

**Diversidad de Collembola (Hexapoda) asociados a *Rhizophora mangle*
en manglares de Puerto Rico**

Por

Belmarie Samalot Roque

Tesis sometida en cumplimiento
de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

Biología

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2006

Aprobado por:

Carlos J. Santos Flores, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Felipe N. Soto Adames, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

José A. Mari Mutt, Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Arístides M. Armstrong, M.S.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Lucy Bunkley-Williams, Ph.D.
Directora del Departamento

Fecha

Abstract

Collembolans are small hexapods characterized by the presence of a ventral tube and a jumping organ known as a furcula, for which they are called springtails. Although more than 700 species are recorded from the Neotropics, little is known about the diversity of collembolans in the Greater Antilles. Seventy-seven species have been reported from Puerto Rico. This study is part of an effort to complete the inventory of Puerto Rican springtails. I collected collembolans associated with red mangrove (*Rhizophora mangle*), focusing in the area within 2 m from the shoreline. A total of 44 species were found, 12 are new reports for Puerto Rico and 6 are new to science. Statistical analysis showed no relationship between forest extension and number of species. Mangroves located in estuaries had the highest species diversity. The estimated total species richness for collembolans in red mangrove is 48.

Resumen

Los colémbolos son pequeños hexápodos distinguibles por la presencia de un tubo ventral y un órgano para saltar conocido como fúrcula. Aunque del neotrópico se han reportado más de 700 especies, se conoce poco sobre la diversidad de colémbolos en las Antillas Mayores. Este estudio es parte de un esfuerzo para completar el inventario de colémbolos de Puerto Rico, de donde se han reportado 77 especies. Colecté hojarasca de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en un área de 2 m desde la orilla del agua. Se hallaron 44 especies, de las cuales 12 son nuevos reportes para Puerto Rico y 6 son especies nuevas. El análisis estadístico no descubrió relación entre la extensión del bosque y la cantidad de especies colectadas. Sin embargo, los manglares estuarinos son significativamente más diversos que los manglares de borde. Se estimó una riqueza total de 48 especies de colémbolos para las áreas de mangle rojo.

© Belmarie Samalot-Roque, 2006

Agradecimientos

Comienzo agradeciendo al Dr. José A. Mari Mutt por haberme introducido al mundo de los colémbolos; gracias por sus consejos, correcciones y materiales para la investigación. También quiero agradecer al Dr. Felipe N. Soto Adames por haberme recibido en su hogar en Vermont para enseñarme a reconocer los colémbolos; gracias por su guía y supervisión, por la literatura y materiales provistos, y por su gran ayuda con la identificación de las especies.

Además expreso mi gratitud al Dr. Carlos J. Santos Flores por haberme prestado equipo necesario para la investigación y por sus sugerencias para el manuscrito. Gracias a la Dra. Mónica Alfaro por ofrecer su laboratorio como lugar de trabajo y por su ayuda durante la investigación.

Por último quisiera agradecer a mi esposo, Abel, por haberme acompañado a cada una de las localidades de muestreo, y a mis padres, María y Francisco, por asistirme en varias ocasiones; a todos ellos por su apoyo incondicional. Antes no sabían de la existencia de los colémbolos, ahora los ven en todas partes.

Tabla de Contenido

	Página
Listado de Tablas	viii
Listado de Figuras	ix
Listado de Apéndices	x
1. Introducción	2
1.1 Motivación	4
1.2 Revisión de Literatura	7
2. Metodología	10
2.1 Lugar de Estudio	10
2.2 Muestreo	10
2.3 Identificación	11
2.4 Análisis de Biodiversidad	15
2.4.1 Alpha	15
2.4.2 Margalef	15
2.4.3 Shannon-Weiner	15
2.2.4 Simpson	16
3. Resultados	17
3.1 Especies halladas	17
3.2 Análisis de Biodiversidad	20
4. Discusión	25
4.1 Orden Poduromorpha	25
4.1.1 Familia Hypogastruridae	25

4.1.2 Familia Brachystomellidae	26
4.1.3 Familia Neanuridae	28
4.1.4 Familia Onychiuridae	29
4.2 Orden Entomobryomorpha	32
4.2.1 Familia Isotomidae	32
4.2.2 Familia Entomobryidae	37
4.2.3 Familia Paronellidae	45
4.2.4 Familia Cyphoderidae	47
4.3 Orden Symphypleona	48
4.3.1 Familia Sminthuridae	48
4.4 Colémbolos marinos y terrestres	53
4.5 Biodiversidad	53
5. Conclusión	55
6. Recomendaciones	56
Literatura citada	57

Listado de Tablas

	Página
2.1 - Listado de manglares muestreados	13
3.1 - Especies asociadas al mangle rojo en las costas de Puerto Rico	19
3.2 - Índices de biodiversidad	22

Listado de Figuras

	Página
Fig. 1.1 - <i>Axelsonia tubifera</i>	3
Fig. 1.2 - <i>Rhizophora mangle</i> en la Bahía Demajagua, Fajardo	6
Fig. 2.1- Mapa de Puerto Rico con localidades de muestreo	14
Fig. 3.1 - Curva de acumulación de especies	23
Fig. 3.2 - Regresión no-paramétrica para extensión de manglares vs. cantidad de especies	23
Fig. 3.3 - Diversidad de colémbolos en manglares estuarinos vs. manglares de borde	24
Fig. 4.1 - Regiones biogeográficas	27
Fig. 4.2 - Familia Hypogastruridae y Familia Brachystomellidae	30
Fig. 4.3 - Familia Neanuridae y Familia Onychiuridae	31
Fig. 4.4 - Familia Isotomidae	35
Fig. 4.5 - Familia Isotomidae	36
Fig. 4.6 - Familia Entomobryidae	41
Fig. 4.7 - Familia Entomobryidae	42
Fig. 4.8 - Familia Entomobryidae	43
Fig. 4.9 - Familia Entomobryidae	44
Fig. 4.10 - Familia Paronellidae	46
Fig. 4.11 - Familia Cyphoderidae	47
Fig. 4.12 - Familia Sminthuridae	51
Fig. 4.13 - Familia Sminthuridae	52

Lista de Apéndices

	Página
Apéndice A. Lista de especies colectadas en cada localidad	63
Apéndice B. Lista de colémbolos de Puerto Rico	68
Apéndice C. Inventario de manglares de Puerto Rico	73
Apéndice D. Fotos de manglares muestreados	77

1. Introducción

La clase Collembola (Hexapoda) comprende entognatos pequeños (0.25-8 mm), con antenas, sin alas y sin cercos. Pueden reconocerse fácilmente por el tubo ventral o colóforo que llevan en el primer esternito abdominal y cuya función es osmorreguladora (Noble-Nesbitt, 1963; Schreiber y Eisbeis, 1985). La mayoría de los colémbolos poseen una fúrcula en el cuarto segmento abdominal, órgano que utilizan para saltar como medio de escape. La existencia de colémbolos fósiles del Devoniano de Escocia los coloca como uno de los grupos de animales terrestres más antiguos (Whalley y Jarzembowski, 1981). Los colémbolos tienen una distribución cosmopolita. Alrededor del mundo se han descrito unas 7500 especies, de las cuales más de 700 se han informado de la Región Neotropical (Mari Mutt y Bellinger, 1990). Por otro lado, se conoce relativamente poco sobre la diversidad de colémbolos en las Antillas Mayores. De Puerto Rico se han reportado unas 77 especies, principalmente mediante el esfuerzo de Mari Mutt (1977, 1986a, 1986b). Sin embargo, Mari Mutt se concentró en la familia Entomobryidae y los representantes de otras familias no han sido tratados en detalle.

A la par con su amplia distribución, podemos hallar colémbolos en variados hábitculos. Son más comunes en la hojarasca pero también pueden encontrarse en cavernas, desiertos, sobre la nieve, en el dosel de los árboles, en nidos de algunos vertebrados y en nidos de insectos sociales (Christiansen, 1964; Greenslade, 1991). Los colémbolos también ocupan ambientes acuáticos, para los cuales pueden presentar adaptaciones morfológicas y fisiológicas.

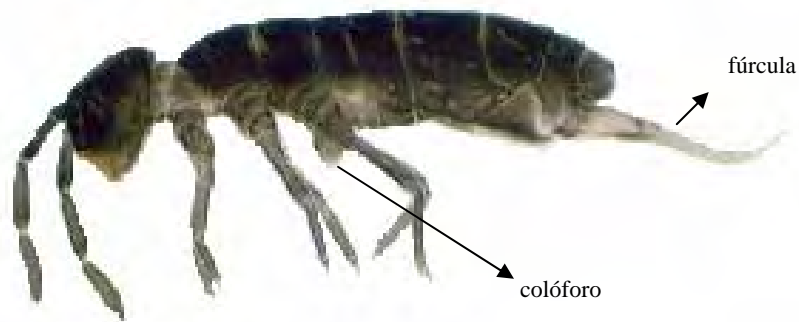


Fig. 1.1 – *Axelsonia tubifera*.

Los colémbolos juegan un papel importante dentro de los ecosistemas, al participar en el reciclaje de nutrientes y la estructuración de las propiedades físicas del suelo. Esta aportación se da mediante sus hábitos alimentarios, al consumir materia orgánica en descomposición, hongos, microorganismos y heces fecales, entre otras cosas.

Por su rol ecológico y por ser uno de los grupos de artrópodos terrestres más abundantes y diversos, los colémbolos son utilizados como indicadores de perturbaciones y calidad del suelo (Manh Vu y Nguyen, 2000; Migliorni et al., 2003), lo cual provee información sobre la salud del ecosistema.

1.1 Motivación

Uno de los ecosistemas más impactados por el hombre lo es el manglar. Los manglares tienen una productividad alta y ayudan a exportar materia orgánica a las cadenas tróficas costeras, proveen refugio a aves, peces e invertebrados y protegen las zonas intersticiales de la erosión. En Puerto Rico ha ocurrido una disminución de más de 75 % del área ocupada por bosques de mangle (Spalding et al., 1997) debido principalmente a la proliferación de proyectos turísticos. Además, históricamente estos bosques han estado ligados a malos olores y a la proliferación de mosquitos, razón por la cual las comunidades cercanas los han ido destruyendo. La pérdida de los manglares conlleva la desaparición de la fauna asociada a estos bosques. Esta preocupación ha dado origen a la producción de inventarios de organismos asociados a los manglares, como el catastro de la herpetofauna de los Everglades en Florida (Rice et al., 2002), y el de aves y peces en los manglares de Costa Rica (Warketin y Hernández-Esquivel, 1995; Rojas-Morales et al., 1994). Este tipo de estudio provee datos para proyectos de restauración y conservación.

El presente estudio se concentra en la colección de colémbolos asociados a la hojarasca del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en el litoral de Puerto Rico. Los manglares donde habita *R. mangle* se dividen en manglares de borde y manglares de cuenca. El manglar de borde se encuentra a lo largo del margen de la costa, usualmente en bahías y expuesto al oleaje, mientras que el manglar de cuenca se ubica más tierra adentro, está asociado a ríos o lagunas y recibe poco flujo de agua a consecuencia de las mareas. Las desembocaduras de los ríos son la parte más externa de los manglares de cuenca, siendo esa la región considerada en este estudio. El punto donde el río se une con

el mar se conoce como estuario, por lo cual de aquí en adelante usaré el término manglar estuarino para referirme a los manglares de cuenca.

Este estudio atiende la necesidad de crear una lista de colémbolos para los manglares y contribuye a completar el inventario general de la fauna colembológica de la isla. A la misma vez, es el primer estudio en las Américas dedicado exclusivamente a la caracterización de la diversidad de colémbolos asociados a los bosques de mangle.



Fig. 1.2 – *Rhizophora mangle* en la Bahía Demajagua, Fajardo.

1.2 Revisión de Literatura

Varios estudios mencionan la presencia de colémbolos en manglares, habiéndose colectado los siguientes géneros: *Archisotoma*, *Axelsonia*, *Halachorutes*, *Isotoma* (*Psammisotoma*), *Isotomurus*, *Pseudanurida*, *Rapoportella*, *Seira* y *Xenylla* (Murphy, 1965; Manzano, 1990; Strenzke, 1958). De las 77 especies de colémbolos reportados de Puerto Rico, tres han sido colectadas en manglares: *Pseudanurida sawayana* y *Dicyrtoma mangle* fueron extraídas de hojarasca en bosques estuarinos (Christiansen y Bellinger, 1988; Soto-Adames, 1988a), mientras que *Lepidocyrtus lepargus* habita manglares de borde (Mari-Mutt, 1986a).

Los colémbolos marinos ocupan una gran variedad de hábitáculos, incluyendo la zona intermareal. Las especies restringidas al medio intersticial demuestran diferencias en distribución según varía la intensidad de la inundación, el tamaño de los granos y la compactación de la arena (Thibaud y Christian, 1997). También hay colémbolos en los orificios de las rocas litorales, entre la acumulación de algas marinas en la costa, dentro del caparazón de los cangrejos hermitaños y dentro de la cámara braquial de cangrejos terrestres (Bellinger, 1985; Palacios-Vargas et al., 2000; Jordana, 1997).

El conocimiento de los hábitos alimenticios de los colémbolos marinos es mínimo. Algunas observaciones sugieren que ciertas especies halladas en las rocas costeras son carnívoras (Glynne-Williams y Honart, 1952). *Anurida maritima* ingiere moluscos y otros animales marinos pequeños (Folsom, 1900; Imms, 1906), y ha sido calificada por Dexter (1943) como uno de los forrajeros costeros más importantes. En un estudio del contenido digestivo de nueve colémbolos de manglar, Manzano (1990) encontró remanentes de colémbolos, de otros invertebrados, materia vegetal en

descomposición, diatomeas y otras algas, esporas de hongos y otras materias no identificables.

Algunos colémbolos marinos poseen características morfológicas que los distinguen de los colémbolos terrestres y que parecen ser adaptaciones al ambiente acuático. Por ejemplo, en una especie marina de *Pseudanurida* las lamelas laterales del mucrón son más anchas que en especies terrestres, presuntamente para facilitar el salto sobre la superficie del agua (Massoud, 1971). El mucrón de *Dicyrtoma mangle* es ancho y casi plano, en lugar de cóncavo, y el margen interno de los dientes posee sedas largas (Soto-Adames, 1988a).

Un factor característico del ambiente marino es la salinidad, la cual induce a la pérdida de agua por osmosis. Para recuperar el agua perdida los colémbolos usan las vesículas del tubo ventral (Eisenbeis, 1982). Los colémbolos que viven en ambientes con concentraciones bajas de sal poseen concentraciones osmóticas internas relativamente altas y absorben el agua pasivamente a través del tubo ventral; lo contrario sucede con las especies que habitan ambientes hipersalinos, lo que podría promover que hayan evolucionado como organismos osmoconformadores (Witteveen et al., 1987). En condiciones salinas ocurre una degradación morfológica de las células que transportan iones en las vesículas, ocurriendo una disminución en la absorción de iones y agua (Eisenbeis, 1982).

Algunos colémbolos marinos tienen un comportamiento especial para no ser atrapados por la marea. Durante la marea baja, *Anurida maritima* camina en busca de alimento, pero antes de que suba la marea se refugia en orificios en las rocas. En estas cavidades, con la ayuda de sus sedas gruesas y cortas, se crean burbujas que suplen

oxígeno; esta acción protectora es maximizada por la aglomeración de muchos individuos en un mismo hueco. Los colémbolos depositan sus huevos en estos escondites para protegerlos de la acción del agua. Joosse (1966) encontró que la lluvia y el oscurecimiento del cielo hacen que estos animales busquen refugio.

Otra alternativa de los colémbolos para sobrevivir las inundaciones del litoral marino es la habilidad de flotar. Gracias a su integumento hidrofóbico (Ghiradella y Radigan, 1974), los colémbolos pueden mantenerse sobre la superficie del agua en lo que cesa la inundación, o el viento los arrastra hacia áreas secas. Cuando es inevitable la sumersión, algunos colémbolos escalan plantas u otras superficies (Tamm, 1986). Una estrategia adicional para sobrevivir las inundaciones lo es mantenerse en etapa de huevo durante las mismas, eclosionando cuando ha pasado el peligro (Tamm 1984, 1986).

2. Metodología

2.1 Lugar de Estudio

Las costas de Puerto Rico están divididas en ocho regiones según sus características geológicas, topográficas y ecológicas: norte, noreste, sureste, sur, suroeste, oeste, noroeste e islas adyacentes (Villafañe, 1988). En este estudio se enfatizan las regiones sureste, sur y suroeste porque en éstas abundan más los manglares costeros. Se escogieron 20 (Tabla 2.1) de los 51 manglares registrados para esta área (Velásquez, 1990). Los manglares escogidos no son parte de cayos y están mayormente compuestos de *Rhizophora mangle*. Se eligieron los bosques de mayor extensión porque su estabilidad promueve la presencia de organismos representativos del manglar. También escogimos 10 manglares entre las regiones de oeste a noreste (Tabla 2.1).

2.2 Muestreo

Los muestreos se hicieron entre el 5 de junio de 2004 y el 21 de abril de 2005. En cada estación se colectó hojarasca, a una distancia no mayor de 2 metros a partir de la orilla. Se recogió desde un mínimo de dos hasta una máximo de cinco bolsas plásticas de 9.5 litros por cada estación. También se revisaron las raíces no sumergidas de los mangles y se colectaron organismos con un aspirador.

