

1 **Evaluación parasitológica de mamíferos acuáticos neotropicales**

2

3

4

5

6

7 **Estudiante:**

8 Manuel Uribe Soto, MV, MSc, Dr. med. vet.

9

10

11 **Directores:**

12 Jenny Jovana Chaparro Gutiérrez, Doctora (DrSc) en Ciencias - Química

13 Carlos Hermosilla, Doctor (Dr. med. vet.) medicinae veterinariae

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25 **Doctorado en Ciencias Veterinarias**

26 **Facultad de Ciencias Agrarias**

27 **Universidad de Antioquia**

28 **Medellín, Colombia**

29

2023

30

31

## Agradecimientos

32

33 El presente texto de tesis doctoral se desarrolló como uno de los requisitos  
34 parciales para optar al título de Doctor en Ciencias Veterinarias – Perfil investigación, de  
35 la Universidad de Antioquia. En el transcurrir del mismo se presentan los diferentes  
36 resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del trabajo de investigación titulado  
37 “Evaluación parasitológica de mamíferos acuáticos neotropicales”, todo ello de una  
38 forma coherente y ordenada, que permitirá reconocer la importancia y el porqué de la  
39 selección del tópico abordado, así como la extensa área de muestreo seleccionada. Es  
40 importante resaltar que para el exitoso desarrollo de la presente tesis doctoral se contó  
41 desde una etapa bastante temprana con el apoyo y *Cotutelle* del Prof. Dr. Dr. Carlos  
42 Hermosilla DVM Dr.med.vet. habil. DipEVPC EBVS, así como con el respaldo del  
43 personal técnico, los docentes, estudiantes e investigadores del Institut für Parasitologie  
44 que integra el Biomedizinisches Forschungszentrum Seltersberg (BFS) de la Justus-  
45 Liebig-Universität Gießen. De la misma forma las contrapartes, la Dra. Jenny Jovana  
46 Chaparro Gutiérrez MV MSc DrSc como directora de tesis y la Dra. Sara López Osorio  
47 MV MSc DrSc Dr. med. vet. como miembro del comité de asesores perteneciente al  
48 Grupo CIBAV - Centro de Investigaciones Básicas y Aplicadas en Veterinaria  
49 (COL0153246) fueron indispensables a lo largo del proceso que permitió la generación  
50 de los resultados acá presentados como un logro colectivo.

51

52 Adicionalmente se debe destacar la disposición, presto apoyo y activa  
53 participación investigativa y académica tanto en las diferentes líneas del proyecto como  
54 en las aproximaciones parasitológicas llevadas a cabo en el desarrollo del presente  
55 proyecto de tesis a:

56

- 57 ○ RNDr. Jan Brabec PhD en el Laboratoř genomiky a diverzity protist - Biologické  
58 centrum AV ĀR, v.v.i., República Checa.
- 59 ○ Prof. Dr. Manuela Schnyder Dr. med. vet. DipEVPC EBVS del Institut für  
60 Parasitologie - Universität Zürich, Suiza.

- 61 ○ Dra. Lisa Segeritz Dr. med. vet. y el Dr. Marcel Haas, ambos colegas del Institut für  
62 Parasitologie - Justus-Liebig-Universität Gießen, Alemania.
- 63 ○ Dr. Esteban Payán Biol. PhD de la ONG Panthera, EE. UU., New York.
- 64 ○ Dr. Jesús A. Cortés-Vecino MV MSc DrSc del Laboratorio de Parasitología  
65 Veterinaria, Departamento de Salud Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de  
66 Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, D. C.
- 67 ○ Katherine Arévalo-González Biol. MSc de la Wildlife Conservation Society (WCS) y  
68 la Fundación Internacional para la Naturaleza y la Sostenibilidad (FINS), México.
- 69 ○ Prof. Dr. Anja Taubert DipEVPC directora ejecutiva del Institut für Parasitologie -  
70 Justus-Liebig-Universität Gießen, Alemania.
- 71 ○ Dr. Agustín Góngora-Orjuela MV MSc DrSc Profesor Titular de Parasitología en la  
72 Universidad de los Llanos, Colombia.

73

74 Por último, pero no menos importante quiero exaltar la participación de las  
75 comunidades rurales de los llanos orientales colombianos, a los pobladores de las  
76 ciénagas de los valles interandinos en la cuenca del Río Magdalena de los  
77 departamentos de Santander y Antioquia, a los pueblos indígenas de la región del  
78 Araracuara en el Amazonas Colombiano, y finalmente a los ganaderos extensivistas  
79 tanto del piedemonte amazónico del Caquetá, como en el municipio de Ciudad Bolívar  
80 en Antioquia, los departamentos del Casanare y Arauca.

