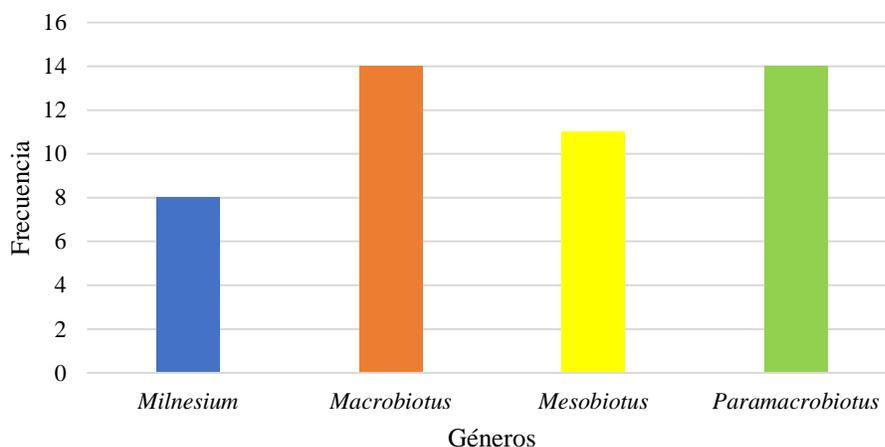


Figura 64. Frecuencia de los géneros de tardígrados en los sitios de colecta.

En cuanto al número de tardígrados obtenidos de cada género se observa que el género *Pam.* fue el que presentó una mayor abundancia mientras que el género *Mesobiotus* (*Meb.*) fue el de menor abundancia (Fig. 65).

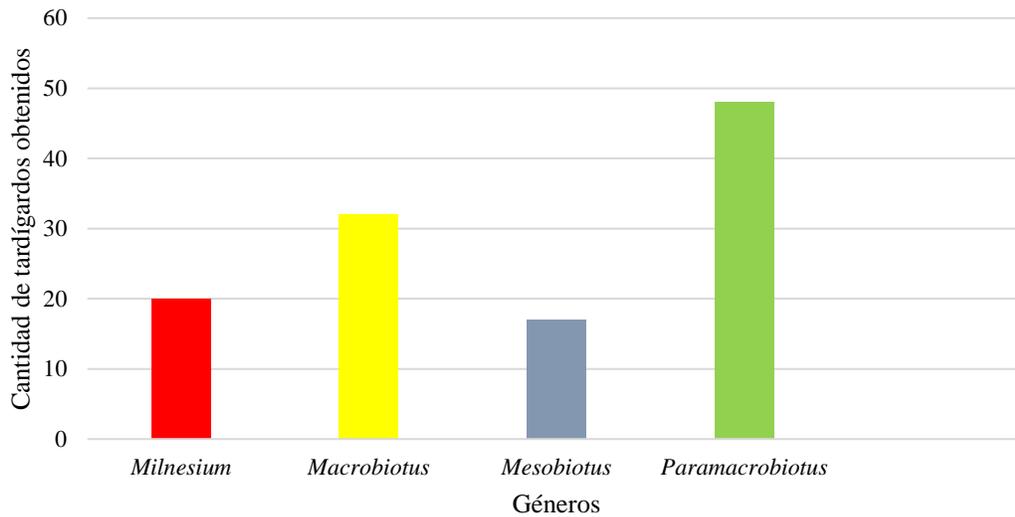


Figura 65. Abundancia de géneros de tardígrados obtenidos.

De los géneros de tardígrados que más morfoespecies se identificaron fueron *Macrobiotus* (*Mac.*), *Mil.* y *Meb.*, mientras que *Pam.* fue el género que presentó menor cantidad de morfoespecies (Fig. 66).

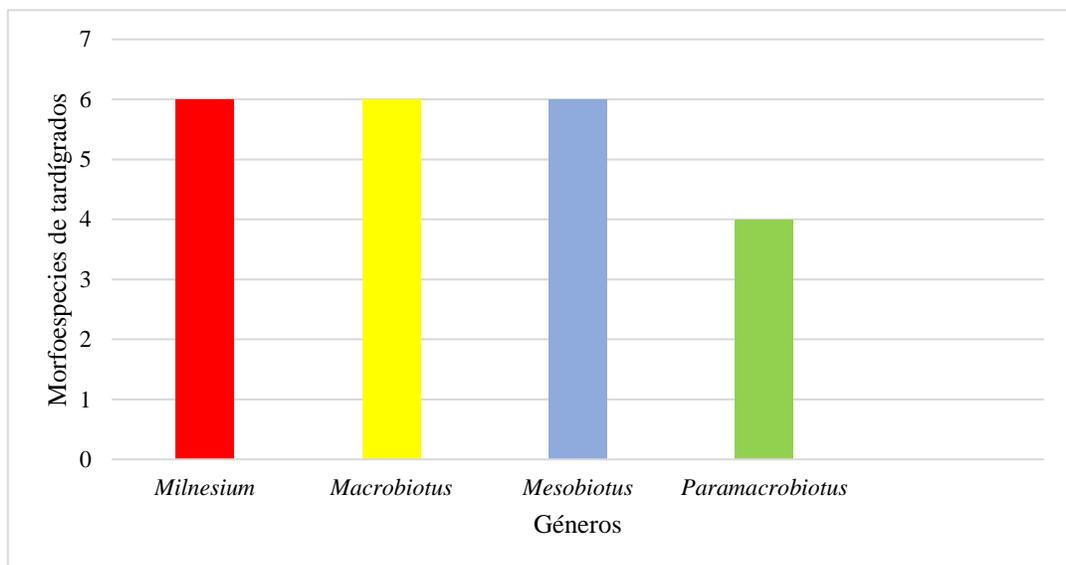


Figura 66. Número de morfoespecies identificadas en cada género obtenido.

La morfoespecie que obtuvo la mayor cantidad de tardígrados fue *Pam.* morfoespecie 1 con 29 especímenes, sin embargo, la mayoría de las morfoespecies presentaron máximo cinco organismos cada una (Figura 67).

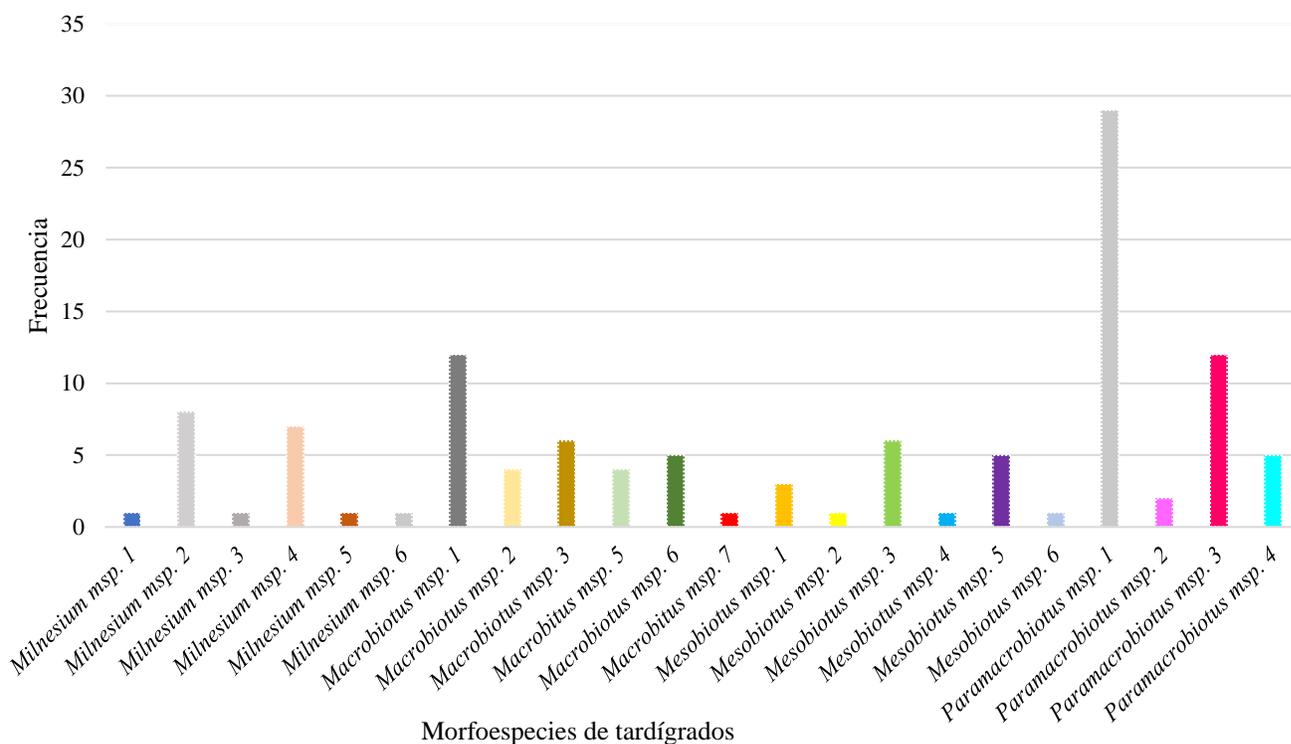


Figura 67. Frecuencia de morfoespecies de tardígrados obtenidos

En la tabla 20 se muestran las alturas en las que fueron colectados los tardígrados.