La hojarasca se colocó por 48 horas en embudos de Berlese colapsables equipados con bombillas de 25 vatios. Los organismos se preservaron en alcohol etílico al 95 %. Los colémbolos se separaron por morfoespecie con la ayuda de un microscopio de disección.

2.3 Identificación

Para la identificación a nivel de género y especie se hicieron montajes permanentes en laminilla. Cuando los especímenes colectados fueron abundantes se montaron cinco individuos de cada morfoespecie por localidad; si la cantidad fue de 10 o menos se montó la mitad de lo hallado; si sólo se colectó un espécimen se tomaron notas sobre sus características y se montó.

Se disectaron las cabezas y se montaron por separado, dorso hacia arriba, para las familias Cyphoderidae, Entomobryidae, Paronellidae, Sminthuridae y el género *Axelsonia* (Isotomidae). La identificación de algunas especies requiere el estudio de las piezas bucales que están dentro de la cápsula cefálica. En estos casos se presionó el cubreobjetos hasta que las piezas bucales salieron expulsadas de la cabeza. En las laminillas, el cuerpo del animal fue orientado dorsoventralmente para los entomóbridos y lateralmente para las demás familias.

Se aclararon los organismos en líquido Nesbitt y se montaron en líquido Marc André II (Mari-Mutt, 1979). Las laminillas se colocaron en un calentador de laminillas a 60 °C durante dos semanas, para endurecer el medio de montaje y completar la clarificación de los organismos.

Las características morfológicas se estudiaron con un microscopio de fase. Los dibujos se prepararon utilizando un microscopio de disección y una cámara de luz adherida al microscopio de fase.

Los géneros y especies de los colémbolos pertenecientes a las familias Brachystomellidae, Hypogastruridae, Isotomidae, Neanuridae, Onychiuridae, y Sminthuridae fueron verificados y determinados por el Dr. Felipe N. Soto Adames. En el

caso de las familias Cyphoderidae, Entomobryidae y Paronellidae yo realizé la identificación de las especies y sometí los casos en los que tenía duda al Dr. Soto para que los verificara.

Tabla 2.1- Lista de manglares muestreados (Velásquez, 1990). N = norte, NE = noreste, SE = sureste, S = sur, SO = suroeste, O = oeste, NO = noroeste. # Numeración de localidad según orden de colección. * Asociado a desembocadura de río.

Localidad / Pueblo	Fecha	Región	Extensión (km ²)	#
Boquerón / Cabo Rojo	5/6/2004	SO	191.57	1
Pta. Guaniquilla / Cabo Rojo	5/6/2004	SO	259.41	2
Caño Boquerón / Cabo Rojo	5/6/2004	SO	385.41	3*
La Parguera / Lajas	13/06/2004	SO	4110.4	4
Bahía Montalva / Guánica	13/06/2004	SO	1344.9	5
Bahía de Guánica / Guánica	19/06/2004	SO	259.41	6
Bahía Tallaboa / Peñuelas	22/6/2004	SO	554.74	7
Parque de Colón /Aguadilla	1/7/2004	NO	71.85	8*
Punta Petrona / Santa Isabel	4/7/2004	S	1907.62	9
Punta Arenas / Salinas	11/7/2004	S	638.53	10
Mar Negro / Salinas	11/7/2004	S	2378.55	11
Bahía de Jauca / Santa Isabel	7/8/2004	S	147.66	12
Punta Pozuelo / Guayama	7/8/2004	S	3080.95	13
Puerto de Jobos / Guayama	7/8/2004	S	1109.47	14
Bahía Demajagua / Fajardo	15/8/2004	SE	694.42	15
Puerto Medio Mundo / Ceiba	15/8/2004	SE	4944.43	16
Bahía Algodones / Naguabo	15/8/2004	SE	1328.94	17
Río Daguao / Ceiba	15/8/2004	SE	1879.71	18*
Río Antón Ruíz / Humacao	15/8/2004	SE	2773.74	19*
Bahía Sucia / Cabo Rojo	21/8/2004	SO	351.18	20
Punta Viento / Patillas	12/9/2004	SE	446.96	21
Caño Corazones / Mayagüez	22/10/2004	O	1237.17	22*
Río Cocal San Pedro / Toa Baja	31/10/2004	N	1660.2	23*
Laguna San José / San Juan	31/10/2004	N	1560.44	24
Río Espíritu Santo / Río Grande	12/2/2005	NE	2103.19	25*
Río Herrera / Río Grande	12/2/2005	NE	1728.04	26*
Boca de Cangrejos / Carolina	12/2/2005	N	1923.61	27
Punta Ostiones / Cabo Rojo	16/4/2005	O	969.78	28
Río Cibuco / Vega Baja	21/4/2005	N	1564.41	29*
Caño Tiburones / Arecibo	21/4/2005	N	1360.9	30*

2.4 Análisis de Biodiversidad

Se utilizaron varios índices para describir la diversidad de colémbolos en las localidades, incluyendo varios de los recomendados por Magurran (1998): Alpha, Margalef, Shannon-Weiner y Simpson.

2.4.1 Alpha

Este índice describe la cantidad de especies halladas por localidad.

2.4.2 Margalef

Este índice asume una relación entre la cantidad de individuos y el número de especies en una muestra; el resultado sirve para comparar la razón entre las especies por cada localidad y el total de individuos.

$$D_{Mg} = (S-1)/\log N \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde: S = cantidad de especies en la localidad

N = total de individuos en la localidad

2.4.3 Shannon-Weiner

Este índice describe la abundancia relativa de especies por localidad. El grado de diversidad está determinado por la inseguridad sobre la identidad de un individuo escogido al azar en una comunidad. Mientras más especies hay y más uniforme es la distribución de las mismas, más alto es el índice y por ende mayor la diversidad.

$$H' = - \sum (P_i \ln[P_i]) \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Donde: $P_i = n / N$

n = total de individuos de una especie

N = total de individuos en la localidad

2.4.4 Simpson

Este índice, al igual que el anterior, describe la abundancia relativa de las especies por localidad. El índice de Simpson enfatiza el grado de dominancia de una o más especies y genera la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar en una comunidad sean de la misma especie. Mientras más alto es el índice, mayor es el grado de dominancia y menor es la diversidad.

$$D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde: n = total de individuos de una especie

N = total de individuos en la localidad

Se produjo una curva de acumulación de especies mediante el uso de la función Mao Tau, calculada con el programa *EstimateS* (Colwell, 2004). Con este programa también se obtuvo el valor Michaelis-Menten, para estimar la asíntota de la curva. La curva de acumulación de especies provee información sobre la cantidad de muestreos necesarios para coleccionar el total de especies en una localidad; además, la asíntota de la curva indica la riqueza total de especies para el mismo lugar.

Para establecer si hay relación entre la extensión del manglar y la diversidad de colémbolos en el mismo, se realizó una prueba de regresión no paramétrica con el programa *Matlab*. Además, se hizo una prueba Mann-Whitney con el programa *Minitab* para verificar si había diferencia entre las diversidades de un manglar de borde en comparación con uno estuarino.

3. Resultados

3.1 Especies halladas

Se encontraron 44 especies (Tabla 3.1), de las cuales 12 son reportes nuevos para Puerto Rico y seis son especies nuevas. Estas especies pertenecen a nueve de las 33 familias del orden: Brachystomellidae, Cyphoderidae, Entomobryidae, Hypogastruridae, Isotomidae, Neanuridae, Onychiuridae, Paronellidae y Sminthuridae.

Los reportes nuevos para Puerto Rico son: *Axelsonia tubifera*, *Brachystomella baconaensis*, *Calvatomina discolor*, *Calvatomina sp. nov. cf. rossi*, *Calvatomina nymphascopula*, *Folsomides centralis*, *Onychiurus cunhai*, *Paraxenylla affiniformis*, *Psammisotoma dispar*, *Pseudachorutes parvulus*, *Pseudosinella lahainaensis* y *Xenylla malayana*. Las especies nuevas pertenecen a los géneros *Calvatomina* (2 especies), *Lepidocyrtus*, *Sminthurides*, *Sphaeridia* y *Stenognathriopes*.

Del total de especies colectadas, 11 se conocen como asociadas a habitáculos marinos: *Archisotoma goubaultae*, *Axelsonia tubifera*, *Brachystomella baconaensis*, *Dicyrtoma mangle*, *Lepidocyrtus lepargus*, *Lepidocyrtus sp. nov.*, *Paraxenylla affiniformis*, *Psammisotoma dispar*, *Pseudanurida sawayana*, *Pseudosinella lahainaensis* y *Seira blanca* (Thibaud, 1993; Christiansen y Bellinger, 1988; Soto-Adames 1988a; Mari Mutt, 1986a; Gruia, 1983; Strenzke, 1958). El resto de las especies se conocen de habitáculos terrestres. El habitáculo usual de *Sphaeridia* spp. se desconoce, aunque el género ha sido reportado del interior de la isla. El género *Stenognathriopes* no se ha reportado de la isla, pero a juzgar por la distribución de sus especies (Betsch y Lasebikan,

1979; Palacios-Vargas y Vázquez, 1997), no se trata de un grupo limitado al habitáculo marino.

Tabla 3.1 – Especies asociadas al mangle rojo en las costas de Puerto Rico. * Nuevo reporte de género para P.R. **Nuevo reporte de especie para P.R. ***Especie nueva. DPR% - Por ciento de localidades en las que fue encontrada la especie.

Familia	Género	Especie	DPR %
Hypogastruridae	<i>Paraxenylla</i>	<i>affiniformis</i> *	13
	<i>Xenylla</i>	<i>malayana</i> **	3
		<i>welchi</i>	3
Brachystomellidae	<i>Brachystomella</i>	<i>agrosa</i>	17
		<i>baconaensis</i> **	7
Neanuridae	<i>Arlesia</i>	<i>albipes</i>	3
	<i>Pseudanurida</i>	<i>sawayana</i>	30
	<i>Pseudachorutes</i>	<i>parvulus</i> **	3
Onychiuridae	<i>Onychiurus</i>	<i>cunhai</i> **	3
Isotomidae	<i>Archisotoma</i>	<i>gourbaultae</i>	23
	<i>Axelsonia</i>	<i>tubifera</i> *	20
	<i>Cryptopygus</i>	<i>termophilus</i>	27
	<i>Folsomides</i>	<i>centralis</i> **	17
		<i>parvulus</i>	13
	<i>Isotomiella</i>	<i>minor</i>	20
	<i>Psammisotoma</i>	<i>dispar</i> *	10
Entomobryidae	<i>Calx</i>	sp.	3
	<i>Entomobrya</i>	<i>linda</i>	7
	<i>Lepidocyrtus</i>	<i>lepargus</i>	3
		<i>nigrosetosus</i>	40
		sp.	7
		<i>sp. nov.</i> ***	3
	<i>Pseudosinella</i>	<i>biunguiculata</i>	3
		<i>lahainaensis</i> **	3
		<i>violeta</i>	13
	<i>Seira</i>	<i>blanca</i>	17
		<i>brasiliana</i>	30
		<i>dowlingi</i>	7
		sp.	3
	<i>Willowsia</i>	<i>jacobsoni</i>	7
	Paronellidae	<i>Campylothorax</i>	<i>sabanus</i>
<i>Salina</i>		<i>tristani</i>	23
Cyphoderidae	<i>Cyphoderus</i>	<i>similis</i>	20
Sminthuridae	<i>Calvatomina</i>	<i>discolor</i> **	7
		<i>nymphascopula</i> **	23
		<i>sp. nov. cf. rossi</i> **	7
		<i>sp. nov. 1</i> ***	23
		<i>sp. nov. 2</i> ***	13
	<i>Collophora</i>	<i>quadrioculata</i>	3
	<i>Dicyrtoma</i>	<i>mangle</i>	3
	<i>Sminthurides</i>	<i>sp. nov.</i> ***	13
	<i>Sphaeridia</i>	<i>sp. nov.</i>	23
	<i>Sphaeridia</i>	sp.	7
<i>Stenognathriopes</i>	<i>sp. nov.</i> ***	7	

3.2 Análisis de Biodiversidad

Los resultados para los índices de biodiversidad (Alpha, Margalef, Simpson y Shannon-Weiner) se presentan en la Tabla 3.3.

La curva de acumulación de especies (Fig. 3.1) no presenta asíntota. Por otro lado, la asíntota estimada por el método de extrapolación de Michaelis-Menten tuvo un valor de 48, siendo éste el valor máximo estimado de especies asociadas al mangle rojo en la isla.

El análisis de regresión no-paramétrica (Fig. 3.2) no indicó relación o patrón entre la extensión del manglar y el índice Alpha. Por otro lado, la prueba Mann-Whitney determinó que la diversidad de colémbolos es menor en los manglares de borde que en los manglares estuarinos de extensión similar. El estadístico de la prueba Mann-Whitney, W , tuvo un valor de 50.5 y la probabilidad fue de 0.0371; la diferencia en diversidad se aprecia en la Fig. 3.3.

Once especies aparecieron solamente en una localidad. *Lepidocyrtus sp. nov.* se colectó solamente en Boquerón y *Dicyrtoma mangle* en el Parque Colón de Aguadilla. *Collophora quadrioculata* y *Xenylla malayana* se colectaron sólo a lo largo del Río Antón Ruíz, Humacao, mientras que *Pseudosinella biunguiculata* y *Arlesia albipes* se colectaron en el Caño Corazones, Mayagüez. *Lepidocyrtus leparus* y *Campylothorax sabanus* se encontraron sólo en el Río Cocal San Pedro, Toa Baja, y *Onichiurus cunhai*, *Pseudachorutes parvulus* y *Pseudosinella lahainaensis* sólo se colectaron en el Caño Tiburones en Arecibo.

La especie con las más amplia distribución lo fue *Lepidocyrtus nigrosetosus*, encontrada en 12 de las 30 localidades, mientras que la especie más abundante en

cualquier localidad lo fue *Axelsonia tubifera*, con 1408 individuos colectados en el Puerto de Jobos, Guayama.

Tabla 3.3 – Índices de Biodiversidad. Alpha, D=Simpson, H'=Shannon-Weiner y DMg=Margalef. Vea la Tabla 2.1 para el nombre de las localidades.

Localidad	Alpha	D	H'	DMg
1	11	0.48	1.26	1.72
2	4	0.42	1.06	0.78
3	4	0.6	0.76	0.85
4	4	0.72	0.6	0.56
5	3	0.4	0.94	0.69
6	3	0.71	0.54	0.53
7	2	0.33	0.69	0.72
8	6	0.67	0.71	0.97
9	2	0.99	0.04	0.16
10	3	0.97	0.1	0.42
11	1	1	0	0
12	1	1	0	0
13	2	0.86	0.26	0.38
14	6	0.98	0.07	0.69
15	6	0.53	1.2	1.11
16	7	0.22	1.64	1.3
17	5	0.67	0.71	0.57
18	5	0.68	0.7	0.71
19	12	0.16	2	2.02
20	4	0.43	0.96	0.6
21	2	0.52	0.66	0.29
22	16	0.22	1.96	2.13
23	18	0.16	2.19	2.53
24	5	0.27	1.38	0.66
25	4	0.38	1.11	0.78
26	1	1	0	0
27	2	0.47	0.64	0.56
28	1	1	0	0
29	5	0.37	1.17	1.02
30	17	0.5	1.33	2.57

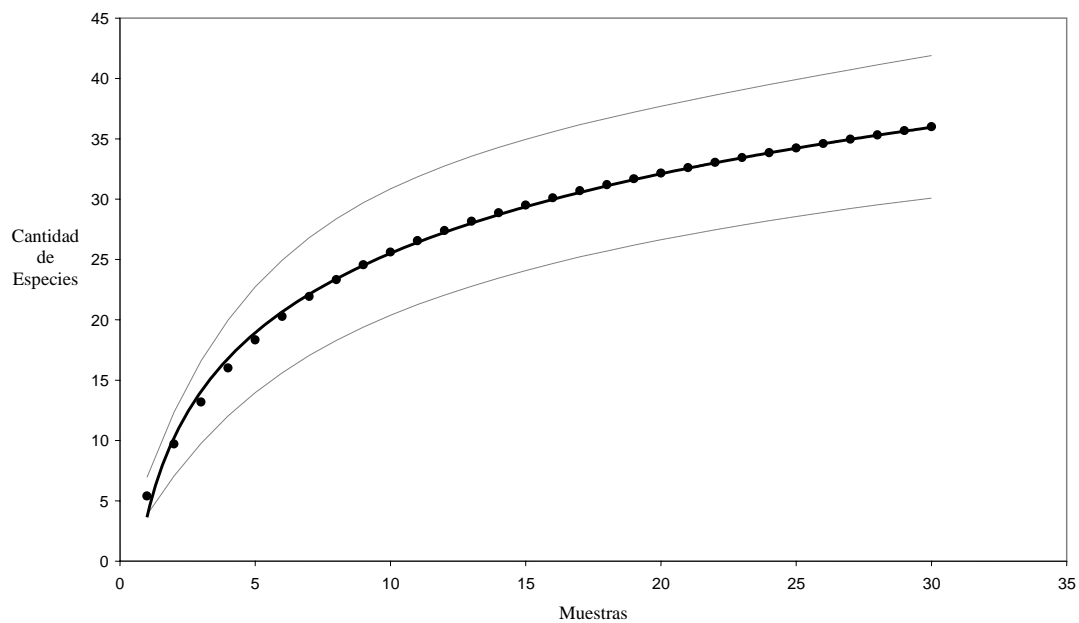


Fig. 3.1- Curva de acumulación de especies. Las líneas entrecortadas representan el intervalo de confianza a un 95%.