81

82 De la mano de todos aquellos que desde un inicio creyeron en la viabilidad de la  
83 propuesta y apoyaron la misma de forma constante se logró la producción de siete  
84 artículos científicos originales, seis de ellos ya publicados y uno está siendo revisado  
85 por pares en revistas internacionales debidamente indexadas tales como *Pathogens*  
86 [ISSN 2076-0817], *Microorganisms* [ISSN: 2076-2607], *Emerging Infectious Diseases*  
87 [ISSN 1080-6040 (Impreso) / 1080-6059 (Digital)], *Frontiers in Veterinary Science* [ISSN  
88 2297-6477] y el *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* [ISSN:  
89 2213-2244].

90

## Tabla de Contenido

91		
92		
93	Lista de tablas .....	1
94	Lista de figuras .....	2
95	Siglas, acrónimos y abreviaturas.....	4
96	Summary .....	6
97	Resumen .....	8
98	Objetivos .....	10
99	Objetivo general .....	10
100	Objetivos específicos .....	10
101	Introducción general: Neotrópico, biodiversidad y parásitos .....	11
102	Capítulo 1 - Intestinal Parasites of Neotropical Wild Jaguars, Pumas, Ocelots, and	
103	Jaguarundis in Colombia: Old Friends Brought Back from Oblivion and New Insights...	19
104	Capítulo 2 - Parasites Circulating in Wild Synanthropic Capybaras ( <i>Hydrochoerus</i>	
105	<i>hydrochaeris</i> ): A One Health Approach.....	20
106	Capítulo 3 - The Neglected Angio-Neurotrophic Parasite <i>Gurltia paralysans</i> (Nematoda:	
107	Angiostrongylidae): Northernmost South American Distribution, Current Knowledge, and	
108	Future Perspectives .....	22
109	Chapter 4 - Nationwide Seroprevalence Survey of <i>Angiostrongylus vasorum</i> -Derived	
110	Antigens and Specific Antibodies in Dogs from Colombia.....	23
111	Capítulo 5 - Presence of <i>Spirometra mansoni</i> , Causative Agent of Sparganosis, in South	
112	America .....	24

113	Capítulo 6 - Neglected Zoonotic Helminthiases in Wild Canids: New Insights from South	
114	America .....	25
115	Capítulo 7 - Morphological and molecular characterization of <i>Chiorchis fabaceus</i> in wild	
116	Antillean manatees ( <i>Trichechus manatus manatus</i> ) and a global checklist on sirenian	
117	ecto- and endoparasites .....	26
118	Conclusiones generales – Inesperadas y agradables sorpresas .....	67
119	Recomendaciones.....	90
120	Referencias .....	93
121	Anexos .....	113
122		

123

## Lista de tablas

124

125 **Tabla 1:** Especies de mamíferos acuáticos registrados en Colombia y su categoría de  
126 amenaza..... 13

127 **Table 2:** Extant living and extinct species in the order Sirenia.....31

128 **Tabla 3:** Lista resumida de parásitos identificados y respectivos huéspedes a lo largo  
129 de la presente tesis doctoral.....76

130

**Lista de figuras**

131

132

133 **Figura 1:** Escalafón mundial de biodiversidad colombiana..... 11

134 **Figure 2** Geographical location map of the Magdalena River Basin (MRB) within  
 135 Colombia. Detailed coordinate information on the sampling localities is refrained due to  
 136 the species conservation status. The presence-only modelling for *Hippopotamus*  
 137 *amphibius* distribution was predicted using Maximum Entropy (MaxEnt) algorithm and  
 138 expert opinions on this invasive alien species in Colombia. ....33

139 **Figure 3** Microphotograph images illustration of adult specimen of *Chiorchis fabaceus*  
 140 recovery from an adult male Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*)  
 141 gastrointestinal tract in Ciénega de Paredes (Santander), Colombia. **(A)** Ventral view of  
 142 whole specimen's shows the two morphological body types in accordance with (Bando  
 143 *et al.*, 2014). Notice the small mouth opening (mo) and the large muscular caudal  
 144 acetabular opening (ao) or ventral/caudal sucker. **(B)** Dorsal surface view. **(C)** Ventral  
 145 view close-up photograph of the genital pore (gp) opening at the anterior one-third.  
 146 Scale bars: (A) 2 mm, (B) 500 µm, and (C) 1 mm. ....37