Tabla 20. Relación altitud (msnm) vs morfoespecie de tardígrado identificados.

Morfoespecies de tardígrados identificadas	Altitud (msnm)	Estación de recolecta
<i>Milnesium</i> morfoespecie 1	2,330	22
<i>Milnesium</i> morfoespecie 2	2,242	32 y 34
	2,249	33
<i>Milnesium</i> morfoespecie 3	2,730	61
<i>Milnesium</i> morfoespecie 4	2,982	64
<i>Milnesium</i> morfoespecie 5	2,842	67
<i>Milnesium</i> morfoespecie 6	2,332	79
<i>Macrobotus</i> morfoespecie 1	2,242	32,3 4 y 38
	2,243	40
	2,249	33
	2,260	35 y 37
<i>Macrobotus</i> morfoespecie 2	2,300	15
<i>Macrobotus</i> morfoespecie 3	2,338	26
	2,329	28
	2,323	29
	2,325	30

<i>Macrobotus</i> morfoespecie 4	2,730	61
<i>Macrobotus</i> morfoespecie 5	2,737	58
<i>Macrobotus</i> morfoespecie 6	2,338	100
<i>Mesobiotus</i> morfoespecie 1	2,801	53
<i>Mesobiotus</i> morfoespecie 2	2,338	100
<i>Mesobiotus</i> morfoespecie 3	2,640	71
	2,574	73
	2,070	77
	2,332	79
<i>Mesobiotus</i> morfoespecie 4	2,982	64
<i>Mesobiotus</i> morfoespecie 5	2,828	65
	2,945	66
	2,842	67
<i>Mesobiotus</i> morfoespecie 6	2,945	66
<i>Paramacrobotus</i> morfoespecie 1	3,031	2 y 13
	3,034	7
	2,952	10
	2,849	12
<i>Paramacrobotus</i> morfoespecie 2	2,242	32, 34 y 38
<i>Paramacrobotus</i> morfoespecie 3	2,640	71
	2,574	73
	2,070	77
	2,332	79
<i>Paramacrobotus</i> morfoespecie 4	2,828	65
	2,945	66
	2,842	67
Muda	1,063	63

Se realizo una prueba Kruskal-Wallis (Scientific European Federation Osteopaths, 2019) para determinar si hay un efecto significativo de la altitud sobre la riqueza de morfoespecies, donde n corresponde al número total de sujetos, n_i al número de sujetos en cada grupo, R_i a la suma de los rangos de cada grupo y χ^2 indica que se deben de sumar los grupos.

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1)$$

Donde:

$n=42$

$\sum R_i^2/n_i= 20689.60173$

$\alpha= 0.05$

G. L=3

H= 8.472436755

$p=0.037193203$

A partir de estos resultados se demuestra que si hay un efecto significativa en todos los intervalos de altitud.

5.2. Musgos

Se analizaron 100 muestras de musgos recolectadas, de las cuales solo en 33 se observaron tardígrados, se determinaron 24 especies de musgos pertenecientes a 20 géneros: 14 corresponden a la Ciudad de México, 7 al Estado de Morelos, 4 de Oaxaca y 1 de Hidalgo (Tabla 21).

Tabla 21. Especies de musgos identificados en los sitios de colecta que presentaron tardígrados.

No. de muestra	Latitud (N)	Longitud (O)	MSNM	Especies de musgos presentes	Localidad
2	19° 07' 23.8"	99° 11' 38.9"	3,031	<i>Pohlia</i> sp.	Parres, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México
7	19°6'2.2"	99°12'35"	3,034	<i>Ptychomitrium</i> aff. <i>serratum</i>	
10	19°5'28.8"	99°14'6.7"	2,952	<i>Pohlia</i> sp. <i>Isopterygiopsis muelleriana</i>	
11	19°5'19.4"	99°13'57.2"	3,005	<i>Pylaisiadelphina tenuirostris</i>	
12	19°03'57.1"	99°14'17.9"	2,849	<i>Mnium marginatum</i>	
13	19°6'18.1"	99°11'44.9"	3,031	<i>Molendoa sendtneriana</i>	
15	19°18'6"	99°11'10"	2,300	<i>Ceratodon purpureus</i> subsp <i>stenocarpus</i>	Metrobús Perisur, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México
22	19°18'48"	99°11'31"	2,330	<i>Ceratodon</i> sp.	Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México
23	19°18'49"	99°11'31"	2,330	<i>Ceratodon</i> sp.	
26	19°18'54"	99°11'45"	2,338	<i>Ceratodon purpureus</i> subsp <i>stenocarpus</i>	
28	19°19'10"	99°11'39"	2,329	<i>Ceratodon</i> sp.	
29	19°19'4"	99°11'36"	2,323	<i>Plagiobryum zieri</i>	
30	19°19'5"	99°11'36"	2,325	<i>Plagiobryum zieri</i>	
32	19°16'01.0"	99°06'18.9"	2,242	<i>Forsstroemia</i> sp.	Centro de Xochimilco, Alcaldía Xochimilco, Ciudad de México
33	19°15'49"	99°06'10"	2,249	<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	
34	19°15'48"	99°06'09"	2,242	<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	
35	19°15'48"	99°06'06"	2,260	<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	
37	19°15'48"	99°06'06"	2,260	<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	
38	19°15'44"	99°06'10"	2,242	<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	
40	19°15'46"	99°06'11"	2,243	<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	
53	19°16'53.38"	99°16'42.37"	2,801	<i>Funaria</i> sp.	Parque Nacional "Los Dinamos", Alcaldía Magdalena Contreras, Ciudad de México
58	19°09'32"	98°59'11"	2,737	<i>Epipterygium mexicanum</i>	Carretera Xochimilco-Oaxtepec, Alcaldía Milpa Alta, Ciudad de México
61	19°09'41"	98°59'25"	2,730	<i>Haplocladium microphyllum</i>	
63	18°44'10.97"	99°06'31.39"	1,063	<i>Plagiobryum zieri</i>	"Las Estacas" Parque Natural, Estado de Morelos
64	19°05'18.9"	99°12'59.08"	2,982	<i>Ptychomitrium serratum</i>	El Capulín, Estado de Morelos
65	19°02'11.2"	99°17' 40.0"	2,828	<i>Anomobryum filiforme</i> <i>Anomobryum postratum</i>	Parque Nacional "Lagunas de Zempoala". Estado de Morelos.
66	19°02'11.25"	99°17'10.0"	2,945	<i>Hypnum revolutum</i> <i>Molendoa sendtneriana</i>	
67	19°02'57.9"	99°19'19.6"	2,842	<i>Hymenostylium recurvirostrum</i>	
71	17°00'84"	96°36'72"	2,640	<i>Ditrichum rufescens</i>	Llano largo, Díaz Ordaz, Tlaxiaco, Estado de Oaxaca

73	17°01'26"	96°30'19"	2,574	<i>Dicranum</i> sp. <i>Hedwigia ciliata</i>	Ojo de Agua, Díaz Ordaz, Tlacolula, Estado de Oaxaca
77	16°37'69"	96°56'04"	2,070	<i>Dicranum</i> sp.	Tlalixtac de Cabrera, Estado de Oaxaca
79	17°13'50"	96°68'04"	2,332	<i>Dicranum sumichrastii</i>	Agua Escondida. Estado de Oaxaca
100	20°12'30.9"	99°33'36.3"	2,338	<i>Pylaisia falcata</i>	San José "El Marqués", Estado de Hidalgo

En lo que respecta a la cantidad de muestras de musgos donde se observaron tardígrados fue el Centro de Xochimilco, Alcaldía Xochimilco en la Ciudad de México el que mayor número de estas muestras registró (Tabla 22).

Tabla 22. Números de muestras de musgos donde se observaron tardígrados por localidad.