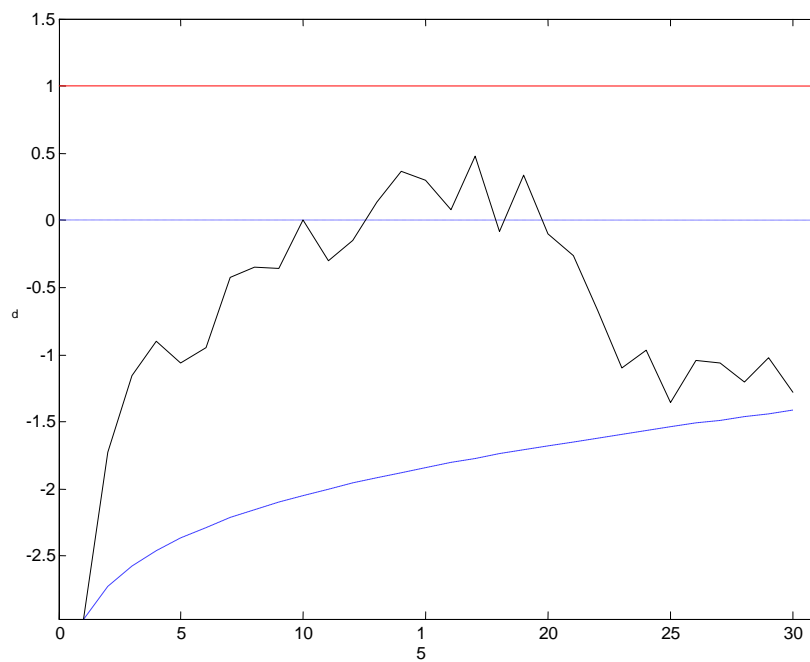


Fig. 3.2 – Regresión no-paramétrica para extensión de manglares vs. cantidad de especies. El resultado no indicó relación entre las variables.

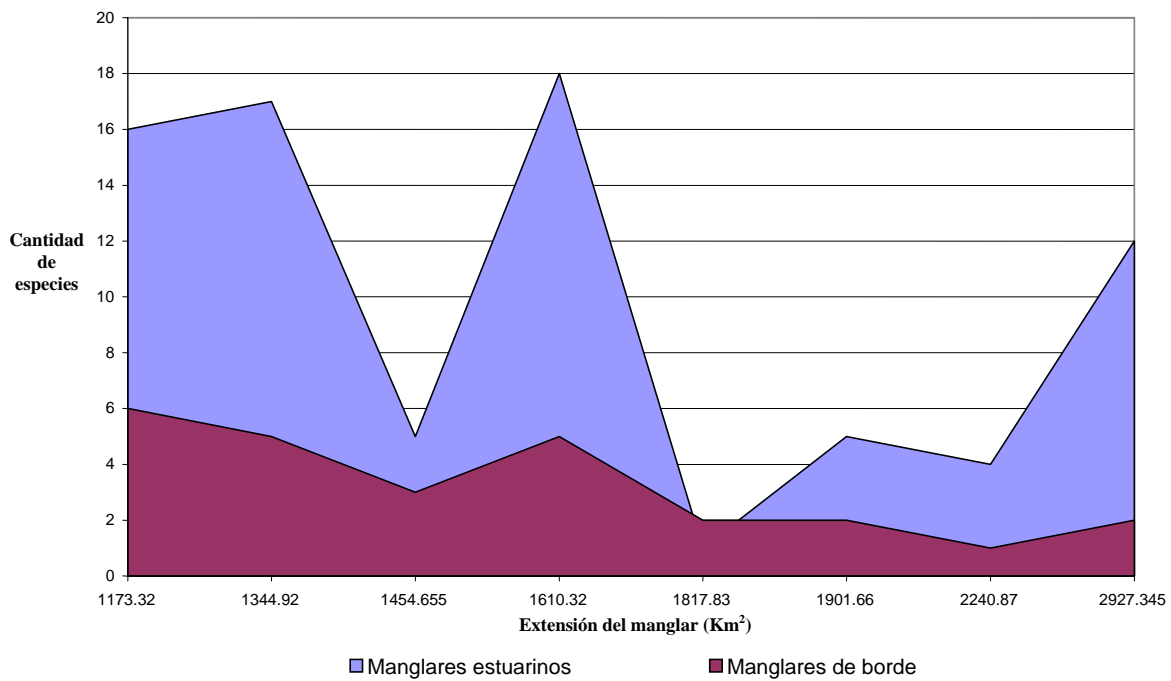


Fig. 3.3 – Diversidad de colémbolos en manglares estuarinos vs. manglares de borde.

4. Discusión

4.1 Orden Poduromorpha

4.1.1 Familia Hypogastruridae

Paraxenylla

Paraxenylla affiniformis (Fig. 4.2-1) es de color azul con integumento granuloso. Al igual que *Xenylla* spp., tiene 5+5 ocelos, y carece de órgano postantenal y de unguiculus, pero *P. affiniformis* no tiene espinas anales (da Gama y Deharveng, 1984; Christiansen y Bellinger, 1980). La distribución mundial de *P. affiniformis* incluye las regiones 2a, 5, 6, 7b, 10, 24a y 34 (Fig. 4.1).

Xenylla

Entre las especies de *Xenylla* en Puerto Rico, *X. welchi* se distingue por tener dos “*tenent hairs*” en los meso- y metatibiotarsos, y por la presencia de una seda la1 en el meso- y metatórax. *Xenylla malayana* (Fig. 4.2-2) tiene la seda a2 en el segmento abdominal 5 y la seda la3 en el meso- y metatórax (Christiansen y Bellinger, 1980). Ambas especies tienen pigmentación violeta oscuro.

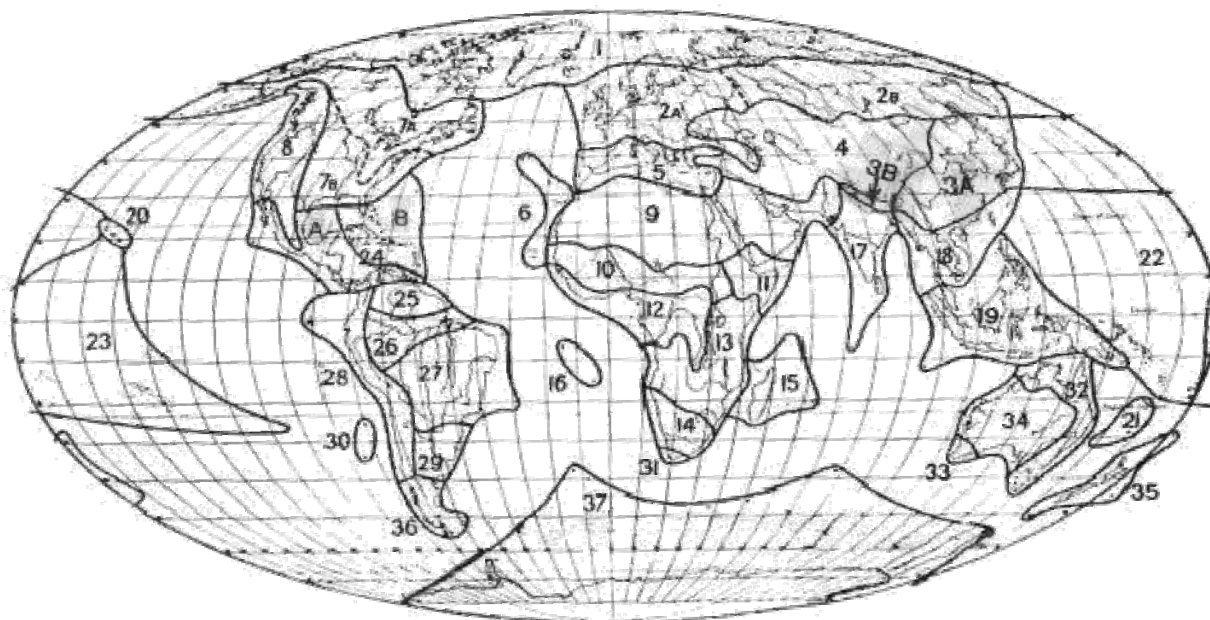
Xenylla malayana se ha encontrado en las regiones 6 y 19. En las Américas se ha reportado de Cuba (Díaz et al., 2004; Banasco-Almentero, 1987). *Xenylla welchi* tiene una amplia distribución incluyendo las regiones 2a, 4-9, 17, 19-21, 24a-25, 27-29, 32 y 34 (Fig. 4.1).

4.1.2 Familia *Brachystomellidae*

Brachystomella

Brachystomella agrosa (Fig. 4.2-3) presenta una coloración de fondo amarillo con manchas y puntos de color violeta en la cabeza, antenas y cuerpo. Las patas tienen una coloración más tenue. *Brachystomella baconaensis* (Fig. 4.2-4), el nuevo reporte que se presenta en este trabajo, muestra una coloración azul oscura con granulación uniforme. *Brachystomella agrosa* tiene cuatro tubérculos en su órgano postantenal, su maxila tiene entre 5 y 6 dientes y el largo del mucrón es una tercera parte el largo de los dientes. *Brachystomella baconaensis* posee seis tubérculos en el órgano postantenal, su maxila tiene nueve dientes y su mucrón es casi la mitad de largo que los dientes (Gruia, 1983; Wray, 1953).

Brachystomella agrosa se encuentra en las regiones 24a a la 27, mientras que *B. baconaensis* habita en las regiones 24a y 25b (Fig. 4.1). *Brachystomella baconaensis* se colectó por primera vez cerca de la desembocadura de un río (Gruia, 1983).



- | | | | | | |
|----|-------------------------------|-----|------------------------|----|--------------------------|
| 1 | Ártico y Subártico | 13 | E. África | 27 | N.E. y Centro de Brazil |
| 2a | Europa | 14 | S. África | 28 | Ándes |
| 2b | N. Eurasia | 15 | Madagascar | 29 | Pampas |
| 3a | Sino-Japonés | 16 | Ascensión y Sta. Elena | 30 | Juan Fernández |
| 3b | Himalayas | 17 | India | 31 | Cabo |
| 4 | O. y centro de Asia | 18 | S.E. Asia Continental | 32 | N. y E. Australia |
| 5 | Mediterráneo | 19 | Malasia | 33 | S.O. Australia |
| 6 | Macaronesia | 20 | Hawaii | 34 | Australia Central |
| 7a | N. América del Norte | 21 | Nueva Caledonia | 35 | Nueva Zelanda |
| 7b | S. América del Norte | 22 | Melanesia y Micronesia | 36 | Patagonia |
| 8 | Pacífico de América del Norte | 23 | Polinesia | 37 | Antártico y Subantártico |
| 9 | Desierto Indo-Africano | 24a | Caribe Continental | | |
| 10 | Sudania | 24b | Antillas y S. Florida | | |
| 11 | N.E. África | 25 | Venezuela y Güiana | | |
| 12 | O. África | 26 | Amazonas | | |

Fig. 4.1 – Regiones biogeográficas (Culik y Zeppelini, 2003; Christiansen y Bellinger, 1995; Good, 1974).

4.1.3 Familia Neanuridae

Arlesia

Arlesia albipes (Fig. 4.3-1) es color azul oscuro con la región ventral y el artejo antenal 3 blancos con manchas azules. El artejo antenal 4 y las patas son blancos, mientras que la coxa, el trocánter y el fémur están ligeramente pigmentados. *Arlesia albipes* tiene 5+5 ocelos y la proporción dentes-mucrón es de 2.7 (Folsom, 1927).

Arlesia albipes se distribuye desde la región 24a hasta la 28. De las tres especies de Neanuridae aquí reportadas, *A. albipes* es la única que no habita en el viejo mundo y que ha sido colectada en pantanos (Folsom, 1927).

Pseudachorutes

Los miembros de *Pseudachorutes* tienen la fúrcula bien desarrollada, 8+8 ocelos, órgano postantenal, cono bucal alargado, maxila alargada y no tienen espinas en el sexto segmento abdominal. *Pseudachorutes parvulus* (Fig. 4.3-3) tiene sedas puntiagudas en el abdomen y en los tibiotarsos, y su órgano postantenal tiene menos de 11 lóbulos (Fjellberg, 1998). La mandíbula posee tres dientes, de los cuales los dos apicales son pequeños e insertan muy cerca uno del otro, mientras que el diente basal es obviamente mayor que los apicales. La maxila posee un diente apical diminuto. *Pseudachorutes parvulus* se ha informado en las regiones, 2a, 2b, 4, 5, 24a, 24b, 28 y 29 (Fig. 4.1).

Pseudanurida

El género pantropical *Pseudanurida* es característico de la zona intermareal. *Pseudanurida sawayana* (Fig. 4.3-2) es de color violeta y se caracteriza por su larga fúrcula y piezas bucales estiliformes. Los artejos antenales 3 y 4 son compactos, y las sedas del cuerpo son generalmente cortas.

Pseudanurida sawayana habita en las regiones 9, 10, 17, 19, 24a, 24b y 27 (Fig. 4.1). Como todas las especies de su género, es marina y ha sido reportada de manglares (Christiansen y Bellinger, 1988; Murphy, 1971), aunque siempre de lugares con entrada de agua dulce (Murphy, 1971).

4.1.4 Familia Onychiuridae

El género *Onychiurus* se distingue de otros en su familia por tener vesículas compuestas en su órgano postantenal y por la textura lisa de sus bastones sensoriales (Palacios-Vargas y Díaz, 1995).

Onychiurus cunhai (Fig. 4.3-4) es blanca, cilíndrica y la superficie del cuerpo está cubierta de gránulos. Pertenece al grupo fimetarius y se distingue de las demás especies de dicho grupo por su fórmula de pseudoocelos dorsales y por la presencia de dos tubérculos secundarios en el órgano postantenal (Arlé, 1970). *Onychiurus cunhai* se conoce de las regiones 24b y 26 (Fig. 4.1).

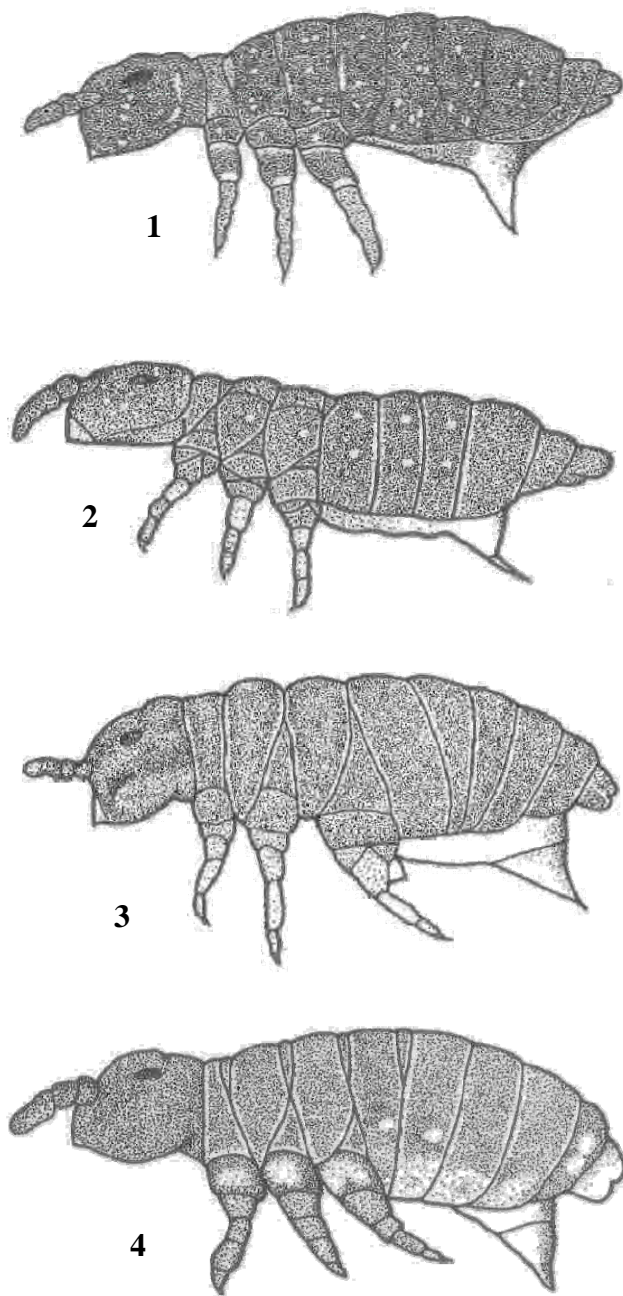


Fig 4.2 – **Familia Hypogastruridae**: 1- *Paraxenylla affiniformis*; 2- *Xenylla malayana*; **Familia Brachystomellidae**: 3- *Brachystomella agrosa*; 4- *Brachystomella baconensis*.