147 **Figure 4** (A) Lower magnification scanning electron microscopy (SEM) micrograph of  
 148 whole adult *Chiorchis fabaceus* specimen showing the tegument, the small oral opening  
 149 and the large ventral acetabulum. (B) Higher magnification of large ventral acetabulum  
 150 border and folded tegument. Scale bar: (A) 1mm, and (B) 100µm. ....38

151 **Figure 5** Bootstrap consensus tree inferred from 1000 replicates, taken to represent the  
 152 evolutionary history of the taxa analysed. Phylogenetic position of digenean trematode  
 153 isolate obtained during manatee necropsy is indicated by a green triangle. The analysis  
 154 involved 14 trematode 18S rRNA nucleotide sequences obtained during the present  
 155 study (1) or retrieved from the GenBank database (13), and one sequence of  
 156 *Carmyerius spatiosus*, used as outgroup. ....39

157 **Figura 6:** El concepto Global Health / One Health como enfoque holístico,  
158 transdisciplinario y multisectorial. Adaptado de (Destoumieux-Garzón et al., 2018).....72

159 **Figura 7:** Mapa geográfico descriptivo del total de áreas de muestreo cubiertas durante  
160 la tesis doctoral en el territorio nacional colombiano. a) Clasificación climática Köppen-  
161 Geiger para Colombia; Af: Selva tropical, Aw: Sabana, Bsh: Semiárido cálido, Bwh:  
162 Clima desértico cálido, Cfa: Subtropical húmedo, Cfb: Oceánico, Csb: Mediterráneo de  
163 verano cálido, Cwc: Subpolar oceánico influido por monzones, Cwa: Clima subtropical  
164 húmedo influenciado por los monzones, ET: Tundra. b) Diferentes departamentos de  
165 acuerdo con la división geopolítica de Colombia; Las áreas muestreadas se muestran  
166 en rojo: 1) Atlántico, 2) Sucre, 3) Córdoba, 4) Antioquia, 5) Santander, 6) Arauca, 7)  
167 Risaralda, 8) Cundinamarca, 9) Casanare, 10) Meta, 11) Caquetá y 12) Amazonas.....75

168



<b>Ar:</b> Argentina	<b>L2:</b> second-stage larvae
<b>Ab:</b> antibody prevalence	<b>L3:</b> third-stage larvae
<b>Af:</b> tropical rainforest climate	<b>L4:</b> fourth-stage larvae
<b>Ag:</b> antigen prevalence	<b>L5:</b> fifth-stage larvae
<b>AL:</b> apical length	<b>LC:</b> least concern
<b>Am:</b> tropical monsoon climate	<b>LMC:</b> <i>larva migrans cutanea</i>
<b>Aw:</b> tropical wet and dry climate	<b>MA:</b> mamíferos acuáticos
<b>BC:</b> blade curvature	<b>mAb:</b> monoclonal antibodies
<b>BFS:</b> Biomedical Research Center Seltersberg	<b>Mya:</b> millions of years ago
<b>BL:</b> blade length	<b>NE:</b> not evaluated
<b>Bo:</b> Bolivia	<b>NGOs:</b> Non-governmental organizations
<b>Br:</b> Brazil	<b>NSAIDs:</b> non-steroidal anti-inflammatory drugs
<b>BSF:</b> Brazilian spotted fever	<b>NTDs:</b> Neglected tropical diseases
<b>BSh:</b> semiarid / hot semi-arid climate	<b>NT:</b> near threatened
<b>C:</b> Colombia	<b>NWF:</b> Neotropical wild felids
<b>calBP:</b> calibrated years before the present	<b>OD:</b> optical density
<b>CEEA:</b> Ethics Committee for Animal Experimentation	<b>OWL:</b> oocyst wall layers
<b>CF:</b> centrifugal flotation with zinc sulphate	<b>Pa:</b> Panama
<b>Cfa:</b> humid subtropical climate	<b>PA:</b> Polyamide
<b>Cfb:</b> Oceanic climate	<b>PBS:</b> physiological buffered saline solution
<b>CFS:</b> fast carbol–fuchsin stained faecal smears	<b>Pe:</b> Peru
<b>CI:</b> confidence interval	<b>PED:</b> Polyethylene terephthalate
<b>COI:</b> cytochrome c oxidase subunit I	<b>PH:</b> paratenic host
<b>CSA:</b> <i>Cryptosporidium</i> -specific antigens	<b>PRD:</b> poverty-related disease
<b>Csb:</b> warm-summer Mediterranean climate	<b>PRV:</b> Priority Review Voucher
<b>CSF:</b> cerebrospinal fluid	<b>SAF:</b> standardized sodium acetate-acetic acid-formalin
<b>DH:</b> definitive host	<b>SF:</b> combined sedimentation–flotation
<b>ELISA:</b> Enzyme-linked immunosorbent assay	<b>SID:</b> <i>sem´el in di´e</i> (once a day)
<b>EN:</b> endangered	<b>SQ:</b> subcutaneously
<b>ET:</b> Tundra climate	<b>SS:</b> simple sedimentation
<b>EtOH:</b> ethyl alcohol/ethanol	<b>TL:</b> total length
<b>FDA:</b> Food and Drug Administration	<b>TroCCAP:</b> Tropical Council for Companion Animal Parasites
<b>gDNA:</b> genomic deoxyribonucleic acid	
<b>GL:</b> guard length	