Localidades	Número de muestras de musgos donde se observaron tardígrados
Parres, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México	6
Metrobús Perisur, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México	1
Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México	6
Centro de Xochimilco, Alcaldía Xochimilco, Ciudad de México	7
Parque Nacional "Los Dinamos", Alcaldía Magdalena Contreras, Ciudad de México	1
Carretera Xochimilco-Oaxtepec, Alcaldía Milpa Alta, Ciudad de México	2
El Capulín," Estado de Morelos.	1
Parque Nacional "Lagunas de Zempoala", Estado de Morelos.	2
Llano largo, Díaz Ordaz, Tlacolula, Estado de Oaxaca	1
Ojo de Agua, Díaz Ordaz, Tlacolula, Estado de Oaxaca	1
Tlalixtac de Cabrera, Estado de Oaxaca	1
Agua Escondida. Estado de Oaxaca	1
San José "El Marqués", Estado de Hidalgo	1

Por otra parte, los sitios en donde se presentó un mayor número de géneros de musgos con presencia tardígrados fueron Parres, en la alcaldía Tlalpan, con seis géneros diferentes (Tabla 23).

Tabla 23. Géneros de musgos identificados por localidad.

Localidades	Géneros de musgos identificados
Parres, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México	<i>Pohlia</i> , <i>Ptychomitrium</i> , <i>Isopterygiopsis</i> , <i>Pylaisiadelpha</i> , <i>Mnium</i> y <i>Molendoa</i> .
Metrobús Perisur, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México	<i>Ceratodon</i>
Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México	<i>Ceratodon</i> y <i>Plagiobryum</i>

Centro de Xochimilco, Alcaldía Xochimilco, Ciudad de México	<i>Forsstroemia y Fabronia</i>
Parque Nacional “Los Dinamos”, Alcaldía Magdalena Contreras, Ciudad de México	<i>Funaria.</i>
Carretera Xochimilco-Oaxtepec, Alcaldía Milpa Alta, Ciudad de México	<i>Eipterygium y Haplocladium</i>
El Capulín,” Estado de Morelos.	<i>Ptychomitrium.</i>
Parque Nacional “Lagunas de Zempoala”, Estado de Morelos.	<i>Anomobryum, Hypnum, Molendoa y Hymenostylium.</i>
Llano largo, Díaz Ordaz, Tlacolula, Estado de Oaxaca	<i>Ditrichum</i>
Ojo de Agua, Díaz Ordaz, Tlacolula, Estado de Oaxaca	<i>Dicranum y Hedwigia</i>
Tlalixtac de Cabrera, Estado de Oaxaca	<i>Dicranum.</i>
Agua Escondida. Estado de Oaxaca	<i>Dicranum.</i>
San José “El Marqués”, Estado de Hidalgo	<i>Pylaisia.</i>

Se puede identificar que el género de musgo que predominó en los sitios de colecta fue *Fabronia*, en comparación con el resto (Tabla 24).

Tabla 24. Frecuencia de los distintos géneros de musgos por sitio de colecta.

Géneros de musgos	Frecuencia en los sitios de colecta
<i>Pohlia</i>	2
<i>Ptychomitrium</i>	2
<i>Isopterygiopsis</i>	1
<i>Pylaisiadelpha</i>	1
<i>Mnium</i>	1
<i>Molendoa</i>	2
<i>Ceratodon</i>	5
<i>Plagiobryum</i>	3
<i>Forsstroemia</i>	1
<i>Fabronia</i>	6
<i>Funaria</i>	1
<i>Eipterygium</i>	1
<i>Haplocladium</i>	1
<i>Anomobryum</i>	2
<i>Hypnum</i>	1
<i>Hymenostylium</i>	1
<i>Ditrichum</i>	1
<i>Hedwigia</i>	1
<i>Dicranum</i>	3
<i>Pylaisia</i>	1

En lo que respecta a la especie de musgo que se presentó con mayor frecuencia en los sitios de colecta esta fue *Fabronia ciliaris* var. *ciliaris* (Tabla 25).

Tabla 25. Frecuencia de especies de musgos

Especies de musgos	Frecuencia
<i>Pohlia</i> sp.	2
<i>Ptychomitrium</i> aff. <i>serratum</i>	1
<i>Isopterygiopsis muelleriana</i>	1
<i>Pylaisiadelpha tenuirostris</i>	1
<i>Mnium marginatum</i>	1
<i>Molendoa sendtmeriana</i>	2
<i>Ceratodon purpureus</i> subsp. <i>stenocarpus</i>	2
<i>Ceratodon</i> sp.	3
<i>Plagiobryum zieri</i>	3
<i>Forsstroemia</i> sp.	1
<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	6
<i>Funaria</i> sp.	1
<i>Eipterygium mexicanum</i>	1
<i>Haplocladium microphyllum</i>	1
<i>Ptychomitrium serratum</i>	1
<i>Anomobryum filiforme</i>	1
<i>Hypnum revolutum</i>	1
<i>Hymenostylium recurvirostrum</i>	1
<i>Ditrichum rufescens</i>	1
<i>Hedwigia ciliata</i>	1
<i>Dicranum</i> sp.	2
<i>Dicranum sumichrastii</i>	1
<i>Pylaisia falcata</i>	1
<i>Anomobryum postratum</i>	1

5.3. Tardígrados y musgos

En la tabla 26 se muestran las especies de musgos identificadas, así como las morfoespecies que fueron encontrados en cada uno:

Tabla 26. Especies de musgos vs morfoespecies de tardígrados.

Musgos	Morfoespecies de tardígrados identificadas
<i>Ceratodon</i> sp.	<i>Milnesium</i> morfoespecie 1.
<i>Forsstroemia</i> sp. <i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	<i>Milnesium</i> morfoespecie 2

<i>Haplocladium microphyllum</i>	<i>Milnesium</i> morfoespecie 3
<i>Ptychomitrium serratum</i>	<i>Milnesium</i> morfoespecie 4
<i>Hymenostylium recurvirostrum</i>	<i>Milnesium</i> morfoespecie 5
<i>Dicranum sumichrastii</i>	<i>Milnesium</i> morfoespecie 6
<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i> <i>Forsstroemia</i> sp.	<i>Macrobotus</i> morfoespecie 1
<i>Ceratodon purpureus</i> subsp. <i>stenocarpus</i>	<i>Macrobotus</i> morfoespecie 2
<i>Ceratodon purpureus</i> subsp. <i>stenocarpus</i> , <i>Ceratodon</i> sp. <i>Plagiobryum zieri</i>	<i>Macrobotus</i> morfoespecie 3
<i>Haplocladium microphyllum</i> .	<i>Macrobotus</i> morfoespecie 5
<i>Epipterygium mexicanum</i> .	<i>Macrobotus</i> morfoespecie 6
<i>Pylaisia falcata</i>	<i>Macrobotus</i> morfoespecie 7
<i>Funaria</i> sp.	<i>Mesobotus</i> morfoespecie 1
<i>Pylaisia falcata</i>	<i>Mesobotus</i> morfoespecie 2
<i>Ditrichum rufescens</i> <i>Dicranum</i> sp. <i>Hedwigia ciliata</i> <i>Dicranum sumichrastii</i> .	<i>Mesobotus</i> morfoespecie 3
<i>Ptychomitrium serratum</i>	<i>Mesobotus</i> morfoespecie 4
<i>Anomobryum filiforme</i> <i>Anomobryum postratum</i> <i>Hypnum revolutum</i> <i>Molendoa sendmeriana</i> , <i>Hymenostylium recurvirostrum</i>	<i>Mesobotus</i> morfoespecie 5
<i>Molendoa sendmeriana</i>	<i>Mesobotus</i> morfoespecie 6
<i>Pohlia</i> sp. <i>Ptychomitrium</i> aff <i>a serratum</i> , <i>Isopterygiopsis muelleriana</i> <i>Pylaisiadelpha tenuirostris</i> <i>Mnium marginatum</i> <i>Molendoa sendmeriana</i>	<i>Paramacrobotus</i> morfoespecie 1
<i>Fabronia ciliaris</i> var. <i>ciliaris</i>	<i>Paramacrobotus</i> morfoespecie 2
<i>Ditrichum rufescens</i> <i>Dicranum</i> sp. <i>Hedwigia ciliata</i> <i>Dicranum sumichrastii</i> .	<i>Paramacrobotus</i> morfoespecie 3
<i>Anomobryum filiforme</i> <i>Anomobryum postratum</i> <i>Hypnum revolutum</i> <i>Molendoa sendmeriana</i> <i>Hymenostylium recurvirostrum</i> .	<i>Paramacrobotus</i> morfoespecie 4

6. Discusión

6.1. Tardígrados.

Se obtuvieron 117 tardígrados, los cuales pertenecen a 2 familias: Macrobiotidae y Milnesiidae, además no se observaron especímenes de otras familias como Hypsibiidae u organismos pertenecientes a la clase Heterotardígrada, lo cual puede deberse a que las condiciones ambientales no eran las adecuadas para el desarrollo de estos.