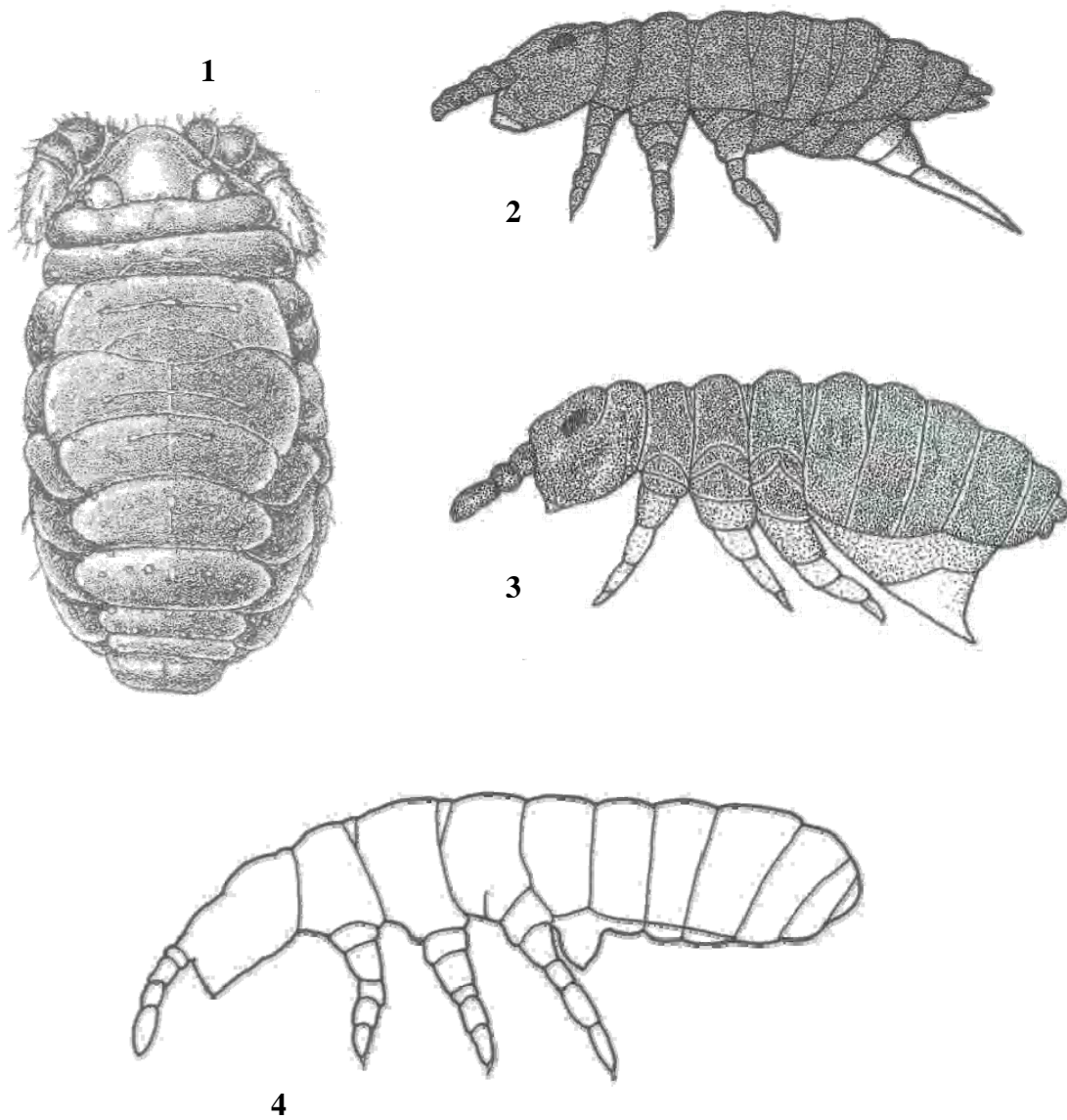


Fig. 4.3 – **Familia Neanuridae**: 1- *Arlesia albipes* (Folsom, 1927); 2- *Pseudanurida sawayana*; 3- *Pseudachorutes parvulus*; **Familia Onychiuridae**: 4- *Onychiurus cunhai*.

4.2 Orden Entomobryomorpha

4.2.1 Familia Isotomidae

Axelsonia

El género *Axelsonia* tiene muchas sensilas en el órgano sensorial del artejo antenal 3, no tiene órgano postantenal, y los dientes laterales de sus uñas son largos y filiformes (Greenslade y Deharveng, 1986; Christiansen y Bellinger, 1980).

Axelsonia tubifera (Fig. 4.4-1) es el primer registro del género para Puerto Rico. Su color varía de gris a negro, el segmento anal se orienta de forma horizontal, y los dos dientes grandes del mucrón están separados por una muesca redonda. Los machos poseen sedas en forma de tubo en la porción final lateral del abdomen y 5+5 esclerotizaciones genitales (Christiansen y Bellinger, 1980). *Axelsonia tubifera* habita en las regiones 24a, 24b y 27, es marina y fue colectada por primera vez en un manglar (Strenzke, 1958).

Archisotoma

Las especies de *Archisotoma* tienen la fúrcula grande y no tienen sedas ventrales en el manubrio. *Archisotoma goubaultae* (Fig. 4.4-2) se parece más a *A. interstitialis* pero tiene 22 sedas en el manubrio, 23 sedas en los dentes y dos sedas prelabrales (28-30-4 respectivamente en *A. interstitialis*) (Thibaud, 1993). *Archisotoma goubaultae* se conoce sólo de la región antillana (24b) (Fig. 4.1) y es marina.

Cryptopygus

El género *Cryptopygus* incluye isotómidos con la fúrcula grande, sedas en el manubrio, mucrón de dos dientes, los segmentos abdominales 5 y 6 fusionados, y no tiene dientes laterales en las uñas. *Cryptopygus termophilus* (Fig.4.4-3) es de color gris, su artejo antenal 4 no tiene sedas redondeadas apicalmente, sus dos ocelos internos son

reducidos y su órgano postantenal es tres veces más largo que el ocelo más cercano (Christiansen y Bellinger, 1980). *Cryptopygus thermophilus* habita en las regiones: 1-2a, 3a, 3b, 5-9, 12, 13, 17, 18, 20, 22-24b, 26-28, 29, 30 y 32-35 (Fig. 4.1).

Folsomides

Las especies de *Folsomides* carecen de espinas anales, tienen el mucrón fusionado con los dentes y siempre tienen órgano postantenal. *Folsomides parvulus* (Fig. 4.5-2) es blanca excepto por los dos ocelos pigmentados a cada lado de la cabeza. Sus segmentos abdominales 5 y 6 están separados, el sexto está orientado ventralmente, y el manubrio no tiene sedas ventrales (Díaz et al., 2004; Christiansen y Bellinger, 1980). La especie se distingue fácilmente de *Folsomides centralis* (Fig. 4.5-1), que es gris, tiene 6+6 ocelos, y posee sedas ventrales en el manubrio (Díaz et al., 2004).

Folsomides parvulus se ha registrado en las regiones 1-9, 13-15, 17, 19-21, 23-24b, 26-29, 32 y 34. *Folsomides centralis* habita en las regiones 6, 8, 18, 20-24b, 26-28 y 32 (Fig. 4.1).

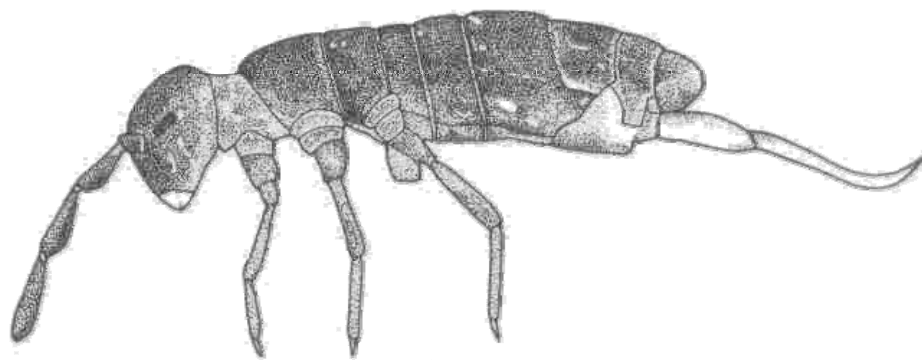
Isotomiella

El género *Isotomiella* carece de ojos, pigmento y órgano postantenal (Christiansen y Bellinger, 1980). *Isotomiella minor* (Fig. 4.5-3) es blanca y posee sedas serradas; su mucrón de tridentado la distingue de los demás isotómidos blancos (Christiansen y Bellinger, 1980). *Isotomiella minor* se ha reportado en las regiones 1-3a, 4-8, 10, 12, 13, 16-20, 22-24b, 26-29, 35 y 36 (Fig. 4.1)

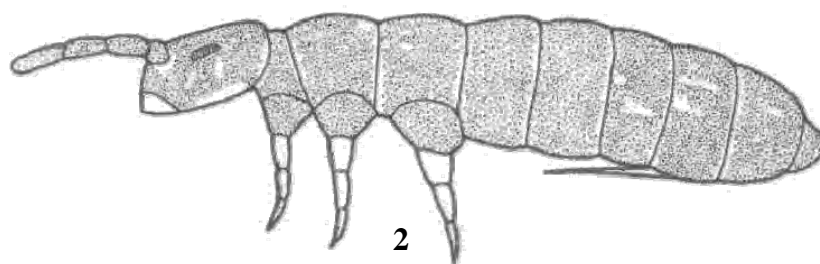
Psammisotoma

Psammisotoma se distingue de los otros isotómidos por el arreglo de sus tricobotrias, la morfología del mucrón y los dentes, y por la presencia de una seda

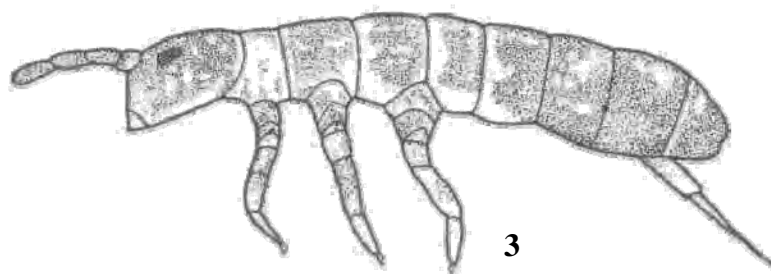
plumosa en los mesotibiotarsos (Christiansen y Bellinger, 1988; Greenslade y Deharveng 1986). *Psammisotoma dispar* (Fig. 4.4-4) se distingue de los otros miembros de este género (*P. kingae* y *P. mariagalantae*) por la morfología de la maxila, la presencia de sedas en el ápice del manubrio y por tener dientes laterales en la uña. Contrario a *P. kingae*, *P. dispar* no tiene glándulas en la base de las sedas del cuerpo (Christiansen y Bellinger, 1988). *Psammisotoma dispar* era conocida antes sólo de Florida (24b) (Fig. 4.1), donde se colectó en un manglar (Christiansen y Bellinger, 1988).



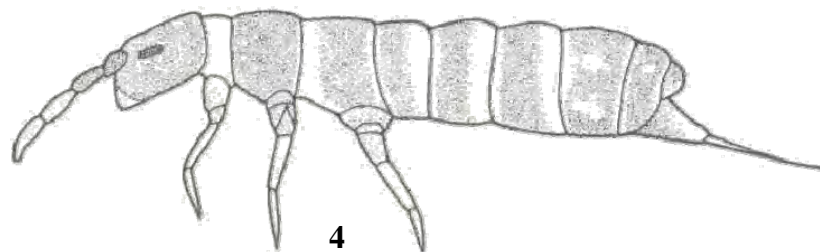
1



2



3



4

Fig. 4.4 – **Familia Isotomidae**: 1- *Axelsonia tubifera*; 2- *Archisotoma goubaultae*; 3- *Cryptopygus thermophilus*; 4- *Psammisotoma dispar*.

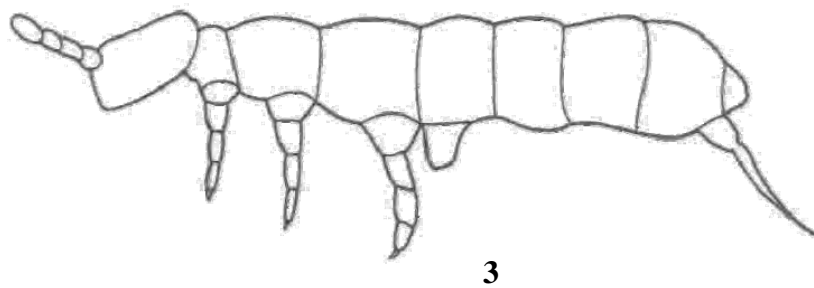
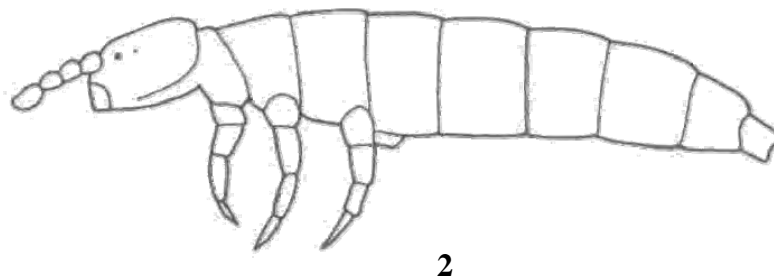
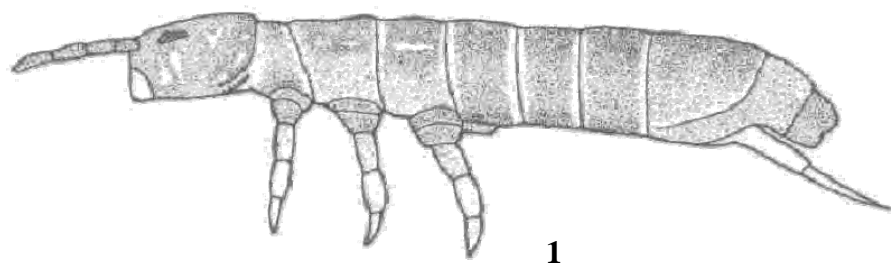


Fig. 4.5 – **Familia Isotomidae**: 1- *Folsomides centralis*; 2- *Folsomides parvulus*; 3- *Isotomiella minor*.

4.2.2 Familia Entomobryidae

Calx

El género *Calx* al igual que el género *Entomobrya* carece de escamas en su cuerpo; por otro lado *Calx* (Fig. 4.6-1) se distingue de *Entomobrya* por poseer el mucrón falcado en vez de bidentado. Desafortunadamente, el único ejemplar colectado de este género es juvenil y su estado de preservación no permite una identificación específica.

Entomobrya

Entomobrya linda (Fig. 4.6-2) presenta una coloración de base blanca-amarillenta con patrones de color marrón. La distribución de sus sedas es similar a la de la otra especie puertorriqueña (*E. longiseta*), exceptuando la distribución de las macrosedas cefálicas y torácicas; también difieren en la coloración del cuerpo (Soto-Adames, 2002). La distribución de *E. linda* se limita a la región antillana (24b) (Fig. 4.1).

Willowsia

Este género se caracteriza por poseer escamas apicalmente acuminadas, con estrías largas, y por la ausencia de escamas en la parte ventral de los dentes. El único miembro de este género en Puerto Rico es *Willowsia jacobsoni*, cuya coloración (Fig. 4.6-3) difiere entre machos y hembras (Mari Mutt, 1981). *Willowsia jacobsoni* habita en las regiones 12, 15, 17-20, 22, 24a, 24b y 32 (Fig. 4.1).

Lepidocyrtus

Tanto el género *Lepidocyrtus* como el género *Pseudosinella* tienen escamas redondas apicalmente, sin costillas, pero con dentículos diminutos. Las escamas están distribuidas por la cabeza, el tronco y la parte ventral de la fúrcula. La única característica

que separa consistentemente a *Lepidocyrtus* de *Pseudosinella* es la cantidad de ocelos, donde el primero presenta 8+8 y el segundo 6+6 o menos.

Lepidocyrtus es el género más diverso en Puerto Rico, con 14 especies a las cuales se añade una especie nueva descubierta en este estudio. Entre las especies locales, *Lepidocyrtus sp. nov.* (Fig. 4.7-1) se parece a *L. fimicolus* en el patrón de coloración (uniformemente azul-violáceo), pero difiere por poseer un tubérculo dental.

Lepidocyrtus lepargus (Fig. 4.7-2) tiene una coloración blanquizca y puede presentar pigmentación lateral desde el mesonoto hasta el primer segmento abdominal. Los individuos con pigmentación pueden confundirse con individuos pequeños de *L. nigrosetosus*, pero *L. lepargus* es más pequeño (<1.4 mm), tiene una papila en el cuarto artejo antenal, carece de escamas en las antenas y patas, y su mesonoto no se proyecta sobre la cabeza. Estas dos especies difieren además por la quetotaxia labial y la forma del unguiculus (Mari Mutt, 1986a). Esta especie se ha reportado de las Antillas (24b) (Fig. 4.1) y ha sido encontrada en habitáculos marinos.

Lepidocyrtus nigrosetosus (Fig. 4.7-3) presenta una coloración crema amarillenta, con escamas que le dan un tono marrón. Posee pigmentación violeta en los bordes laterales del mesonoto y en ocasiones del metanoto. La cabeza tiene una mancha oscura entre las bases de las antenas, y el último artejo antenal es violeta (Folsom, 1927). Esta especie habita las regiones antillana y caribe continental (24a y 24b) (Fig. 4.1).

Pseudosinella

Mari Mutt (1986a) informa para Puerto Rico a *Pseudosinella violeta* y a *P. biunguiculata*; aquí se añade a *P. lahainaensis*. *Pseudosinella biunguiculata* (Fig. 4.8-1), colectada nuevamente en Mayagüez, es blanca y sin ojos; su mesonoto no se proyecta

sobre la cabeza y posee una seda en forma de bastón en el tibiotalarso, característica única entre los miembros puertorriqueños de este género. De primera intención, dada su forma y la ausencia de coloración y ojos, la especie podría confundirse con *Cyphoderus similis*, pero bajo el microscopio se observan claramente las marcadas diferencias en la estructura de la fúrcula. *Pseudosinella biunguiculata* habita en las regiones antillana y centroamericana (24a y 24b) (Fig. 4.1).