**GIS:** Geographic Information System

**GSA:** *Giardia*-specific antigens

**GW:** guard width

**HW:** handle width

**IH:** intermediate host

**K2P:** Kimura2-parameter

**L1:** first-stage larvae

**TW:** total width

**UICN:** International Union for Conservation of Nature

**Ve:** Venezuela

**VU:** vulnerable

**WA / AS:** wild animals / animales silvestres

**WB:** Whole blood

**WHO:** World Health Organization

172

## Summary

173

174 Wild animals (WA) are important bioindicators of zoonotic-relevant pathogens. In a  
175 globalized world, anthropogenic factors have strengthened the human-animal interface,  
176 thus increasing the risk of bidirectional disease spillover. The WA are sentinels of  
177 neglected anthrozoonotic parasite diseases. Therefore, understanding the parasites  
178 occurring among WA is an undoubtedly public health issue that generate valuable  
179 information intended to avoid potential human infections. Here we selected the  
180 Colombian hinge joining key territory as a poorly investigated area for wildlife  
181 parasitology and a highly biodiverse region.

182 Herein we presented a nationwide approach on parasites occurring in wild- and  
183 domestic animals related to human populations. Additionally, WA-associated infectious  
184 diseases emergence highlights the need for better understanding on the parasites eco-  
185 epidemiology. Consequently, sampling effort includes the Andean, Amazonian,  
186 Caribbean, and Orinoco regions in Colombia. Moreover, WA species such as Antillean  
187 manatee, bush dog, capybara, puma, crab-eating fox, jaguar, jaguarundi and ocelot  
188 were investigated. Additionally, a nationwide survey and a worldwide review on  
189 metastrongyloid lungworms were conducted in domestic canids and felids, respectively.  
190 Globally, twenty-three parasite taxa were reported through different methodologies such  
191 as coproparasitological examination, enzyme-linked immunosorbent assays, scanning  
192 electron microscopy, molecular and phylogenetic identification. Some of these parasites  
193 were brought back from oblivion, constitute new host records, and/or have enlarged  
194 previously known distribution areas.

195 The first unexpected finding was the occurrence of *Spirometra* sp. and *Spirometra*  
196 *mansonii* in wild felids and canids, respectively. Additionally, herein we report zoonotic  
197 *Toxocara cati* in jaguars and ocelots, highlighting the role of wildlife in parasite  
198 zoonothroponotic transmission. Furthermore, the soil-borne zoonotic nematode  
199 *Strongyloides* in capybaras was reported as a potential threat for domestic animals and

200 humans inhabiting the Orinoco basin. Likewise, in capybaras we reported the trematode  
201 *Plagiorchis muris* as a new host record. This zoonotic-relevant food-borne parasite  
202 remains as a worldwide public health issue. Additionally, water-borne anthrozoonotic  
203 parasites such as *Cryptosporidium*, *Neobalantidium coli* and *Entamoeba* were also  
204 reported for Colombian capybaras. Moreover, we identified the first Colombian non-  
205 human case of *Lagochilascaris* as an extremely neglected zoonosis that entails public  
206 health concern. The last zoonotic parasite we reported was *Dipylidium caninum*  
207 constituting the first host record in bush dogs and expanded the cestode distribution  
208 range.