Esto representa los primeros registros de estas dos familias en los sitios de colecta, a excepción de la Alcaldía Milpa Alta en la Ciudad de México.

En cuanto a la familia Macrobiotidae se determinaron 97 organismos correspondientes a tres géneros *Macrobiotus*, *Mesobiotus* y *Paramacrobiotus*, mientras que para la familia Milnesiidae se determinaron 20 organismos, todos pertenecientes al género *Milnesium*, esta diferencia de abundancia entre organismos pertenecientes a cada familia puede deberse a la cantidad de géneros que hay determinados para la familia Macrobiotidae en comparación con la familia Milnesiidae.

Sin embargo, en la muestra del Capulín, en el estado de Morelos, se observó una mayor cantidad de tardígrados del género *Milnesium* con respecto a los organismos de la familia Macrobiotidae, específicamente con el género *Mesobiotus*, lo cual se puede deber principalmente a la alteración del ambiente, principalmente por la contaminación que presentaba el lugar, la cual alteraba diversos factores químicos y físicos del ambiente, Guil *et al.* (2009) mencionan que los tardígrados del género *Milnesium* presentan una mayor resistencia a ambientes alterados en comparación con *Mesobiotus*, lo que resultó en una mayor abundancia de dicho género en dicha muestra.

En cuanto a los géneros obtenidos, quiénes fueron observados con mayor frecuencia en los sitios de colecta fue *Macrobiotus* y *Paramacrobiotus*, en lo que respecta a la abundancia de tardígrados obtenidos de cada género, quien presentó la mayor abundancia de tardígrados fue el género *Paramacrobiotus* mientras que el género *Mesobiotus* presentó la menor abundancia. A pesar de que *Milnesium* se observó en menor cantidad de sitios de colecta este presentó mayor abundancia que *Mesobiotus*, lo cual puede deberse a las condiciones del ambiente como la temperatura, altitud, pH, por mencionar algunos (Kennedy, 1993; Johansson *et al.*, 2010).

Se determinaron los tardígrados hasta morfoespecies para todos los géneros, debido a que algunos caracteres no eran completamente visibles. Otro motivo por el cual no se llegó hasta especie, en el caso de la familia Macrobiotidae fue debido a que no se obtuvieron huevos, los cuales presentan procesos ornamentales además de la cutícula del corión, que son esenciales para su determinación a especie; una de las razones por la cual no se obtuvieron huevos fue que no se observaron en las muestras mientras se hacía la separación de tardígrados del sustrato, asimismo a partir de las fotos analizadas, se identificó que la mayoría de los organismos eran hembras, por lo cual no hubo una fertilización de los huevos para que estos desarrollaran sus procesos.

Se obtuvieron 18 morfoespecies diferentes teniendo *Macrobiotus*, *Mesobiotus* y *Milnesium* seis diferentes cada una, mientras que para el género *Paramacrobiotus* solo se identificaron cuatro. Las morfoespecies fueron asignadas como diferentes a partir de caracteres morfológicos que son fácilmente observables (Derraik *et al.*, 2002), como son las medidas del cuerpo, el aparato bucofaríngeo, garras, coloración, la posición de macroplacoidas y microplacoidas, por mencionar algunas, así como la relación entre una estructura con respecto a la longitud del tubo bucofaríngeo, conocida como índice *pt* (Dueñas-Cedillo *et al.*, 2021) que entre morfoespecies se consideró que esta tenía que variar mínimo en un 10%, debido a la varianza intrapoblacional y entre poblaciones que existe.

La morfoespecie que tuvo la mayor abundancia fue *Paramacrobiotus* morfoespecie 1 con 29 organismos, lo cual se relaciona a que el sitio donde se colectó el musgo presentaba un menor deterioro, permitiendo que los ejemplares pudieran desarrollarse y no competir con otros organismos por recursos (Uhía y Briones, 2002).

A partir de las medidas y de caracteres como la coloración del cuerpo de la morfoespecie 2 de *Milnesium*, esta puede ser determinada como *Milnesium barbadosense*, ya que las morfometrías son similares, principalmente en las garras, con los ejemplares identificados por Moreno-Talamantes *et al.* (2020), siendo la única diferencia la presencia de ojos, aunque esta característica es muy variable entre los organismos de la misma especie, ya que éstos pueden perderse al momento del montaje (Moreno-Talamantes *et al.*, 2020), sin embargo es necesario revisar y determinar más ejemplares de dicha muestra para asegurarlo.

Milnesium morfoespecie 1 presenta algunas características que entran dentro de la descripción de *Milnesium argentinum*, como la coloración rosada del cuerpo, el cual es un carácter importante y sus medidas morfométricas, lo que representaría el primer registro de esta especie en

México, sin embargo, sólo se observó un espécimen de *Milnesium* morfoespecie 1, por lo cual no se puede asegurar por completo que este sea *M. argentinum* y por ende es necesario obtener más ejemplares para comprobarlo.

La morfoespecie 4 y 5 de *Milnesium* se localizaron respectivamente en el Capulín y Parque Nacional “Lagunas de Zempoala” en el Estado de Morelos, ambos sitios atraviesan el Eje Neovolcánico Transversal, lo que permite que se desarrollen diversos hábitats, en los que aún no se describe por completo su biodiversidad, lo que abre la posibilidad a determinar nuevas especies, sin embargo, es necesario coleccionar más ejemplares de dichos sitios para tener más datos para así poder determinar hasta especie las morfoespecies 4 y 5, o en su caso saber si estos representan nuevos registros para la ciencia.

La altitud también es un factor determinante en cuanto a la distribución de los tardígrados, principalmente en zonas tropicales, existiendo una mayor abundancia entre los 1,400 y 2,000 msnm (Caicedo *et al.*, 2014), sin embargo, fue a los 3,034 msnm donde se encontró la mayor abundancia de tardígrados con 28 organismos de *Paramacrobotus* morfoespecie 1, por lo cual se realizó una prueba de Kruskal Wallis, para conocer si existía una relación entre las alturas y la abundancia, en la que se obtuvieron diferencias significativas, por consiguiente, la altitud está estrechamente relacionada con la abundancia de tardígrados, siendo otro ejemplo de esto el trabajo realizado por Dueñas-Cedillo, *et al.*, 2020, en donde se observó que incluso en altitudes elevadas (2700-4500 msnm) se puede obtener una abundancia significativa de tardígrados.

Hasta el momento ningún trabajo ha logrado establecer alguna asociación entre la especie de musgo y la especie de tardígrado, siendo un ejemplo de esto la investigación de Glime (2017), en donde menciona que no se observó una sola especie de tardígrado que prefiriera una sola especie de musgo, por lo que dedujo que esto no era un factor importante para la mayoría de los tardígrados, más bien que la selección de dicha especie de musgo sería influenciada por otros factores ambientales como pueden ser los cambios en la temperatura y la humedad (Johansson *et al.*, 2010); En el presente trabajo tampoco se encontró alguna relación que dependa solo de la especie de musgo y de tardígrado, incluso en niveles superiores como los géneros de ambos organismos no se encontró una asociación específica, esto se debe a que en los resultados obtenidos se pudo observar que una sola especie de musgo como *Dicranum sumichrastii* puede albergar hasta tres diferentes géneros de tardígrados (*Milnesium*, *Mesobiotus* y *Paramacrobotus*) y una sola morfoespecie de tardígrados como *Pam.* morfoespecie 1 puede encontrarse hasta en seis especies de musgos

diferentes (*Pohlia* sp., *Ptychomitrium* aff. *serratum*, *Isopterygiopsis muelleriana*, *Pylaisiadelphatenuirostris*, *Mnium marginatum* y *Molendoa sendtneriana*), al mismo tiempo de que en una sola muestra de musgo pueden coexistir hasta 2 especies de estos organismos juntos al igual que dos morfoespecies, sin embargo, es necesario realizar más investigaciones y muestreos que tengan como fin saber si existe o no una relación especie-especie de musgo con tardígrado, independiente de las condiciones ambientales, que, como se han mencionado anteriormente, son las determinantes para la presencia de tardígrados en musgos. Dicho muestreo podría tomar en cuenta sitios con condiciones ambientales parecidas, como la temperatura o pH y a partir de ahí coleccionar diferentes especies de musgos con el objetivo de encontrar una relación específica entre especies de musgos y tardígrados.