Tanto *Pseudosinella lahainaensis* (Christiansen y Luther, 1986) (Fig. 4.8-2) como *P. violeta* (Mari Mutt, 1986a) (Fig.4.8-3) poseen coloración violeta, pero la primera posee microsedas lisas y macroseas ciliadas, su “*tenent hair*” y unguiculus son acuminados, el diente externo del unguiculus está bien desarrollado, y los dientes carecen de tubérculo. Además, *P. lahainaensis* es una especie marina. *Pseudosinella violeta* posee microsedas ciliadas y macroseas lisas, el “*tenent hair*” es clavado, el unguiculus es ligeramente truncado y sin diente externo, y los dientes poseen un tubérculo prominente (Christiansen y Janssens, 2005). *Pseudosinella violeta* habita en la región antillana (24b) mientras que *P. lahainaensis* habita en las regiones 8 y 20 (Fig. 4.1).

Seira

Los miembros caribeños de este género tienen el cuerpo cubierto de escamas apicalmente redondas, el mucrón es falcado y el segmento abdominal 4 tiene 3 tricobotrias.

Seira blanca (Fig. 4.9-1) es, como indica el epíteto, blanca y posee dos macroseas entre las tricobotrias del segmento abdominal 3. *Seira brasiliana* (Fig. 4.9-2) tiene una banda en forma de L en el segmento abdominal 3 y una banda transversal en el margen posterior del segmento abdominal 4, ambas de color azul. *Seira dowlingi* es

marrón claro con manchas laterales violetas desde el metatórax hasta el segundo segmento abdominal, además de poseer 8+8 macrosetas en el metatórax y 4+4 macrosetas en el primer segmento abdominal (Mari Mutt, 1986b). Entre las especies de *Seira* de Puerto Rico, *S. blanca* tiene 11 macrosetas en el dorso de la cabeza, *S. brasiliana* tiene cuatro y *Seira dowlingi* tiene siete.

Seira brasiliana y *S. dowlingi* habitan en las regiones 7b, 24b, 27 y 28, y 7b, 24a, 24b y 28, respectivamente, mientras que *S. blanca* es endémica de Puerto Rico (24b) (Fig. 4.1). *Seira blanca* sólo se ha colectado en hojarasca cerca de la playa (Mari Mutt, 1986b).

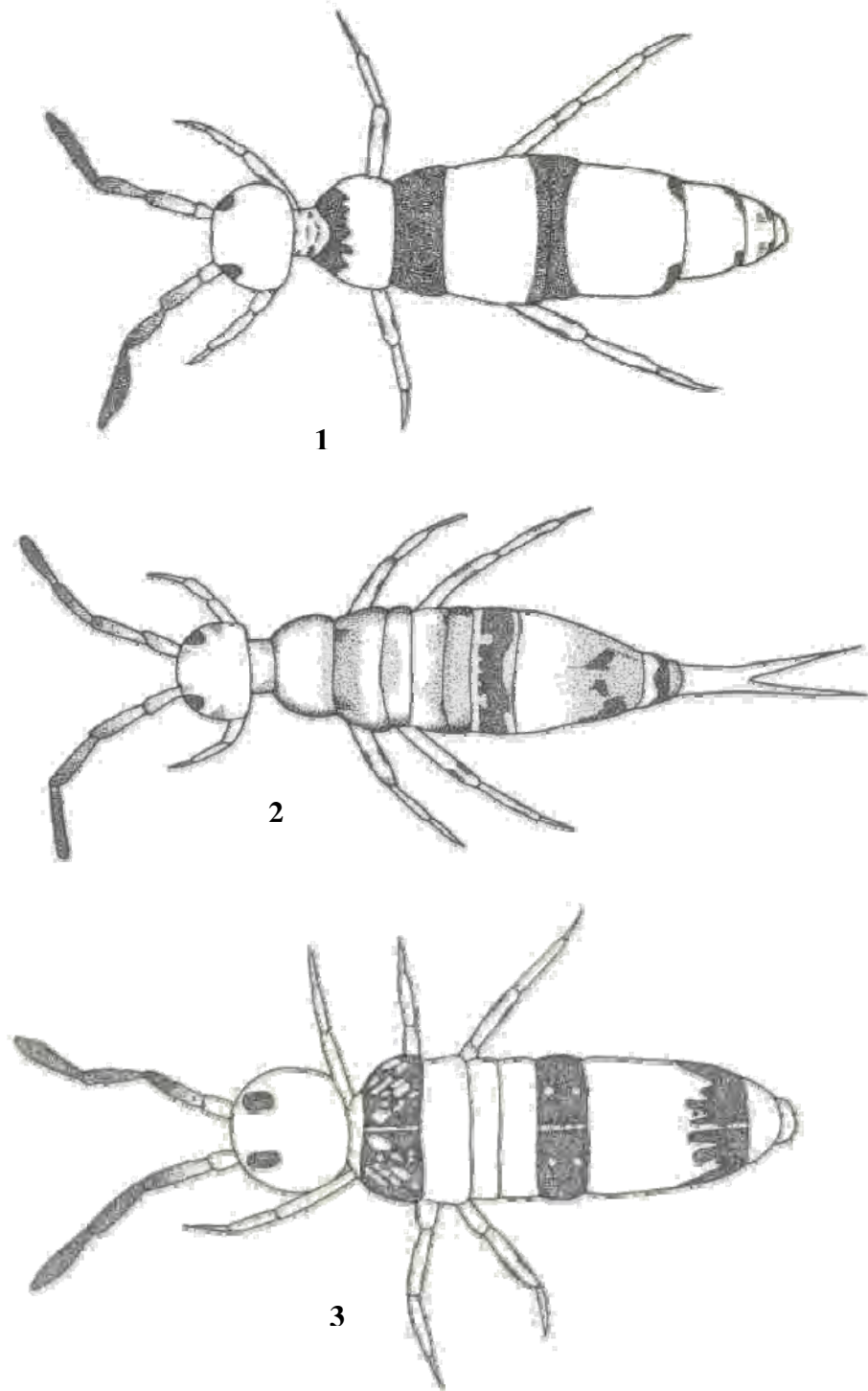


Fig. 4.6 - **Familia Entomobryidae**: 1- *Calx* sp.; 2- *Entomobrya linda*; 3- *Willowsia jacobsoni*, hembra.

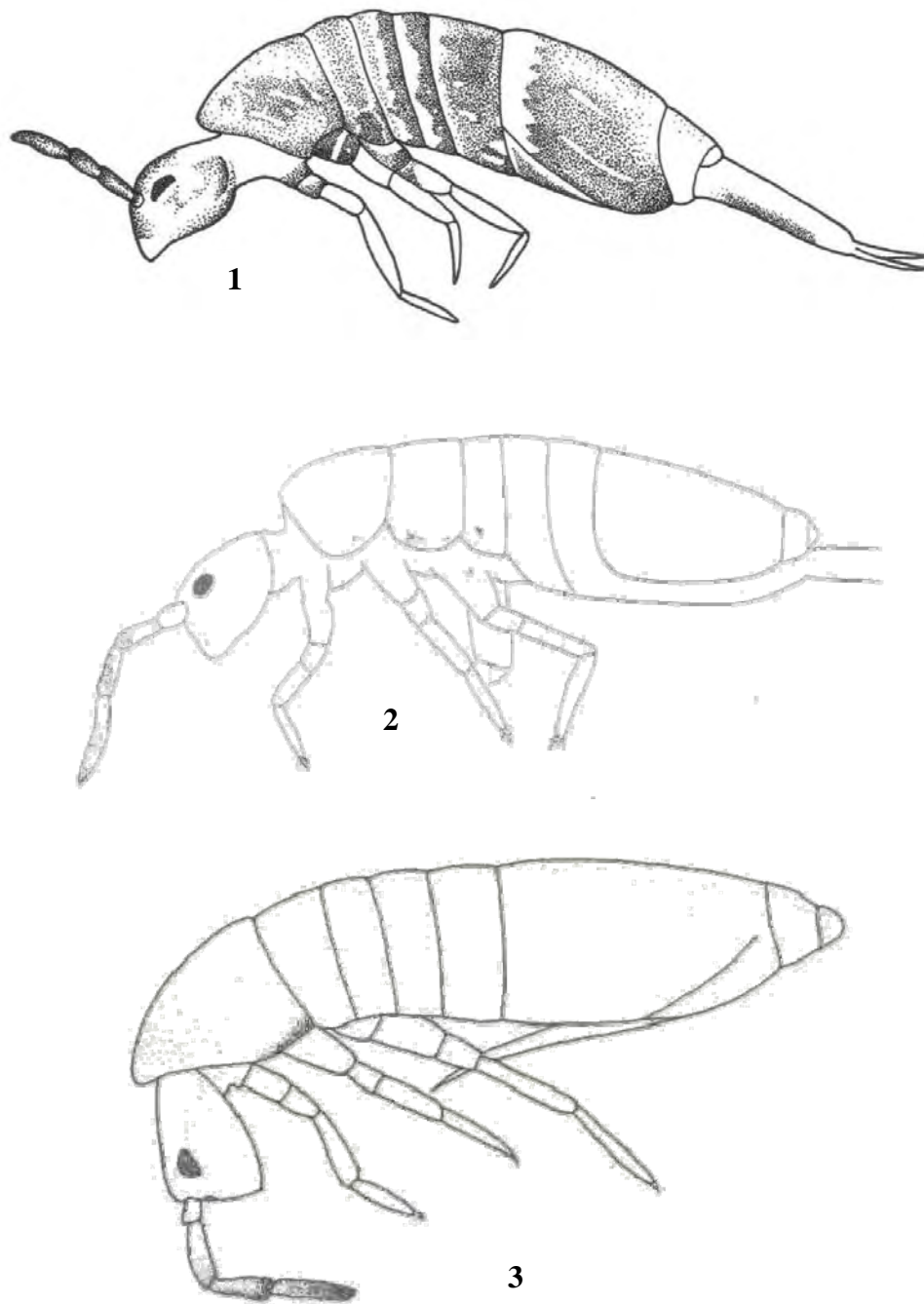


Fig. 4.7 – **Familia Entomobryidae**: 1- *Lepidocyrtus sp. nov.*; 2- *Lepidocyrtus lepargus* (Mari Mutt, 1986a); 3- *Lepidocyrtus nigrosetosus*.

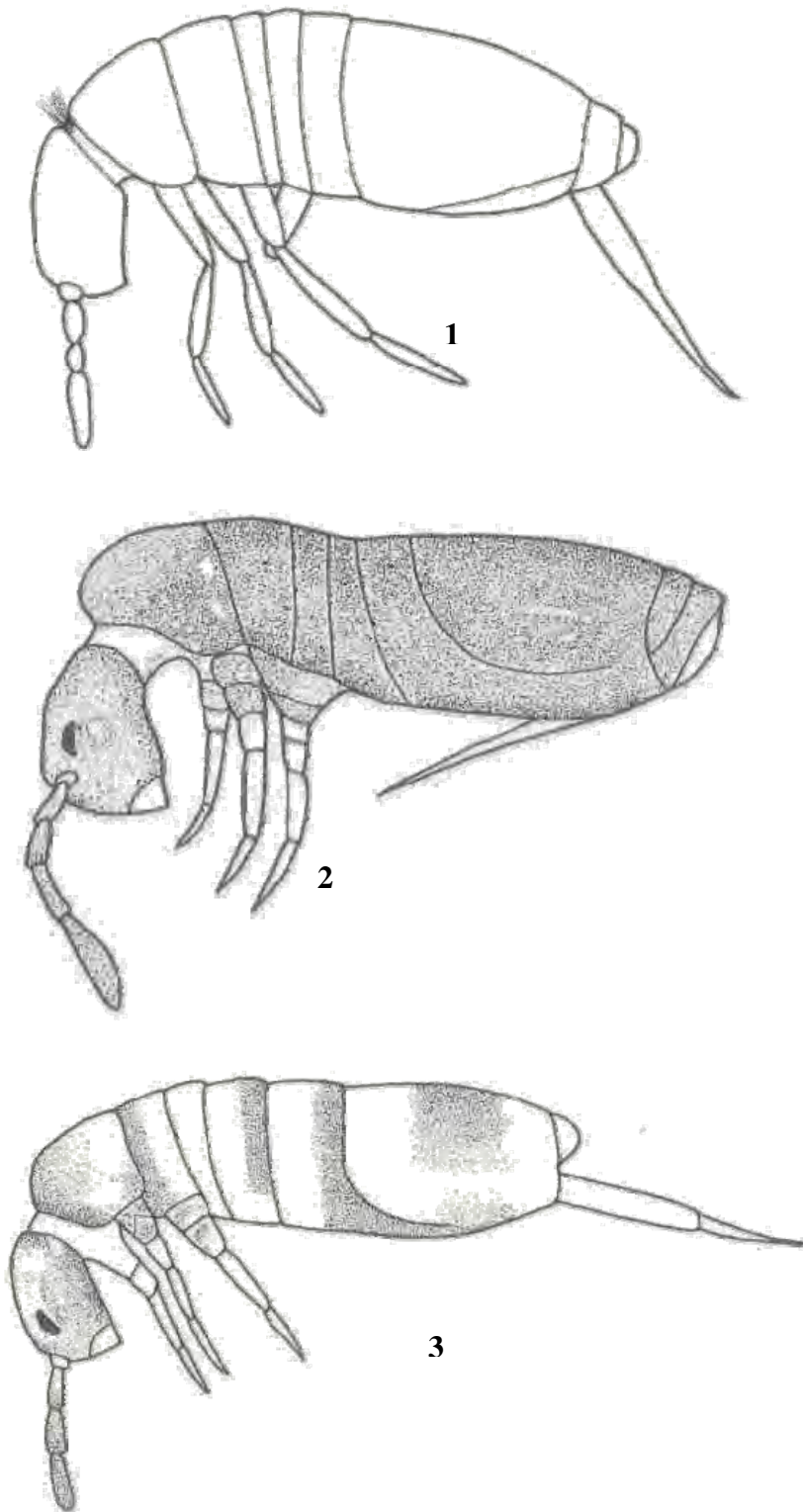


Fig 4.8 – **Entomobryidae**: 1- *Pseudosinella biunguiculata*; 2- *Pseudosinella lahainaensis*; 3- *Pseudosinella violeta*.

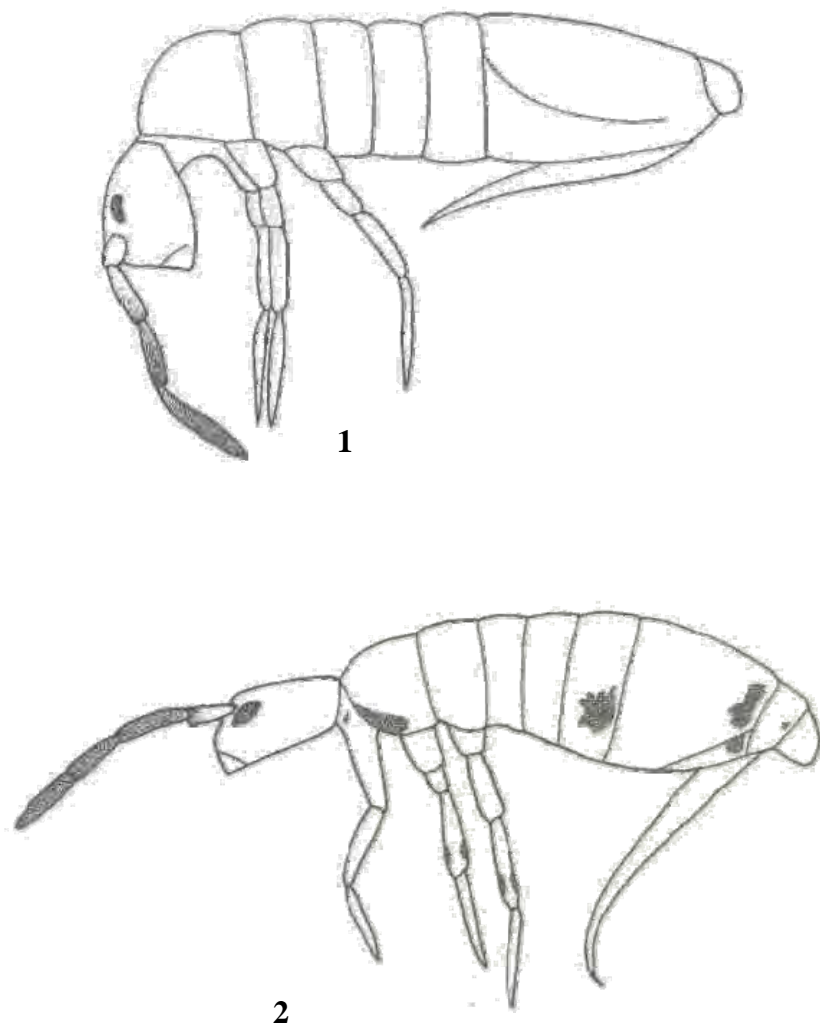


Fig. 4.9 - **Familia Entomobryidae**: 1- *Seira blanca*; 2- *Seira brasiliiana*.