209 Despite not having epidemiological relevance in humans, herein we identified non-  
210 zoonotic parasites species. Some of these cases were the acanthocephalan *Oncicola*  
211 and *Taenia omissa* recorded in wild felids. Similarly, in wild felids, *Cystoisopora*-like was  
212 identified. Moreover, herein we reported underestimated parasites such as *A. vasorum*,  
213 *Chiorchis fabaceus*, *Echinocoleus hydrochoerid*, *Eimeria trinidadensis*, *G. paralysans*,  
214 *Hippocrepis hippocrepis*, *Monoecocestus*, *Protozoophaga obesa*, and *Taxorchis*  
215 *schistocotyle*. We seek to raise awareness on unattended cryptic parasite species in  
216 wild, peri-domestic and synanthropic animals. The studied emblematic species could  
217 constitute a proficient strategy to draw attention on the importance of parasitological  
218 research under the Global Health / One Health perspective. Thus, constant surveillance  
219 on animal-related diseases is imperative to better understanding the adverse impact on  
220 human, wildlife, peri-domestic and synanthropic animal populations. Finally, current  
221 compendium generated new insights and highlighted future perspectives to  
222 parasitological research as a still-expanding field in the Americas.

223

224 **Keywords:** Wildlife, Zoonosis, Parasite fauna, neglected, nationwide

225

## Resumen

226

227

228 Los animales silvestres (AS) son importantes bioindicadores de patógenos zoonóticos.  
229 En un mundo globalizado, los factores antropogénicos han fortalecido la interfaz  
230 humano-animal, incrementando el riesgo bidireccional de diseminación de  
231 enfermedades. Los AS son centinelas de parasitosis antropozoonóticas desatendidas.  
232 Así, comprender las parasitosis en AS es indudablemente un asunto que concierne a la  
233 salud pública y genera información valiosa para evitar posibles infecciones en humanos.  
234 Seleccionamos a Colombia como un área poco investigada para la parasitología de AS  
235 y una región altamente biodiversa.

236 Presentamos una aproximación nacional sobre parásitos en AS y domésticos  
237 relacionados con poblaciones humanas. Además, la aparición de enfermedades  
238 infecciosas asociadas a AS resalta la necesidad de comprender la ecoepidemiología  
239 parasitaria. Consecuentemente, el esfuerzo muestral incluyó las regiones Andina,  
240 Amazónica, Caribe y Orinoquía en Colombia. Además, se investigaron especies de AS  
241 como el manatí antillano, perro de monte, capibara, puma, zorro cangrejero, jaguar,  
242 jaguarundí y ocelote. Adicionalmente, se realizó un estudio nacional y una revisión  
243 mundial sobre metastrongiloides en cánidos y félidos domésticos, respectivamente. En  
244 total, se reportaron veintitrés taxones parasitarios mediante diferentes metodologías  
245 como examen coproparasitológico, ensayos inmunoabsorbentes ligados a enzimas,  
246 microscopía electrónica de barrido e identificación molecular/filogenética. Algunos de  
247 estos parásitos volvieron del olvido, constituyen nuevos registros de huéspedes y/o  
248 amplían su distribución previamente conocida.

249 El primer hallazgo inesperado fue la aparición de *Spirometra* sp. y *Spirometra mansonii*  
250 en félidos y cánidos silvestres, respectivamente. Adicionalmente, reportamos *Toxocara*  
251 *cati* en jaguares y ocelotes, destacando el rol de los AS en la transmisión  
252 zooantroponótica del parásito. Asimismo, se informó el nematodo zoonótico  
253 *Strongyloides* en los capibaras como potencial amenaza para animales domésticos y

254 humanos en el Orinoco. Igualmente, reportamos los capibaras como nuevo hospedador  
255 del trematodo *Plagiorchis muris*. Este parásito transmitido por los alimentos de  
256 importancia zoonótica sigue siendo un problema de salud pública mundial. Igualmente,  
257 se reportaron parásitos antropozoonóticos transmitidos por el agua como  
258 *Cryptosporidium*, *Neobalantidium coli* y *Entamoeba* en capibaras colombianos.  
259 También, identificamos el primer caso no humano en Colombia de *Lagochilascaris*  
260 como zoonosis extremadamente desatendida implicando un problema de salud pública.  
261 El último parásito zoonótico reportado fue *Dipylidium caninum*, como primer registro en  
262 perros de monte, ampliando el rango de distribución del cestodo.