Los diferentes sitios de colecta en donde se obtuvieron las muestras presentaron diversas condiciones ambientales, que enriquecen este trabajo, ya que algunos se encontraban con ambientes alterados como el Capulín en Morelos, mientras que otros formaban parte de un corredor ambiental, el cual presenta una amplia biodiversidad y que no se encontraba alterado como es Lagunas de Zempoala también en el Estado de Morelos, esto con la finalidad de demostrar que aún en un solo estado se pueden identificar zonas con condiciones ambientales muy distintas y que a pesar de esto ambos presentaron tardígrados incluso del mismo género.

6.2. Musgos.

Se determinaron 33 muestras de las 100 analizadas, debido a que en estas se observó la presencia de tardígrados, por lo cual, la ausencia de tardígrados en las otras 77 muestras se puede relacionar con la abundancia de otros invertebrados, debido a que se presenta una mayor competencia por el alimento, así como por el hábitat, además en dichas muestras también se observaron invertebrados de mayor talla, como los ácaros, que son de sus principales depredadores (Nelson y Marley, 2000).

Ptychomitrium aff. *serratum*, fue el musgo coleccionado a mayor altitud (3,034 msnm), y la morfoespecie de tardígrado determinada en dicho musgo fue *Paramacrobotus* morfoespecie 1, siendo esta última la que presentó una mayor abundancia de organismos del phylum tardígrada, esto se puede relacionar con que la altitud permite generar la formación de microhábitats más ricos en diferentes factores como pueden ser nutrientes, lo que promueve que diversos

microinvertebrados como los tardígrados puedan tener una mayor abundancia al desarrollarse en ambientes favorables (Acosta, 2021).

7. Conclusiones

7.1. Tardígrados.

La biodiversidad de tardígrados en la zona de estudio muestra que solo en 33 sitios de colecta de musgo de un total de 100, se observó presencia de tardígrados con una composición de dos órdenes, Aporchea y Parachea con 1 familia correspondiente a cada orden: Milnesiidae y Macrobiotidae.

Se confirma la hipótesis planteada en este trabajo, ya que se observó una mayor diversidad de tardígrados de la familia Macrobiotidae en comparación con la familia Milnesiidae.

- La abundancia de estos invertebrados fue de 117 ejemplares, de los cuales 97 corresponden a familia Macrobiotidae y 20 a Milnesiidae, siendo el género *Paramacrobiotus*, el más abundante con 48 organismos identificados y el menos abundante fue *Mesobiotus* con 17 organismos.
- En la familia Milnesiidae se identificó sólo el género *Milnesium* con seis morfoespecies, y para la familia Macrobiotidae se presentaron seis morfoespecies para los géneros *Macrobiotus* y *Mesobiotus*, mientras que para el género *Paramacrobiotus* solo se determinaron cuatro morfoespecies.
- Los géneros con mayor número de morfoespecies fueron *Macrobiotus*, *Mesobiotus* y *Milnesium*.
- La localidad con mayor biodiversidad de tardígrados fue Parres en la Alcaldía de Tlalpan con 29 organismos y la menor fue los Dinamos en la alcaldía Magdalena Contreras con 3 tardígrados.
- El registro de los géneros *Macrobiotus*, *Mesobiotus*, *Milnesium* y *Paramacrobiotus*, así como sus respectivas morfoespecies identificadas representan el primer registro genérico para la zona Sur de la Ciudad de México, a excepción de la alcaldía Milpa Alta, así como para El Capulín y Lagunas de Zempoala en el Estado de Morelos, San José el Marqués en el Estado de Hidalgo y Agua Escondida en Oaxaca.
- A partir de la prueba de Kruskal-Wallis se observó que existe una diferencia significativa en la riqueza de tardígrados dependiendo de la altura.

- No existe una asociación observable entre la especie de musgo y las morfoespecies de tardígrados encontrados en esta investigación.

Este trabajo representa un esfuerzo en la investigación de tardígrados en la Ciudad de México, así como en regiones circundantes y con esto se incrementa el conocimiento de la taxonomía de estos microinvertebrados en la región central de México.

7.2. Musgos.

La biodiversidad de musgo en los sitios de colecta se incrementa como resultado de este estudio, en el cual se identificaron 20 géneros y 24 especies de musgos diferentes, sin embargo, en 4 muestras los ejemplares solo fueron identificados a nivel de género debido a la falta de la fase esporofítica, la cual es indispensable para su identificación taxonómica a nivel de especie.

8. Recomendaciones para estudios futuros

8.1. En trabajo de campo

- Para el trabajo en campo futuro, se recomienda la toma de factores ambientales como temperatura, humedad y pH.
- Colectar preferentemente, en el caso de musgos aquellos con fase reproductora para una identificación precisa del organismo huésped.
- Colectas sistemáticas

8.2. En trabajo de laboratorio

- Tener control de la mayor cantidad de parámetros físicos y químicos posibles, de manera particular la temperatura y pH del agua donde se cultivan los tardígrados, la cantidad de luz que reciben, la cantidad de sustrato que tienen las muestras.
- Fijar las muestras en formol neutralizado al 10%, ya que concentraciones menores de fijador es posible que los organismos sobrevivan en el vial, o en alcohol puro, para así poder usarlos en un futuro para trabajos genéticos.
- Al presentar los tardígrados características que en ocasiones pasan desapercibidas por su tamaño o que no son fáciles de identificar, se recomienda llevar a cabo estudios integrales, en donde se utilice tanto morfología como métodos moleculares.

9. Literatura consultada

- Acosta, M. 2021. Musgos: qué son, características y ejemplos [En línea]. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/musgos-que-son-caracteristicas-y-ejemplos-2726.html> (16-07-2021)
- Adame, A. y Eslava, F. 2018. Introducción a las briofitas [Material del aula]. Clase de briofitas y pteridofitas, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Altiero, T. y Rebecchi, L. 2001. Rearing Tardigrades: Results and Problems. *Zoologischer Anzeiger*. 240: 217–221.
- Anguas-Escalante, A., Pérez-Pech, W., Guidetti, R., Cutz-Pool, L. y León-Ortíz, H. 2018. Tardígrados asociados a una plantación de cítricos de traspatio en la comunidad de El Palmar en Quintana Roo México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 26 (73): 20-26.
- Anguas-Escalante, A., de Jesús-Navarrete, A., DeMilio, E., Pérez-Pech, W. y Guldberg, J. 2020. A new species of Tardigrada from a Caribbean reef lagoon, *Florarctus yucatanensis* sp. nov. (Halechiniscidae: Florarctinae). *Cahiers de Biologie Marine* 1(62):377-385
- Barrett, G. y Kimmel, R. 1972. Effects of DDT on the Density and Diversity of Tardigrades. *Proceedings of the Iowa Academy of Science*. 78(3-4): 41-42.
- Beasley, C. 1972. Some tardigrades from México. *South western Naturalist* 17(1): 21–29.
- Beasley, C., Kaczmarek, Ł. y Michalczyk, Ł. 2008. *Doryphoribius mexicanus*, a new species of Tardigrada (Eutardigrada, Hypsibiidae) from México (North America). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 121: 34– 40.
- Bertolani, R. 1970. Mitosi somatiche e costanza cellulare numerica nei Tardigradi. *Atti della Accademia Nazionale dei Lincei*. 8^a 49:739–742.
- Bertolani, R. 2001. Evolution of the reproductive mechanism in tardigrades- A review. *Zoologischer Anzeiger*. 240: 247-252.
- Bertolani, R., Altiero, T. y Nelson, D. 2009. Tardigrada (Water Bears). *Encyclopedia of Inland Waters*. Vol. 2 (ed. Likens, G.E.) Elsevier, Oxford. 443-455.