4.2.3 Familia Paronellidae

Salina

Salina tristani (Fig. 4.10-2) carece de escamas y tiene un mucrón compacto con cuatro dientes, contrario a *S. wolcottii* que posee un mucrón alargado, curvo distalmente y bidentado (Folsom, 1927). Esta especie se ha reportado de las regiones 24a y 24b (Fig. 4.1).

Campylothorax

Campylothorax sabanus es la única especie de este género en la isla y se distingue por poseer una joroba en el metatórax. Se diferencia fácilmente de *Salina* por su tamaño, morfología y coloración (Fig. 4.10-1 y 4.10-2). Al igual que *S. tristani*, *C. sabanus* habita las regiones 24a y 24b (Fig. 4.1).

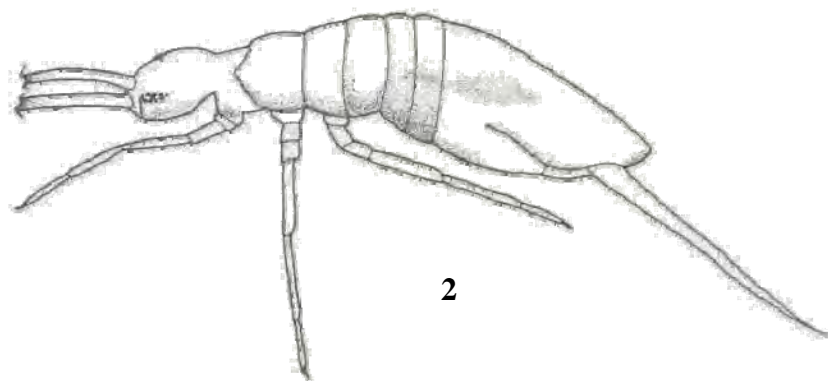
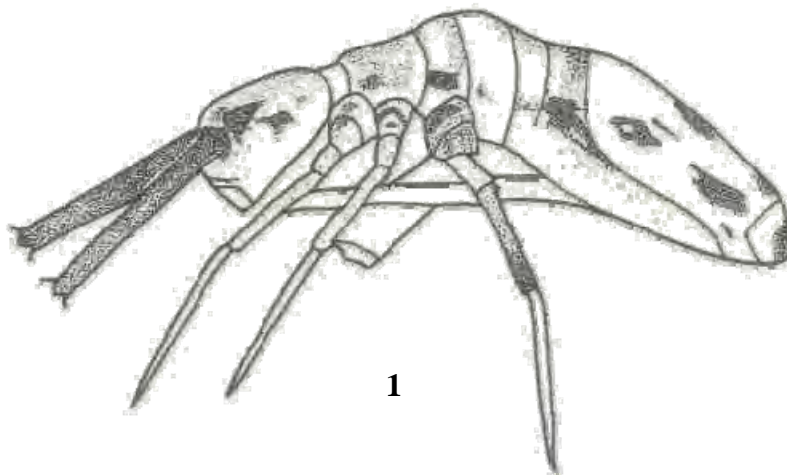


Fig. 4.10– **Familia Paronellidae**: 1- *Campylothorax sabanus*; 2- *Salina tristani*.

4.2.4 Familia Cyphoderidae

Las dos especies del género *Cyphoderus* reportadas de Puerto Rico fueron descritas por Folsom (1927). En este trabajo se encontró a *C. similis*, que se distingue de *C. inaequalis* por tener dos dientes en el mucrón en vez de cuatro o más. *Cyphoderus similis* (Fig.4.11) se encuentra en las regiones 6-8, 12, 20, 24a, 24b, 26 y 29 (Fig. 4.1).

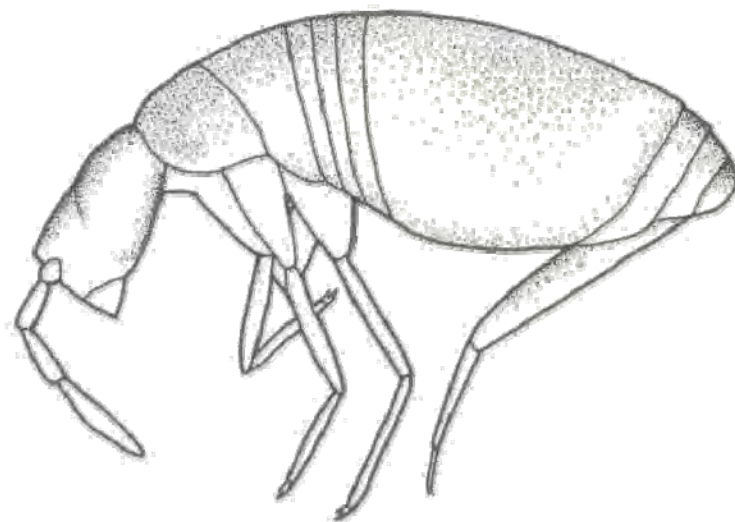


Fig. 4.11 - **Familia Cyphoderidae:** *Cyphoderus similis*.

4.3 Orden Symphypleona

4.3.1 Familia Sminthuridae

Calvatomina

El género *Calvatomina* se distingue de *Dicyrtoma* por tener túnica sobre la uña y porque su pseudoniquia está más desarrollada.

Calvatomina nymphascopula se colectó por primera vez en isla de Mona (Soto-Adames, 1988a), aquí se informa de varias localidades (Apéndice A) en Puerto Rico. *Calvatomina rossi* difiere de *C. nymphascopula* porque sus patas metatorácicas carecen de sedas modificadas, la distancia entre los dientes internos de sus uñas es mayor, y por la presencia de cilios en su apéndice anal. Ambas especies exhiben diseños complejos en coloración (Fig. 4.12-2, 3), de tonalidad violeta y ámbar en *C. rossi* y de color pardo en *C. nymphascopula* (Soto-Adames, 1988a). *Calvatomina discolor* se distingue fácilmente de las especies anteriores porque su patrón de coloración es pardo, con una mancha en forma de J invertida a cada lado del abdomen (Fig. 4.12-1). *Calvatomina nymphascopula* se ha reportado de las regiones 24a y 24b, mientras que *C. discolor* y *C. rossi* fueron reportadas de las regiones 28 y 27 respectivamente (Fig. 4.1).

Las especies nuevas de *Calvatomina* se parecen a *C. rufescens* (Reuter, 1890) en los caracteres quetotácicos, pero sus patrones de coloración varían grandemente, por lo que podrían representar un complejo de especies crípticas.

Dicyrtoma

Dicyrtoma mangle sólo ha sido colectada en hojarasca de mangle rojo en el Parque Colón de Aguadilla. En esta ocasión se colectó un individuo con la coloración típica de manchas azules o pardas sobre una base amarilla (Soto-Adames, 1988a).

Collophora

Collophora quadrioculata (Fig. 4.13-5) es la única especie conocida de este género en Puerto Rico (Mari Mutt, 1977, 1982). La misma se distingue por tener 4+4 ocelos, el cuarto artejo antenal con 3 a 5 subartejos, el órgano trocanteral colocado en una depresión circular, y el quinto segmento abdominal fusionado con el resto del abdomen. Los ejemplares exhiben un color gris claro con gránulos marrón claro, el tercer artejo antenal no está agrandado y la uña de la pata trasera tiene una túnica transparente. La especie no posee sedas espiniformes cefálicas y el apéndice subanal femenino puede variar apicalmente desde redondo hasta ligeramente bifurcado (Christiansen y Bellinger, 1980). *Collophora quadrioculata* se conoce de las regiones 8, 24a y 24b (Fig. 4.1).

Sminthurides

El género *Sminthurides* (Fig. 4.13-4) posee órganos tibiotarsales y seda mucronal. Los machos tienen órganos prensiles en los artejos antenales 2 y 3, los cuales utilizan para agarrarse a las antenas de la hembra durante el apareamiento (Christiansen y Bellinger, 1980).

Sphaeridia

Contrario a *Sminthurides*, el género *Sphaeridia* (Fig. 4.13-2, 3) carece de órganos tibiotarsales y de seda mucronal. Los machos posee órganos prensiles en los artejos

antenas 2 y 3, pero son más simples que en *Sminthurides* (Christiansen y Bellinger, 1980).

Stenognathriopes

Stenognathriopes (Fig. 4.13-1) posee “*tenent hairs*” ensanchados y de forma clavada. Las especies carecen de seda pretarsal y el cuarto artejo antenal tiene 14 subartejos (Palacios-Vargas y Vázquez, 1997).

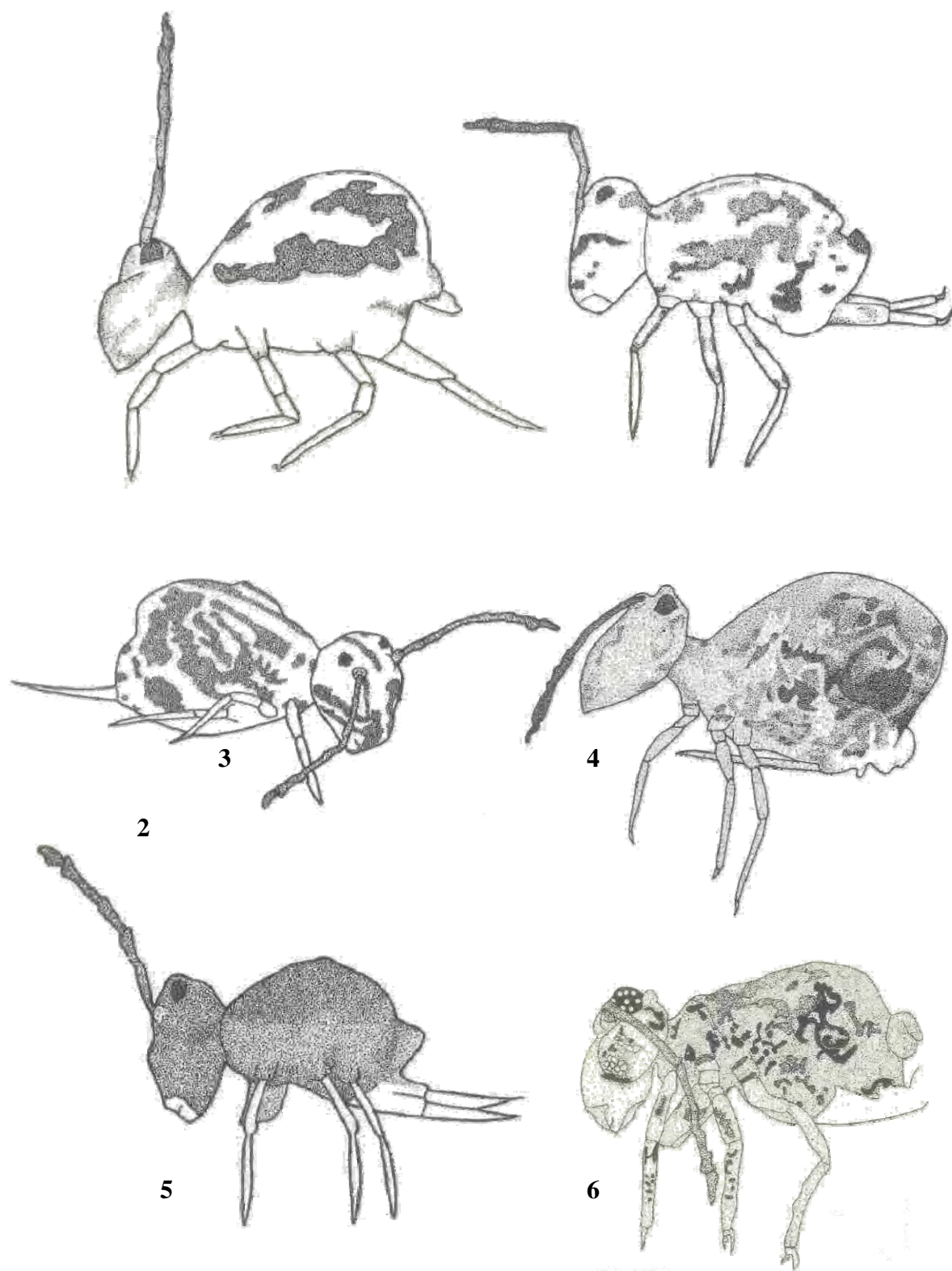


Fig. 4.12 - **Familia Sminthuridae**: 1- *Calvatomina discolor*; 2- *Calvatomina* sp. cf. *rossi*; 3- *Calvatomina nymphascopula*; 4- *Calvatomina* sp. nov. 1; 5- *Calvatomina* sp. nov. 2; 6- *Dicyrtoma mangle* (Soto-Adames, 1988).

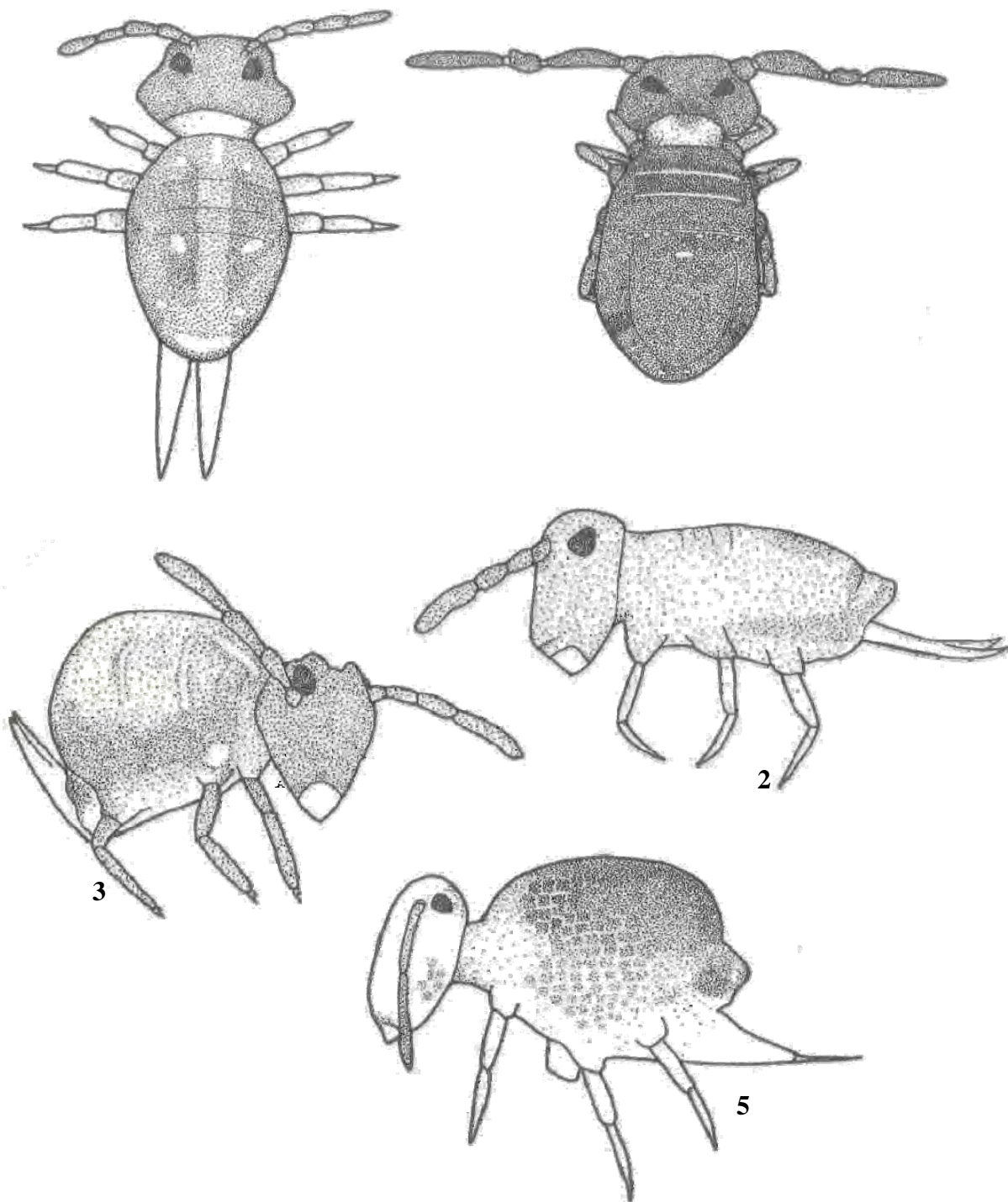


Fig. 4.13 - **Familia Sminthuridae**: 1- *Stenognathriopes* sp.nov. ; 2- *Sphaeridia* sp. nov., 3- *Sphaeridia* sp.; 4- *Sminthurides* sp. nov.; 5- *Collophora quadrioculata*.

4.4 Colémbolos marinos y terrestres

Como las áreas de muestreo seleccionadas para este estudio están en la orilla del mar, era de esperarse que la mayoría de las especies colectadas pertenecieran a grupos adaptados morfológicamente a ambientes acuáticos. Sin embargo, el 71 % de las especies colectadas se conocen de hábitculos terrestres y no presentan adaptaciones morfológicas particulares. Los manglares crean gradientes (ecotonos) entre el ambiente terrestre y el marino por lo cual el hallazgo de colémbolos terrestres en este lugar no es particularmente sorprendente. Algunas de estas especies (*B. agrosa*, *C. thermophilus*, *L. nigrosetosus*, *S. tristani* y *S. brasiliana*) son comunes en prácticamente todas las elevaciones a través de la Isla. Otras (*C. sabanus*, *F. parvulus* y *P. violeta*) son comunes en toda la isla en hojarasca húmeda de bosque, pero no se habían colectado a nivel del mar. La presencia de colémbolos terrestres en los manglares puede explicarse por la cercanía del área de muestreo a hábitculos terrestres, la transportación de organismos por la escorrentía o por otros organismos, y la posibilidad de que estos colémbolos formen parte de la fauna del manglar pero que no habían sido detectados como tales hasta ahora.