- Boothby, T., Tapia, H., Brozena, A., Piszkiwicz, S., Smith, A., Rebecchi, L., Pielak, G., Koshland, D. y Goldstein, B. 2017. Tardigrades use intrinsically disordered proteins to survive desiccation. *Molecular Cell*. 65: 975-984.
- Crisanto, J., Rodríguez, L., Cutz-Pool, L., Pérez-Pech, W. y Ortiz-León, H. 2019. Diversidad de Tardígrados en musgo (Briofitas) y líquenes corticícolas de dos sitios con vegetación contrastante en Quintana Roo, México. 3er Congreso de la biodiversidad en la UATX. Universidad Nacional Autónoma de Tlaxcala.
- Cárdenas, M. y Delgadillo C. 1990. Musgos del valle de México. México. 50 pp.
- Claps, M. y Rossi, G. 2002. Tardígrada. pp. 171–186, Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento, Vol. III, J. En: J.E. Llorente B. y J.J. Morrone (eds). México. D.F.: UNAM, CONABIO, ECOSUR y BAYER.
- Clegg, J. 2001. Cryptobiosis - a peculiar state of biological organization. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*. 128: 613-624.
- CONABIO y UAEM. 2004. La Diversidad Biológica en Morelos: Estudio del Estado. Contreras-MacBeath, T., J.C. Boyás, F. Jaramillo (editores). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México
- Convey, P. y McInnes, S. 2005. Exceptional tardigrade-dominated ecosystems in Ellsworth Land, Antarctica. *Ecology*. 86(2):519-527
- Crowe, J. y Cooper, A. 1971. Cryptobiosis. *Scientific American*. 225(6): 30-37
- Crowe, J. 1975. The physiology of cryptobiosis in tardigrades. *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*. 32:37–59.
- Cutz, L., García, A., Castaño, G., y Palacios, J. 2010. Diversidad de invertebrados de musgos corticícolas en la región del volcán Iztaccíhuatl, Estado de México. *Revista Colombiana de Entomología* 36 (1): 90-95
- Degma, P., Bertolani, R. y Guidetti, R. 2009–2021. Actual checklist of Tardigrada species. 40th Edition. Disponible en <https://iris.unimore.it/handle/11380/1178608> (19/07/2021)
- Delgadillo-Moya, C. y Cárdenas, A. 1990. Manual de briofitas, segunda edición. Cuadernos 8. Instituto de Biología, UNAM. México. 135 p.
- Delgadillo-Moya, C. 2014. Biodiversidad de Bryophyta (musgos) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 100-105

- Delgadillo-Moya, C y Juárez-Martínez, C. 2014. Hepáticas y antocerotes en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Suplementaria*. 85: 106-109
- Derraik J., Closs G., Dickinson K., Sirvid P., Barratt B. y Patrick B. 2002. Arthropod morphospecies versus taxonomic species: a case study with Araneae, Coleoptera, and Lepidoptera. *Conservation Biology* 16: 1015-1023.
- Dewell, R. y Eibye-Jacobsen, J. 2006. The mouth cone and mouth ring of *Echiniscus viridissimus Peterfi*, 1956 (Heterotardigrada) with comparisons to corresponding structures in other tardigrades. *Hydrobiologia*. 558: 41–51.
- Dueñas-Cedillo, A. 2012. Composición de la comunidad de tardígrados asociados a los musgos de Milpa Alta (CICS). Tesis de Licenciatura, Ciudad de México. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
- Dueñas-Cedillo, A., Martínez-Méndez, M., García-Román, J., Armendariz-Toledano, F. y Ruiz, E. 2020. Tardigrades from Iztaccíhuatl volcano (Trans-Mexican Volcanic Belt), with the description of *Minibiotus citlalium* sp. nov. (Eutardigrada: Macrobiotidae). *Diversity* 12(7): 271.
- Dueñas-Cedillo, A., García-Román, J., Ruiz, E., Armendáriz-Toledano, F. 2021. Species-Specific Cuticular Phenotypes in Eutardigrada: A Morphometric Approach to Analyze the Variation of Star-Shaped Pores in *Minibiotus* Species. *Diversity*. 13 (307): 1-21
- Estébanez, B., Draper, I. y Díaz de Atauri R. 2011. Briófitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 2 edición: 19-73
- Gaskill, M. 2021. *Ciencia de la NASA*. Ciencia a bordo de la misión de carga de SpaceX-22 [En línea]. Recuperado de <https://ciencia.nasa.gov/ciencia-bordo-de-la-misi%C3%B3n-de-carga-de-spacex-22> (15/07/2021)
- Glime, J. 2013. Tardigrades. En *Bryophyte Ecology: Vol. 2. Bryological Interaction*. Digital Commons. Michigan Tech.
- Glime, J. . 2017. Tardigrades: Species Relationships. Chapt. 5-4. En: Glime, J. 2017. *Bryophyte Ecology*. Volumen 2.
- González-Reyes, A., Acosta, X., Corronca, J., Rocha, M., Doma, I., y Repp, E. Y. 2016. Evaluación de la diversidad en comunidades de tardígrados (Ecdysozoa: Tardigrada) en hábitats urbano y rural de la ciudad de Salta (Argentina). *Iheringia. Série Zoologia*, 106.

- Greven, H. 2015. About the little water bear—A commented translation of Goeze’s note, Ueber den kleinen Wasserbär “from 1773. *Acta Biol Benrodis*. 17: 1-27.
- Greven, H. 2018. From Johann August Ephraim Goeze to Ernst Marcus: A ramble through the history of early tardigrade research (1773 Until 1929). En R.O. Schill (Ed.), *Water bears: The biology of tardigrades*. 1-55.
- Grimaldi de Zio, S., D’Addabbo Gallo, M. y Morone De Lucia. M. 1983. Marine Tardigrades ecology. *Oebalia*. 9: 15-31.
- Gross, V., Müller, M., Hehn, L., Ferstl, S., Allner, S., Dierolf, M., Achterhold, K., Mayer, G. y Pfeiffer, F. 2019. X-ray imaging of a water bear offers a new look at tardigrade internal anatomy. *Zoological Lett*. 5 (14).
- Grothman, G., Johansson, C., Chilton, G., Kagoshima, H., Tsujimoto, M. y Suzuki A. 2017. Gilbert Rahm and the Status of Mesotardigrada Rahm, 1937. *Zoological Science*, 34(1):5-10.
- Guidetti, R. Rebecchi, L. y Bertolani, R. 2000. Cuticle structure and systematics of the Macrobiotidae (Tardigrada, Eutardigrada). *Acta Zoologica (Stockholm)* 81: 27-36
- Guidetti R., Altiero, T. y Rebecchi, L. 2011. On dormancy strategies in tardigrades. *Journal of insect physiology* 57(5):567-76.
- Guidetti, R., Rizzo, A., Altiero, T. y Rebecchi, L. 2012. What can we learn from the toughest animals of the Earth? Water bears (tardigrades) as multicellular model organisms in order to perform scientific preparations for lunar exploration. *Planetary and Space Science*. 74 (1): 97-102.
- Guil, N., Sánchez-Moreno, S. y Machordom, A. 2009. Local biodiversity patterns in micrometazoans: Are tardigrades everywhere? *Systematics and Biodiversity*. 7(3):259-268.
- Guil, N. y Sánchez-Moreno, S. 2013. Fine-scale patterns in micrometazoans: Tardigrade diversity, community composition and trophic dynamics in leaf litter. *Systematics and Biodiversity* 11(2):181–193.
- Guil, N., Jørgensen, A. y Kristensen, R. 2018. An upgraded comprehensive multilocus phylogeny of the Tardigrada tree of life. *Zoologica Scripta*. 48: 120–137.
- Hallas, T. y Yeates, G. 1972. Tardigrade of the soil and litter of a Danish Beech Forest. *Pedobiologia*. 12(4): 287-304.