4.5. Biodiversidad

Las localidades 19, 22 y 23 mostraron la mayor diversidad entre todos los índices (Alpha, Margalef, Shannon-Weiner y Simpson) y las tres corresponden a manglares estuarinos. La prueba Mann-Whitney apoya estos resultados, confirmando que estos manglares poseen una mayor diversidad que los manglares de borde. Varios factores, como por ejemplo una menor salinidad, pueden contribuir a la mayor diversidad en el

manglar estuarino pues el flujo de agua dulce en estos manglares podría proveer un ambiente propicio para las especies que tienen poca o ninguna tolerancia a la salinidad. En los manglares estuarinos también se observó una acumulación mayor de hojarasca debido a la poca perturbación por el oleaje. La presencia prolongada de hojarasca permite el aumento poblacional de los organismos. La suma de especies terrestres a la diversidad de los manglares podría atribuirse a que los mismos llegan con la corriente de agua proveniente de tierra adentro.

La falta de relación entre la extensión del bosque de mangle y la cantidad de especies podría deberse a que el esfuerzo de muestreo no fue proporcional al tamaño del manglar, y/o a que el área de muestreo en cada localidad se limitó a dos metros a partir de la orilla del agua. La asíntota estimada para la curva de acumulación de especies, cuyo valor fue de 48, supera levemente el valor máximo de especies (44) encontradas en este muestreo. Según este resultado, el estudio se acercó a la colección total de colémbolos asociados al mangle rojo. No se pueden generalizar estos resultados a la población total de colémbolos en los manglares de Puerto Rico porque los mismos incluyen otras tres especies de mangle (*Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*) que no se consideraron en este estudio.

5. Conclusión

El 38 % de los colémbolos conocidos de Puerto Rico se encontraron en hojarasca de mangle rojo en las costas de la isla. Este número incluye tanto colémbolos marinos como terrestres.

El 36 % de los colémbolos hallados representan reportes nuevos o especies nuevas; debe haber más especies por descubrir debido a que cada localidad fue visitada en una ocasión, sin considerar posibles variaciones estacionales.

Los nuevos reportes de colémbolos para Puerto Rico habían sido colectados en la región del Caribe, indicativo de que su hallazgo se dio gracias al esfuerzo adicional y la búsqueda específica al manglar. Las excepciones fueron las especies *Calvatomina discolor*, de la región de los Andes, y *Calvatomina rossi*, de América del Norte.

Las localidades que demostraron mayor diversidad fueron aquellas asociadas a desembocaduras de ríos, donde el nivel de salinidad y de perturbación, además de la mayor acumulación de hojarasca, pudo haber propiciado la presencia de más especies.

6. Recomendaciones

Los estudios futuros podrían explorar estos temas:

- modificaciones morfológicas y fisiológicas de los colémbolos en lugares acuáticos e hipersalinos
- muestreos en áreas cubiertas por agua
- muestreos que incluyan las demás especies de mangles en Puerto Rico
- muestreos durante otros periodos del año
- variaciones en la composición de la comunidad de colémbolos en el manglar según los muestreos se alejan de la orilla del agua

Literatura Citada

- Arlé, R. 1970. Una nova espécie de *Onychiurus* (Collembola – Onychiuridae) de ocorrência periódica em Belém (Pará). *Boletim Museu Paraense Emilio Goeldi*, 72:1-12.
- Banasco Almentero, J. 1987. Colémbolos en suelos cultivados de Cuba. En *Noveno Congreso Internacional de Zoología del Suelo*, Moscú, 1985. Nauka Moscú, p. 618-621.
- Bellinger, P.F. 1985. A new Family of Collembola (Arthropoda, Tracheata). *Caribbean Journal of Science*, 21: 117-123.
- Betsch, J. M. y B.A. Lasebikan. 1979. Collemboles du Nigérie, I. *Stenognathriopes*, un nouveau genre de Symphypléones. *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 84:165-170.
- Christiansen, K. 1964. Bionomics of Collembola. *Annual Review of Entomology*, 9:147-178.
- Christiansen, K., y P. Bellinger. 1980. The Collembola of North America north of the Rio Grande, a taxonomic analysis. Grinnell College, Grinnell, Iowa. 1322 pp.
- Christiansen, K., y P. Bellinger. 1988. Marine littoral Collembola of North and Central America. *Bulletin of Marine Science*, 42: 215-245.
- Christiansen, K., y P. Bellinger. 1995. The biogeography of Collembola. *Bulletin Entomologique de Pologne*, 64: 279-294.
- Christiansen, K., y F. Janssens. 2005. Checklist of the Collembola: Key to the Species of *Pseudosinella*. <http://www.collembola.org/key/pseudosi.htm>
- Christiansen, K., y G. Luther. 1986. Two new species of Hawaiian *Pseudosinella* (Collembola: Entomobryomorpha). *Pan-Pacific Entomology*, 49:389-395.
- Colwell, R.K. 2004. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples Version 7. Guía de usuario y programa publicados en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
- Culik, M.P., y D.F. Zeppelini. 2003. Diversity and distribution of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) of Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 2: 1119-1143.
- da Gama, M. M. 1976. Systématique évolutive des Xenylla. Espèces provenant de plusieurs îles du Pacifique et des régions d'Afrique, d'Asie et d'Amérique du Nord (Insecta: Collembola). *Revue Suisse de Zoologie*, 83: 317-327.

da Gama, M. y L. Deharveng. 1984. *Haloxenylla*, nouveau genre halophile de Collembola Hypogastruridae. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle.*, 120:131-136.

Dexter, R. W. 1943. *Anurida maritima*: an important seashore scavenger. *Journal of Ecological Entomology*, 3: 797.

Díaz Azpiazu, M., González Cairo, V., Palacios-Vargas, J.G., y M. J. Lucianez Sánchez. 2004. Clave dicótoma para la determinación de los Colémbolos de Cuba (Hexapoda, Collembola). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 34:73-83.

Eisenbeis, G. 1982. Physiological absorption of liquid water by Collembola: absorption by the ventral tube at different salinities. *Journal of Insect Physiology*, 28: 11-20.

Fjellberg, A. 1998. The Collembola of Fennoscandinavia and Denmark, Part I, Poduromorpha. *Fauna Entomologica Scandinavica*, 35:1-184.

Folsom, J. W. 1900. The development of the mouth-parts of *Anurida maritima*. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 36: 87-157.

Folsom, J. W. 1927. Insects of the Subclass Apterygota from Central America and the West Indies. *Proceedings U.S. National Museum*, 72:1-16.

Ghiradella, H., y E. Radigan. 1974. Collembola cuticle: wax layer and antiwetting properties. *Journal of Insect Physiology*, 20: 301-306.

Glynne-Williams, J. y J. Honart. 1952. Studies on the crevice fauna of a selected shore in Anglesey. *Proceedings of Zoological Society of London*, 122: 797-825.

Good, R. 1974. The geography of the flowering plants, ed. 4ta. Longmans, London. 557 pp.

Greenslade, P. J. 1991. Collembola. En *The Insects of Australia. A Textbook for Students and Research Workers*, ed. 2da. CSIRO, 252-264. Carlton, Australia: Melbourne University Press.

Greenslade, P., y L. Deharveng. 1986. *Psammisotoma*, a new genus of Isotomidae (Collembola) from marine littoral habitats. *Proceedings of The Royal Society of Queensland*, 97: 89-95.

Gruia, M. 1983. Résultats des expéditions biospéologiques cubano-roumaines á Cuba. *Editura Acedemiei Republicii Socieliste România*, 191-205.

Heatwole, H. y R. Levins. 1973. Biogeography of Puerto Rican Bank: Species-turnover on a small cay, Cayo Ahogado. *Ecology*, 54: 1042-1055.

Imms, A. D. 1906. *Anurida*. *Liverpool Marine Biology Committee*, 13: 1-99.

Joosse, E. N. G. 1966. Some observations on the biology of *Anurida maritima* (Guérin), (Collembola). *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere*, 57: 320-328.

Jordana R. 1997. New habitat for a species of *Axelsonia* Börner, 1907. *Pedobiologia*, 41: 1-3.

Magurran, A.E. 1998. Ecological Diversity and its Measurement. Cambridge University Press, Princeton, New Jersey, 179 pp.

Manh Vu, Q., y T. T. Nguyen. 2000. Microarthropod community structures (Oribatei and Collembola) in Tam Dao National Park, Vietnam. *Journal of Bioscience*, 25: 379-386.

Manzano, M. 1990. Algunas especies de Collembola (Insecta) como agentes detritívoros del manglar. *Boletín Ecotropical*, 21: 23-28.

Mari Mutt, J. A. 1977. Nine new records of Collembola (Insecta) from Puerto Rico and the first record of the order from Tortola (British West Indies). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 61:405-408.

Mari Mutt, J. A. 1979. A revision of the genus *Dicranocentrus* Schött (Insecta: Collembola: Entomobryidae). *University of Puerto Rico, Agricultural Experiment Station, Bulletin 259*, 79 pp.

Mari Mutt, J. A. 1981. Redescription of *Willowsia jacobsoni* (Börner), an entomobryid with conspicuous sexual dimorphism (Insecta: Collembola). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 65: 361-373.

Mari Mutt, J. A. 1982. Observaciones preliminares sobre la distribución geográfica de los colémbolos de Puerto Rico (Insecta). *Caribbean Journal of Science*, 18:29-34.

Mari Mutt, J. A. y M. M. Gruia. 1983. A revision of the genus *Metasinella* Denis (Collembola: Entomobryidae). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 67: 121-147.

Mari Mutt, J. A. 1984. Una nueva especie de *Oncopodura* de Puerto Rico (Collembola: Oncopoduridae). *Caribbean Journal of Science*, 20: 163-167.

Mari Mutt, J. A. 1985a. A new species of *Heteromurus* from Puerto Rico (Collembola: Entomobryidae). *Entomological News*, 96: 145-147.

Mari Mutt, J. A. 1985b. Two new species of *Dicranocentrus* from Puerto Rico and the Dominican Republic (Collembola: Entomobryidae). *Caribbean Journal of Science*, 21: 105-110.

- Mari Mutt, J. A. 1986a. Puerto Rican species of *Lepidocyrtus* and *Pseudosinella* (Collembola: Entomobryidae). *Caribbean Journal of Science*, 22: 1-48.
- Mari Mutt, J. A. 1986b. Puerto Rican species of *Seira* (Collembola: Entomobryidae). *Caribbean Journal of Science*, 22:145-158.
- Mari Mutt, J. A. 1987. Puerto Rican species of Paronellidae (Insecta: Collembola). *Caribbean Journal of Science*, 23: 400-416.
- Mari Mutt, J. A. 1988. Two new species of *Lepidocyrtus* from Puerto Rico and descriptive notes for *L. ramosi* Mari Mutt (Collembola: Entomobryidae). *Caribbean Journal of Science*, 24: 197-200.
- Mari Mutt, J.A., y P.F. Bellinger. 1990. A catalog of the Neotropical Collembola, including Nearctic areas of Mexico. Gainesville, Florida: Sandhill Crane Press, 237 pp.
- Massoud, Z. 1971. Un element caractéristique de la pedofaune: les Collemboles. En *La Vie dans les Sols: Aspects Nouveaux, Etudes Expérimentales*, ed. P. Pesson, 337-388.
- Migliorini, M., Fanciulli, P. P., y F. Bernini. 2003. Comparative analysis of edaphic zoocoenoses (Acari Oribatida; Hexapoda Collembola) in the area of Orio al Serio Airport (Bergamo, Northern Italy). *Pedobiologia*, 47: 9-18.
- Murphy, D. H. 1965. Collembola Poduromorpha from the Gambia (West Africa). *Journal of Zoology*, 146: 388-411.
- Murphy, D. H. 1971. Revision of the tropical marine littoral genus *Pseudanurida* Schött (Collembola: Pseudachorutinae). *Pacific Insects*, 13:49-63.
- Noble-Nesbitt, J. 1963. A site of water and ionic exchange with the medium in *Podura aquatica* L. (Collembola, Isotomidae). *Journal of Experimental Biology*, 40: 701-711.
- Palacios-Vargas, J. G. 1986. Aspectos taxonómicos y ecológicos de dos especies mexicanas de *Hypogastrura* (Collembola: Hypogastruridae). *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México Serie Zoología*, 56: 39-46.
- Palacios-Vargas, J. G., y M. Díaz. 1995. Survey of the Onychiuridae (Collembola) from the Neotropical Region. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México*, 66:165-180.
- Palacios-Vargas, J. G., y M. M. Vázquez. 1997. A new subgenus of Bourletiellidae (Collembola) from Quintana Roo Mexico. *Florida Entomologist*, 80: 285-288
- Palacios-Vargas, J. G., Cutz, L. Q., y C. Maldonado. 2000. Redescription of the male of *Coenaletes caribaeus* (Collembola: Coenaletidae) associated with hermit crabs

- (Decapoda; Coenobitidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 93: 194-197.
- Peck, S. B. 1974. The invertebrate fauna of tropical American Caves, Part II: Puerto Rico, an ecological and zoogeographic analysis. *Biotropica*, 6:14-31.
- Reuter, O. M. 1890. Collembola in caldariis viventia enumeravit novasque species descripsit. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica*, 17:17-28.
- Rice, K. G., Dove, A. D., Crockett, M. E., y J. H. Waddle. 2002. Inventory and monitoring of the amphibians and reptiles of Biscayne National Park. U.S. Geological Survey Greater Everglades Science Program: 2002 Biennial Report. 23-54.
- Rojas-Morales, J. R., Pizarro-Bustos, J. F., y M. Castro- Villalobos. 1994. Diversidad y abundancia íctica en tres áreas de manglar en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 42: 663-672.
- Schreiber, R. F. y G. Eisenbeis. 1985. The uptake of organic molecules by the ventral tube of *Tomocerus flavescens* (Tullberg, 1871) (Insecta: Collembola). *Journal of Insect Physiology*, 31: 59-70.
- Soto-Adames, F. N. 1988a. Nuevos dicirtómidos de Puerto Rico (Insecta: Collembola: Dicyrtomidae). *Caribbean Journal of Science*, 24: 60-70.
- Soto-Adames, F. N. 1988b. Revisión de la familia Actaletidae Börner, 1902 (Insecta: Collembola). *Caribbean Journal of Science*, 24: 161-196.
- Soto-Adames, F. N. 2000. Phylogeny of Neotropical *Lepidocyrtus* (Collembola: Entomobryidae): first assessment of patterns of speciation in Puerto Rico and phylogenetic relevance of some subgeneric diagnostic characters. *Systematic Entomology*, 25: 485-502.
- Soto-Adames, F. N. 2002. Four new species and new records of springtails (Hexapoda: Collembola) from the U.S. Virgin Islands and Puerto Rico, with notes on the chaetotaxy of *Metasinella* and *Seira*. *Caribbean Journal of Science*, 38:77-105.
- Spalding, M. D., Blasco, F., y C. D. Field. 1997. World Mangrove Atlas. Okinawa, Japan: The International Society for Mangrove Ecosystems. 178 pp.
- Strenzke, K. 1958. *Axelsonia tubifera* n. sp., ein neuer arthropleoner Collembole mit Geschlechtsdimorphismus aus der brasilianischen Mangrove. *Acta Zoologica Cracoviensia*, 26: 1-12.
- Tamm, J. C. 1984. Surviving long submergence in the egg stage- a successful strategy of terrestrial arthropods living on flood plains (Collembola, Acari, Diptera). *Oecologia* (Berl.), 61: 417-419.

Tamm, J. C. 1986. Temperature-controlled under-water egg dormancy and postflood hatching in *Isotoma viridis* (Collembola) as forms of adaptation to annual long-term flooding. *Oecologia* (Berl.), 68: 241-245.

Thibaud, J. M. 1993. Les Collemboles de petites Antilles V.I. interstitiels terrestres et marines. *Revue française d'Entomologie*, 15: 69-80.

Thibaud, J. M., y E. Christian, 1997. Biodiversity of interstitial Collembola (Insecta) in sand sediments. *European Journal of Soil Biology*, 33:123-127.

Velásquez, E. 1990. Programa de manejo de la zona costanera de Puerto Rico. Hoja Informativa del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, Oficina de Educación y Publicaciones del DRNA.

Villafañe, J. E. 1988. Rasgos costaneros de Puerto Rico. Hoja Informativa del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, Oficina de Educación y Publicaciones del DRNA.

Warkentin, I. G., y D. A. Hernández-Esquivel. 1995. Avifaunal composition of a Costa Rican mangrove forest during the boreal winter. *Vida Silvestre Neotropica*, 4: 140-143.

Whalley, P., y E. A. Jarzembowski. 1981. A new assessment of *Rhyniella*, the earliest insect, from the Devonian of Rhynie, Scotland. *Nature*, 291: 317.

Witteveen, J., Verhoef, H. A., y J. P. W. Letschert. 1987. Osmotic and ionic regulation in marine littoral Collembola. *Journal of Insect Physiology*, 33: 59-66.

Wolcott, G. N. 1950. The insects of Puerto Rico. *Journal of Agriculture of University of the Puerto Rico*, 32:1-975.

Wray, D. L. 1953. New Collembola from Puerto Rico. *Journal of Agriculture of University of the Puerto Rico*, 37:140-150.