- Heinis, F. 1911. Beitrag zur Kenntnis der zentralamerikanischen Moosfauna. *Revue Suisse de Zoologie* 19: 253–266.
- Huang, Z. y Tunnacliffe, A. 2006. Cryptobiosis, aging, and cancer: Yin-yang balancing of signalling networks. *Rejuvenation Res.* 9: 292–296.
- Hygum, T., Fobian, D., Kamilari, M., Jørgensen, A., Schiøtt, M., Grosell, M. y Møbjerg, N. 2017. Comparative Investigation of Copper Tolerance and Identification of Putative Tolerance Related Genes in Tardigrades. *Frontiers in Physiology.* 8: 1-10.
- INAFED. 1987. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México [En línea]. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM13hidalgo/index.html> (03/07/2021)
- Jakubowska-Kreps, N., Gołdyn, B., Krzemińska-Wowk, P. y Kaczmarek, L. 2018. Tardigrades as potential bioindicators in biological wastewater treatment plants. *European Journal of Ecology.* 4(2): 124-130.
- Johansson, C., Calloway, S., Miller, W. y Linder, E. 2010. Are urban and rural tardigrade (Tardigrada) communities distinct and determined by pH: A case study from Fresno County, California. *Pan-Pacific Entomologist.* 87(2):86-97.
- Jönsson, K. y Bertolani, R. 2001. Facts and fiction about long-term survival in tardigrades. *Journal of Zoology, London,* 255: 121-123.
- Jönsson, K. 2007. Tardigrades as a Potential Model Organism in Space Research. *Astrobiology.* 7(5):757-766.
- Jönsson, K., Rabbow, E., Schill, R., Harms-Ringdahl, M. y Rettberg, P. 2008. Tardigrades survive exposure to space in low Earth orbit. *Current Biology.* 18(17): 729-736.
- Jönsson, K y Persson, O. 2010. Trehalose in three species of desiccation tolerant tardigrades. *Open Zoology Journal.* 3: 1-5.
- Jönsson, K. y Wojcik, D. 2017. Tolerance to X-rays and heavy ions (Fe, He) in the Tardigrade *Richtersius coronifer* and the Bdelloid Rotifer *Mniobia russeola*. *Astrobiology.* 17 (2): 163-167.
- Jönsson, K. 2019. Radiation Tolerance in Tardigrades: Current Knowledge and Potential Applications in Medicine. *Cancers* 2019, 11, 1333.
- Kaczmarek, Ł., Diduszko, D. y Michalczyk, Ł. 2011. New records of Mexican Tardigrada. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(4): 1324–1327.

- Kaczmarek, Ł., Cytan, J., Zawierucha, K., Diduszko, D. y Michalczyk, Ł. 2014. Tardigrades from Peru (South America), with descriptions of three new species of Parachela. *Zootaxa*, 3790(2): 357–379.
- Kaczmarek, Ł., Gawlak, M., Bartels, P., Nelson, D. y Roszkowska, M. 2017. Revision of the genus *Paramacrobotus* Guidetti *et al.*, 2009 with the description of a new species, re-descriptions and a key. *Annales Zoologici*, 67(4): 627–656.
- Kaczmarek, Ł., Roszkowska, M., Fontaneto, D., Jezierska, M., Pietrzak, B., Wieczorek, R., Poprawa, I., Kosicki, J., Karachitos, A. y Kmita, H. 2019. Staying young and fit? Ontogenetic and phylogenetic consequences of animal anhydrobiosis. *Journal of Zoology*. 309 (1): 1-11
- Kaczmarek, Ł. 2020. Final Note of Special Issue “Tardigrades Taxonomy, Biology and Ecology.” *Diversity*. 12. 169.
- Kathman, D. y Cross, S. 1991. Ecological distribution of moss-dwelling tardigrades on Vancouver Island, British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Zoology*. 69 (1): 122-129
- Keilin, D. 1959. The problem of anabiosis or latent life: History and current concept. *Proceedings B of the Royal Society of London*. 150: 149-191.
- Kennedy, A. 1993. Water as a Limiting Factor in the Antarctic Terrestrial Environment: A Biogeographical Synthesis. *Arctic and Alpine Research*. 25:4, 308-315.
- Kondo, K., Kubo, T. y Kunieda, T. 2015. Suggested involvement of PP1/PP2A activity and de novo gene expression in anhydrobiotic survival in a tardigrade, *Hypsibius dujardini*, by chemical genetic approach. *PLoS ONE*. 10: e0144803
- León-Espinosa, G. 2018. Taxonomía de tardígrados (Tardigrada: Eutardigrada: Heteroterdigrada) de musgo en localidades selectas del Noreste de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas.
- León-Espinosa, G., Moreno-Talamantes, A. y Rodríguez-Almaraz G. 2019. Ositos de agua (TARDIGRADA) de México: Los famosos desconocidos. *Biología y Sociedad*. 2(4): 61-70.
- Lot, A. y Camarena-Berruecos, P. 2009. El Pedregal de San Ángel de la Ciudad de México: reserva ecológica urbana de la Universidad Nacional. En: A. Lot y Z. Cano-Santana (Eds.) *Biodiversidad del Pedregal de San Ángel*. UNAM, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Coordinación de la Investigación Científica, D.F. México. 19-25

- May, R. 1948. Nouveau genre et espece de Tardigrade du Mexique: *Haplomacrobotus hermosillensis*. Bulletin de la Societe Zoologique de France 73: 95–97
- Marchioro, T., Rebecchi, L., Cesari, M., Guldborg, J., Viotti, G, y Guidetti R. 2013. Somatic musculature of Tardigrada: phylogenetic signal and metameric patterns. Zoological Journal of the Linnean Society. 169: 580-603.
- McInnes, S. y Pugh, P. 2019. Tardigrade biogeography. In: Schill RO (ed) Water bears: the biology of tardigrades. Springer, Berlin. 115–129.
- Mediavilla, D. 2019. La rocambolesca historia de los osos de agua enviados a la Luna para preservar la civilización [En línea]. El País. Recuperado de https://elpais.com/elpais/2019/08/13/ciencia/1565697952_478330.html (23/10/2019)
- Meier, M., Rocha, A., Kun M. y Messuti, M. 2019. Claves para la identificación de géneros y especies de tardígrados (Tardigrada) limnoterrestres presentes en el Parque Nacional Nahuel Huapi y sus alrededores (Patagonia, Argentina). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 78 (4). 55-72.
- Michalczyk, Ł. y Kaczmarek, Ł. 2003 A. A description of the new tardigrade *Macrobotus reinhardti* (Eutardigrada: Macrobiotidae, *harmsworthi* group) with some remarks on the oral cavity armature within the genus. Zootaxa. 331: 1-24.
- Michalczyk, Ł. y Kaczmarek, Ł. 2003 B. *Minibiotus constellatus*, a new species of Tardigrada from Peru (Eutardigrada: Macrobiotidae). Genus, 14(2): 295–305.
- Michalczyk, Ł. y Kaczmarek Ł. 2012-2021. Tardigrada Register [En línea]. Recuperado de <http://www.tardigrada.net/register/taxonomy.htm> (22-07-2021)
- 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., Ciosek, J. y Michalczyk, Ł. 2020. Description of *Milnesium pentapapillatum* sp. nov., with an amendment of the diagnosis of the order Apochela and abolition of the class Apotardigrada (Tardigrada). Zoologischer Anzeiger. 288: 107-117.
- Moreno-Talamantes, A., Roszkowska, M., Ríos-Guayasamín, P., Flores-Maldonado, J. y Kaczmarek, Ł. 2015. First record of *Dactylobiotus parthenogeneticus* Bertolani, (1982). (Eutardigrada: Murrayidae) in Mexico, Check List, 11(4): 1723

- Moreno-Talamantes, A. 28 de agosto del 2017. Comentario de la respuesta de Moreno-Talamantes (Mensaje 7). Mensaje enviado <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#search/moreno+talamantes+cultivo/FMfcgxmVzBHWQdQBSBxDpncTBSwtRrJC>
- Moreno-Talamantes, A. y León-Espinosa, G. 2019. Nuevo registro de *Diaporobiotus islandicus* (Richters, 1904) (Eutardigrada: Richtersiidae) para México. *Arido-Ciencia*,6(1): 5–12.
- Moreno-Talamantes, A., Roszkowska, M., García-Aranda, M., Flores-Maldonado J. y Kaczmarek, Ł. 2019. Current knowledge on Mexican tardigrades with a description of *Milnesium cassandrae* sp. nov. (Eutardigrada: Milnesiidae) and discussion on the taxonomic value of dorsal pseudoplates in the genus *Milnesium* Doyère, 1840. *Zootaxa*, 4691(5): 501–524.
- Moreno-Talamantes, A., León-Espinosa, G., García-Aranda, M., Flores-Maldonado, J. y Kaczmarek, Ł. 2020. The genus *Milnesium* Doyère, 1840 in Mexico with description of a new species. *Annales Zoologici*. 70 (4): 467-486.
- Navarro, S., y Benítez, H. 1993. Patrones de riqueza y endemismo de las aves. *Ciencias*. 7: 45-54
- Navarro-Frías, J., González-Ruiz, N. y Álvarez-Castañeda, S. 2007. Los mamíferos silvestres de Milpa Alta, Distrito Federal: lista actualizada y consideraciones para su conservación. *Acta zoológica mexicana*, 23(3), 103-124.
- Nelson, D. y Marley, N. 2000. The biology and ecology of lotic Tardigrada. *Freshwater Biology*. 44(1): 93-108.
- Nelson, D. 2001. Tardigrada. In Thorp J. y Covich A. (eds) *Ecology y classification of North America freshwater invertebrates*. 2nd ed. Academic Press. New York. 527-550.
- Nelson, D. y Adkins, G. 2001. Distribution of Tardigrades within a Moss Cushion: Do Tardigrades Migrate in Response to Changing Moisture Conditions? *Zoologischer Anzeiger - A Journal of Comparative Zoology* 240(3):493-500
- Nelson, D. 2002. Current status of the Tardigrada: evolution and ecology. *Integrative and Comparative Biology*. 42: 652-659.
- Nelson, D., Guidetti, R., y Rebecchi, L. 2010. Tardigrada. In J. H. Thorp, & P. A. Covich (Eds.). *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Elsevier. 455-484.
- Nelson D., Guidetti R. y Rebecchi L. 2015. Phylum Tardigrada. In: Rogers D., Thorp J. (eds) *Ecology and general biology*. Academic Press, New York. 347–380.

- Núñez, P., León-Espinosa, G., Vázquez, R., Peña-Salinas, M., Rodríguez-Almaraz, G. y Moreno-Talamantes, A. (2021) First tardigrade records from San Pedro Mártir, Baja California, Mexico. *Check List* 17(4): 1131-1136.
- Pérez-Pech, W., Cutz-Pool, L., Guidetti, R., y Blanco-Piñón, A. 2016. Primer registro genérico de tardígrados, habitantes del área urbana de Chetumal Quintana Roo. *Entomología Mexicana*. 3: 912-918.
- Pérez-Pech, W., Guidetti, R., Anguas-Escalante, A., Querubín, L., Cutz-Pool, L. y Blanco-Piñón, A. 2017 A. Primer registro genérico de tardígrados para Pachuca, Hidalgo, México y áreas circundantes. *Entomología mexicana*, 4: 688–694
- Pérez-Pech, W., Anguas-Escalante, A., Cutz-Pool L., y Guidetti R. 2017 B. *Doryphoribius chetumalensis* sp. nov. (Eutardigrada: Isohypsibiidae) a new tardigrade species discovered in an unusual habitat of urban areas of México. *Zootaxa*. 4344 (2): 345-356.
- Pérez-Pech, W., Anguas-Escalante, A., Jesús-Navarrete, A. y Goulberg, H. 2018. Primer registro genérico de tardígrados marinos en costas de Quintana Roo, México. *Academia Journals*. 1 (4): 1909-1912.
- Pérez-Pech, W. 2018. Diversidad de tardígrados en tres playas del SAM. Tesis de maestría. El Colegio de la Frontera Sur.
- Pérez-Pech, W., Jesús-Navarrete, A., Demilio, E., Anguas-Escalante, A., Hansen, J. 2020 A. Marine Tardigrada from the Mexican Caribbean with the description of *Styraconyx robertoi* sp. nov. (Arthrotardigrada: Styraconyxidae). *Zootaxa*. 4731 (4): 492-508.
- Pérez-Pech W., Hansen J., DeMilio E., de Jesús-Navarrete A., Mendoza I., Olivares A. y Vargas-Espositos, A. 2020 B. First records of marine tardigrades of the genus *Coronarctus* (Tardigrada, Heterotardigrada, Arthrotardigrada) from Mexico. *Check List* 16(1): 1-7.
- Pilato, G. 1981. Analisi di nuovi caratteri nello studio degli Eutardigradi. *Animalia* 8:51–57.
- Pilato, G. 1982. The systematics of Eutardigrada – a comment. *Zeitschrift für Zoologische Systematik Evolutions for schung*. 20: 271–284.
- 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. 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. Il Phylum Tardigrada. *Memorie dell' Istituto Italiano di Idrobiologia*, 41: 1-1012.
- Renaud-Mornant, J. (1982). Sous-famille et genre nouveaux de Tardigrades marins (Arthrotardigrada). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. Série 4e* (4): 89–94.
- Ricci, C. y Pagani, M. 1997. Desiccation of *Panagrolaimus rigidus* (Nematoda): survival, reproduction and the influence on the internal clock. *Hydrobiologia* 347:1–13.
- Ricci, C. y Covino, C. 2005. Anhydrobiosis of *Adineta ricciae*: costs and benefits. *Hydrobiologia* 546: 307–314.
- Rizzo, A., Altiero, T., Corsetto, P., Montorfano, G., Guidetti, R. y Rebecchi, L. 2015. Space Flight Effects on Antioxidant Molecules in Dry Tardigrades: The TARDIKISS Experiment. *BioMed Research International*. (4):1-7
- Rocha, M., González-Reyes A., Corronca J., Rodríguez-Artiga S., Doma I., Yanina E. 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: 755–764.
- Romero, J. 2017. Diversidad de tardígrados semiterrestres en la faja volcánica trans-mexicana. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
- Romero, J. 2021. Tardígrados asociados a musgos alpinos en los estratovolcanes “Nevado de Toluca” y “La Malinche”. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología.
- Sánchez-Moreno, S., Ferris H. y Guil N. 2008. Role of tardigrades in the suppressive service of a soil food web. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 124:187-192.
- Shaw, K. 1974. The fine structure of muscle cells and their attachments in the tardigrade *Macrobotus "Hufelandi."* *Tissue Cell*. 6: 431–445.
- Schuster, R. 1971. Tardigrada from Barranca del Cobre, Sinaloa and Chihuahua, México. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 84: 213–224.
- Schuster, R., Nelson, D., Grigarick, A. y Christenberry, D. 1980. Systematic criteria of Eutardigrada. *Transactions of the American Microscopical Society*. 99: 284-303
- Schuster, R. y Greven H. 2007. A long-term study of population dynamics of tardigrades in the moss *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst. *Journal of Limnology*. 66 (1):141-5.

- Scientific European Federation Osteopaths, 2019. Pruebas no paramétricas. Recuperado de <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/ALGUNAS-PRUEBAS-NO-PARAM%C3%89TRICAS.pdf> (31/12/2021)
- Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Estudios Municipales, Gobierno del Estado de Oaxaca, Los Municipios de Oaxaca, 1988. *Enciclopedia de los Municipios de México*. Talleres Gráficos de la Nación, México, Ciudad de México.
- Stec, D., Vecchi, M., Calhim, S. y Michalczyk. Ł. 2021. New multilocus phylogeny reorganises the family Macrobiotidae (Eutardigrada) and unveils complex morphological evolution of the *Macrobiotus Hufelandi* group. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 160. 1-20
- Suzuki, A. y Kristensen, R. 2014. Spermatozoa in the reproductive system of a hermaphroditic marine tardigrade, *Orzeliscus belopus* (Tardigrada: Arthrotardigrada). *Zoologischer Anzeiger*. 253 (6): 497-511
- Tumanov, D. 2006. Five new species of the genus *Milnesium* (Tardigrada, Eutardigrada, Milnesiidae). *Zootaxa*, 1122: 1-23.
- Tsujimoto, M., Imura, S. y Kanda. H. 2015. Recovery and reproduction of an Antarctic tardigrade retrieved from a moss sample frozen for over 30 years. *Cryobiology*. 72(1):78-81.
- Uhía, E. y Briones, M. 2002. Population dynamics and vertical distribution of enchytraeids and tardigrades in response to deforestation. *Acta Oecologic*. 23(6):349-359.
- Utsugi, K. 2001. Tardigrade living in sewage treatment plants. *Zoological Science*. 18: 46.
- Vecchi, M., Cesari, M., Bertolani, R., Jönsson, K., Rebecchi, L. y Guidetti R. 2016. Integrative systematic studies on tardigrades from Antarctica identify new genera and new species within Macrobiotidae and Echiniscoidea. *Invertebrate Systematics*. 30: 303-322
- Wharton, D. 2002. *Life at the Limits: Organisms in Extreme Environments*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Walossek D. y Müller K. 1997. Cambrian 'Orsten'-type arthropods and the phylogeny of Crustacea. In: Fortey R.A., Thomas R.H. (eds) *Arthropod Relationships*. The Systematics Association Special Volume Series, vol 55. Springer, Dordrecht.
- Zawierucha, K., Vonnahme, T., Devetter, M., Kolicka, M., Ostrowska, M., Chmielewski, S y Kosicki, J. 2016. Area, depth and elevation of cryoconite holes in the Arctic do not influence Tardigrada densities. *Polish Polar Research*. 37:325–334.

Zawierucha, K., Buda, J., Azzoni, R., Niskiewicz, M., Franzetti, A. y Ambrosini, R. 2019. Water bears dominated cryoconite hole ecosystems: densities, habitat preferences and physiological adaptations of Tardigrada on an alpine glacier. *Aquatic Ecology Journal*. 53, 543–556.