Apéndice A

Lista de especies colectadas en cada localidad.

Especies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Willowsia jacobsoni</i>										x					x
<i>Xenylla malayana</i>															
<i>Xenylla welchi</i>													x		

Apéndice B

Lista de los colémbolos de Puerto Rico

Orden	Familia	Género	Especie	Reportado en P.R.	
Poduromorpha	Hypogastruridae	<i>Ceratophysella</i>	<i>denticulata</i>	Mari Mutt, 1982	
		<i>Paraxenylla</i>	<i>affiniformis</i>	presente trabajo	
		<i>Xenylla</i>	<i>grisea</i>	Heatwole y Levins, 1973	
			<i>malayana</i>	presente trabajo	
			<i>portoricensis</i>	da Gama, 1976	
			<i>welchi</i>	Wolcott, 1950	
			<i>yucatanana</i>	da Gama, 1976	
	Brachystomellidae	<i>Brachystomella</i>	<i>agrosa</i>	Wray, 1953	
			<i>baconensis</i>	presente trabajo	
	Friesidae	<i>Friesea</i>	<i>josei</i>	Palacios-Vargas, 1986	
			<i>magnicornis</i>	Palacios-Vargas, 1986	
	Neanuridae	<i>Arlesia</i>	<i>albipes</i>	Mari Mutt, 1977	
		<i>Neotropiella</i>	<i>silvestri</i>	Mari Mutt, 1977	
		<i>Pseudachorutes</i>	<i>parvulus</i>	presente trabajo	
		<i>Pseudanurida</i>	<i>sawayana</i>	Christiansen y Bellinger, 1988	
		<i>Paranura</i>	<i>nr. anops</i>	Mari Mutt, 1982	
			<i>nr. quadrilobata</i>	Mari Mutt, 1982	
			<i>Neanura</i>	<i>nr. illina</i>	Mari Mutt, 1982
	Onychiuridae	<i>Onychiurus</i>	<i>cunhai</i>	presente trabajo	
			<i>subcadaverinus</i>	Mari Mutt 1982	
		<i>Protaphorura</i>	<i>nr. encarpata</i>	Mari Mutt 1982	
			<i>nr. hera</i>	Palacios-Vargas y Díaz, 1995	
Entomobryomorpha	Isotomidae	<i>Archisotoma</i>	<i>gourbaultae</i>	Christiansen y Bellinger, 1988 (como interstitialis)	

Orden	Familia	Género	Especie	Reportado en P.R.
		<i>Axelsonia</i>	<i>tubifera</i>	presente trabajo
		<i>Cryptopygus</i>	<i>thermophilus</i>	Mari Mutt 1977, 1982
		<i>Folsomia</i>	<i>candida</i>	Peck, 1974
			<i>sylvia</i>	Wray, 1953; Mari Mutt 1982
		<i>Folsomides</i>	<i>centralis</i>	presente trabajo
			<i>parvulus</i>	Mari Mutt 1977, 1982
		<i>Isotomiella</i>	<i>minor</i>	Wray, 1953; Mari Mutt 1982
		<i>Psammisotoma</i>	<i>dispar</i>	presente trabajo
	Actaletidae	<i>Spinactaletes</i>	<i>bellingeri</i>	Soto-Adames, 1988b
			<i>calcalectoris</i>	Soto-Adames, 1988b
			<i>myoptesimus</i>	Soto-Adames, 1988b
	Entomobryidae	<i>Dicranocentrus</i>	<i>celatus</i>	Mari Mutt, 1985b
			<i>marias</i>	Wray, 1953; Mari Mutt 1979, 1982
		<i>Heteromurus</i>	<i>puertoricensis</i>	Mari Mutt, 1979
			<i>tihuiensis</i>	Mari Mutt, 1985a
		<i>Calx</i>	<i>cubensis</i>	Mari Mutt, 1986b; Soto-Adames, 2002
		<i>Entomobrya</i>	<i>longiseta</i>	Soto-Adames, 2002
		<i>Willowsia</i>	<i>jacobsoni</i>	Mari Mutt, 1981
		<i>Seira</i>	<i>blanca</i>	Mari Mutt, 1986b; Soto-Adames, 2002
			<i>brasiliana</i>	Mari Mutt, 1986b
			<i>dowlingi</i>	Mari Mutt, 1986b
			<i>steinmetzi</i>	Mari Mutt, 1986b
			<i>desapercibida</i>	Soto-Adames, 2002
		<i>Lepidocyrtus</i>	<i>caprilesi</i>	Wray, 1953; Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000
			<i>biphasis</i>	Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000
			<i>diminutus</i>	Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000

Orden	Familia	Género	Especie	Reportado en P.R.
			<i>dispar</i>	Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000
			<i>distintus</i>	Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000
			<i>fimicolus</i>	Mari Mutt, 1989; Soto-Adames, 2000
			<i>griseolus</i>	Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000
			<i>ianthinus</i>	Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000
			<i>lepargus</i>	Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000
			<i>maldonadoi</i>	Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000
			<i>nigrosetosus</i>	Folsom, 1927; Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000
			<i>paracaprilesi</i>	Mari Mutt, 1989; Soto-Adames, 2000
			<i>ramosi</i>	Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000
			<i>sp. nov.</i>	presente trabajo
			<i>vireticulus</i>	Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000
		<i>Pseudosinella</i>	<i>biunguiculata</i>	Mari Mutt, 1987; Soto-Adames, 2000
			<i>lahainaensis</i>	presente trabajo
			<i>violeta</i>	Mari Mutt, 1986a; Soto-Adames, 2000
		<i>Sulcuncus</i>	<i>borincana</i>	Mari Mutt y Gruia, 1983
			<i>coralia</i>	Mari Mutt y Gruia, 1983
			<i>rapoportii</i>	Mari Mutt y Gruia, 1983
			<i>subfusa</i>	Wray, 1953
	Paronellidae	<i>Campylothorax</i>	<i>sabanus</i>	Wray, 1953; Mari Mutt, 1988
		<i>Trogolaphysia</i>	<i>geminata</i>	Mari Mutt, 1988
			<i>jataca</i>	Wray, 1953
			<i>luquillensis</i>	Mari Mutt, 1988
			<i>riopedrensis</i>	Mari Mutt, 1988
			<i>subterranea</i>	Mari Mutt, 1988
		<i>Lepidonella</i>	<i>incerta</i>	Mari Mutt, 1986
		<i>Salina</i>	<i>tristani</i>	Mari Mutt, 1988

Orden	Familia	Género	Especie	Reportado en P.R.	
			<i>wolcottii</i>	Folsom, 1927; Mari Mutt, 1982, 1988	
	Cyphoderidae	<i>Cyphoderus</i>	<i>inaequalis</i>	Wolcott, 1950; Mari Mutt, 1982	
			<i>similis</i>	Folsom, 1927	
	Oncopoduridae	<i>Oncopodura</i>	<i>arecibena</i>	Mari Mutt, 1984	
Symphypleona	Sminthuridae	<i>Collophora</i>	<i>quadrioculata</i>	Mari Mutt, 1977, 1982	
		<i>Ptenothrix</i>	<i>borincana</i>	Soto-Adames, 1988a	
		<i>Dicyrtoma</i>	<i>mangle</i>	Soto-Adames, 1988a	
		<i>Calvatomina</i>	<i>discolor</i>	presente trabajo	
			<i>nymphascopula</i>	Soto-Adames, 1988a	
			<i>rufescens</i>	Soto-Adames, 1988a	
				<i>sp. nov. nr. rossi</i>	presente trabajo
				<i>sp. nov. 1</i>	presente trabajo
				<i>sp. nov. 2</i>	presente trabajo
			<i>Sphaeridia</i>	sp. 1	presente trabajo
				sp. 2	
		<i>Sphyrotheca</i>	<i>aleta</i>	Wray, 1953; Soto-Adames, 2002	
		<i>Stenognathriopes</i>	<i>sp. nov.</i>	presente trabajo	
Neelipleona	Neelidae	<i>Neelides</i>	<i>minutus</i>	Mari Mutt, 1982	

Apéndice C

Inventario de manglares de Puerto Rico (Velásquez, 1990).

Manglar	Pueblo	Extensión Cuerdas	Extensión km
Piñones	Loíza	5165.2	20301.3
Ancón	Loíza	11.17	43.9
Río Herrera	Río Grande	439.66	1728.04
Río Espíritu Santo	Río Grande	535.11	2103.2
Punta Picúa	Río Grande	719.91	2829.53
Río Mameyes	Río Grande	128.95	506.83
La Bandera	Luquillo	23.35	91.77
Juan Martín	Luquillo	41.63	163.62
El Convento	Fajardo	57.88	227.49
Laguna Aguas Prietas	Fajardo	55.85	219.51
Laguna Grande	Fajardo	194.95	766.23
La Cordillera	Fajardo	5.08	19.97
Río Fajardo	Fajardo	326.95	1285.04
Bahía Demajagua	Fajardo	176.68	694.42
Puerto Medio Mundo	Ceiba	1258	4944.44
Ensenada Honda	Ceiba	288.37	1133.41
Río Daguao	Ceiba	478.25	1879.71
Bahía Algodones	Ceiba	338.12	1328.95
Bahía Lima	Naguabo	11.17	43.9
Río Santiago	Naguabo	5.08	19.97
Río Blanco	Naguabo	16.25	63.87
Río Antón Ruíz	Humacao	705.69	2773.64
Morrillo	Humacao	10.15	39.89
Litoral de Humacao	Humacao	13.2	51.88
Punta Candelero	Humacao	42.65	167.63
Punta Tuna	Maunabo	13.2	51.88
Punta Guayanes	Yabucoa	62.95	247.42
Punta Viento	Patillas	113.72	446.97
Punta Guilarte y Figuras	Arroyo	24.37	95.78
Las Mareas	Guayama	125.91	494.88
Punta Pozuelo	Guayama	783.88	3080.96
Puerto de Jobos	Guayama	282.28	1109.47
Mar Negro	Salinas	605.17	2378.56
Cayos la Barca y Pajaros	Salinas	185.82	730.35
Punta Arenas	Salinas	162.46	638.53
Cayo Ratones	Salinas	44.68	175.61
Cayo de la Mata	Salinas	59.91	235.47
Bahía de Jauca	Santa Isabel	37.57	147.67
Punta Petrona	Santa Isabel	485.35	1907.62
Punta Cayito	Santa Isabel	20.31	79.83
Playa Cortada	Santa Isabel	77.17	303.31
Cayo Barbería	Santa Isabel	74.12	291.32
Punta Pastillo	Juana Díaz	18.28	71.85

Manglar	Pueblo	Extensión Cuerdas	Extensión km
Capitanejo	Juana Díaz	18.28	71.85
Boca Chica	Juana Díaz	5.08	19.97
Punta Cabullón y C. Frío	Ponce	292.43	1149.37
Caja de Muertos	Ponce	8.28	32.54
La Guancha	Ponce	71.08	279.37
Las Salinas	Ponce	28.43	111.74
Bahía Tallaboa	Peñuelas	141.14	554.74
Bahía Guayanilla	Guayanilla	50.77	199.55
Puerto Guayanilla	Guayanilla	163.48	642.54
Cayos de Caña Gorda	Guánica	128.95	506.83
Faro de Guánica	Guánica	13.2	51.88
Bahía de Guánica	Guánica	66	259.41
Ensenada Los Pardos	Guánica	9.14	35.92
Punta Manglillo	Guánica	6.09	23.94
Bahía Montalva	Guánica	342.18	1344.9
Bahía Fosforescente	Lajas	57.88	227.49
La Parguera	Lajas	1045.8	4110.41
Bahía Sucia	Cabo Rojo	89.35	351.18
Caño Boquerón (Refugio)	Cabo Rojo	98.06	385.42
Bahía de Boquerón	Cabo Rojo	48.74	191.57
Punta Guaniquilla	Cabo Rojo	66	259.41
Punta La Mela	Cabo Rojo	17.26	67.84
Puerto Real	Cabo Rojo	153.32	602.61
Punta Ostiones	Cabo Rojo	246.74	969.79
Joyuda	Cabo Rojo	80.22	315.3
Laguna Joyuda	Cabo Rojo	119.82	470.94
Caño Corazones	Mayagüez	314.77	1237.17
Caño Boquilla	Mayagüez	87.32	343.2
Espinar	Aguada	44.68	175.61
Maleza Alta	Aguadilla	18.28	71.85
Jacinto	Isabela	19.29	75.82
Bajura	Isabela	37.57	147.67
Punta Sardina	Isabela	17.26	67.84
Río Guajataca	Quebradilla	15.23	59.86
Peñón Brusi	Camuy	32.49	127.7
Carrizales	Hatillo	37.57	147.67
Caño Tiburones	Arecibo	346.25	1360.9
Palmas Altas	Barceloneta	75.14	295.33
La Boca	Barceloneta	49.75	195.54
Hacienda La Esperanza	Manatí	10.15	39.89
Tierras Nuevas	Manatí	15.23	59.86
Punta Mar Chiquita	Manatí	19.29	75.82
Cibuco	Vega Baja	398.03	1564.42

Manglar	Pueblo	Extensión Cuerdas	Extensión km
Cerro Gordo	Vega Alta	99.51	391.11
Río La Plata	Vega Alta	46.71	183.59
Mameyal	Vega Alta	67.02	263.42
Río Cocal San Pedro	Toa Baja	422.4	1660.2
Las Cucharillas	Cataño	163.48	642.54
Pueblo Viejo	Guaynabo	116.77	458.95
Río Puerto Nuevo	San Juan	226.43	889.96
Caño Martín Peña	San Juan	210.18	826.09
Laguna San José	San Juan	397.02	1560.45
Boca de Cangrejos	Carolina	489.42	1923.62
Vieques Norte	Vieques	69.05	271.39
Salinas Sur Cayo Conejo	Vieques	12.18	47.87
Ensenada Honda	Vieques	166.52	654.49
Laguna Yanuel	Vieques	23.35	91.77
Bahía Chiva	Vieques	22.34	87.81
Bahía Tapón	Vieques	21.32	83.8
Puerto Ferro	Vieques	66	259.41
Puerto Mosquito	Vieques	91.38	359.16
Playa Laguna Grande	Vieques	64.98	255.4
Punta Arenas	Vieques	139.11	546.76
Flamenco	Culebra	58.89	231.46
Playa Resaca	Culebra	6.09	23.94
Playa Brava	Culebra	35.54	139.69
Cayo Norte	Culebra	2.03	7.98
Playa Larga	Culebra	22.34	87.81
Culebrita	Culebra	3.05	11.99
Puerto del Manglar	Culebra	49.68	195.26
San Idelfonso	Culebra	44.68	175.61
Ensenada del Cementerio	Culebra	8.12	31.91
Ensenada Honda	Culebra	17.26	67.84
Laguna Cornelio	Culebra	4.06	15.96
Mona	Mona	3.05	11.99

Apéndice D

Fotos de manglares muestreados.



Punta Guaniquilla, Cabo Rojo



Boquerón, Cabo Rojo



Caño Boquerón, Cabo Rojo



La Parguera, Lajas



Bahía Montalvo, Guánica



Bahía de Guánica, Guánica



Bahía Tallaboa, Peñuelas



Parque Colón, Aguadilla



Punta Petrona, Santa Isabel



Punta Arenas, Salinas



Mar Negro, Salinas



Bahía Jauca, Santa Isabel



Punta Pozuelo, Guayama



Puerto de Jobos, Guayama



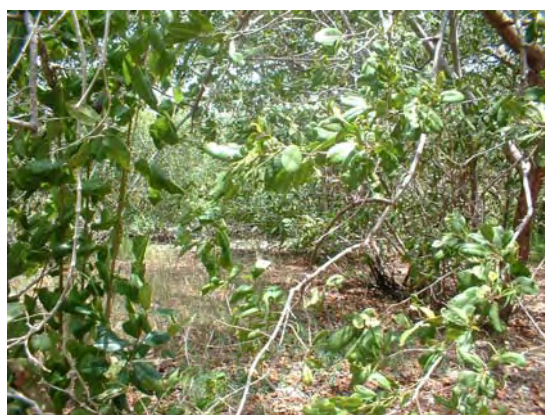
Bahía Demajagua, Fajardo



Puerto Medio Mundo, Ceiba



Bahía Algodones, Naguabo



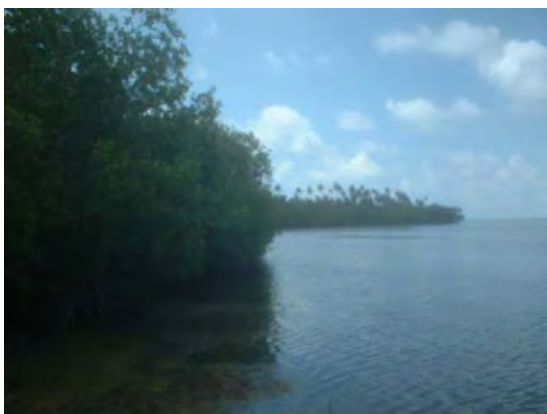
Río Daguao, Naguabo



Río Antón Ruíz, Humacao



Bahía Sucia, Cabo Rojo



Punta Viento, Patillas



Caño Corazones, Mayagüez



Río Cocal, Toa Baja



Laguna San José, San Juan



Río Espíritu Santo, Río Grande



Río Herrera, Loíza



Boca Cangrejos, Carolina



Punta Ostiones, Cabo Rojo



Río Cibuco, Vega Baja



Caño Tiburones, Arecibo