263 A pesar de no revestir relevancia epidemiológica en humanos, identificamos especies  
264 de parásitos no zoonóticos. Algunos de estos fueron el acantocéfalo *Oncicola* y *Taenia*  
265 *omissa* en félidos silvestres. De manera similar, en felinos silvestres, se identificó  
266 *Cystoisopora*-like. Igualmente, respetamos parásitos subestimados como *A. vasorum*,  
267 *Chiorchis fabaceus*, *Echinocoleus hydrochoerid*, *Eimeria trinidadensis*, *G. paralyans*,  
268 *Hippocrepis hippocrepis*, *Monoecocestus*, *Protozoophaga obesa* y *Taxorchis*  
269 *schistocotyle*. Buscamos crear conciencia sobre especies de parásitos crípticos  
270 desatendidos en AS, peridomésticos y sinantrópicos. Las especies emblemáticas  
271 estudiadas podrían constituir una eficiente estrategia para llamar la atención sobre la  
272 importancia de investigar parásitos bajo la perspectiva de Una Salud.  
273 Consecuentemente, la vigilancia constante de enfermedades animales es imperativa  
274 para comprender su impacto en poblaciones humanas, silvestres, peridomésticas y  
275 sinantrópicas. Finalmente, el compendio actual generó nuevos conocimientos y destacó  
276 las perspectivas futuras de la investigación parasitológica como un campo aún en  
277 expansión en las Américas.

278

279 *Palabras clave:* Fauna silvestre, Parasitofauna, desatendidas, nivel nacional

280

281

## Objetivos

282

283

### Objetivo general

284

285 Establecer la presencia y caracterización de parásitos en mamíferos acuáticos  
286 (MA) neotropicales.

287

288

### Objetivos específicos

289

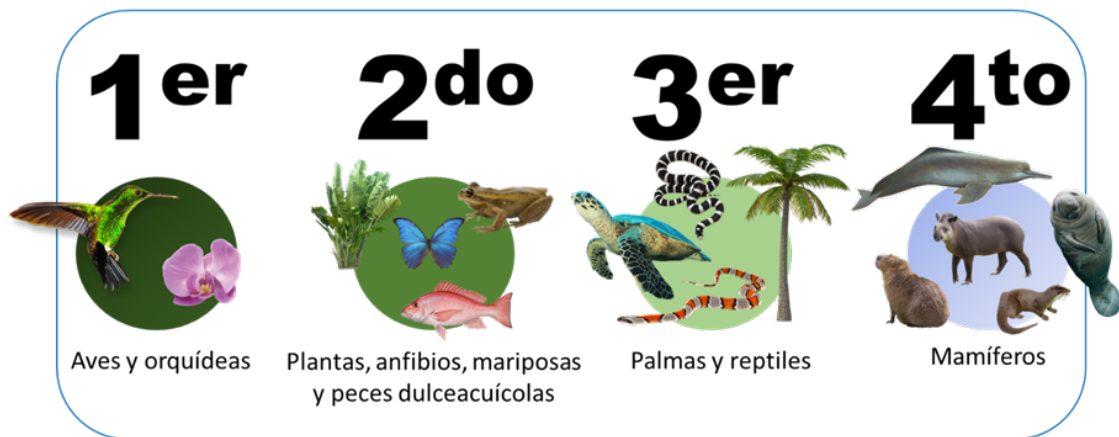
- 290 **1)** Evaluar el uso de diferentes tipos de muestras para la detección de agentes  
291 parásitos en mamíferos acuáticos (MA) por métodos no invasivos.
- 292 **2)** Contribuir al conocimiento general de las parasitosis presentadas en mamíferos  
293 acuáticos (MA) neotropicales y animales silvestres asociados.
- 294 **3)** Generar información básica de índole parasitológico para fortalecer programas de  
295 conservación y protección de especies de mamíferos acuáticos (MA) neotropicales.
- 296 **4)** Establecer un biobanco de muestras coproparasitológicas y de metazoarios de  
297 mamíferos acuáticos (MA) neotropicales para análisis laboratoriales posteriores y  
298 fines investigativo/académico/pedagógicos.
- 299 **5)** Establecer un primer mapa epidemiológico de las enfermedades parasitarias que  
300 circulan en mamíferos acuáticos (MA) a través del *Geographic Information System*  
301 (GIS) con los datos obtenidos en la presente propuesta investigativa para Colombia.  
302

303 **Introducción general:** Neotrópico, biodiversidad y parásitos

304

305 El territorio nacional colombiano está ubicado en el extremo norte del  
306 subcontinente suramericano, veinticincoavo a nivel mundo en extensión con 1,038,700  
307 Km<sup>2</sup> de superficie terrestre, posee acceso tanto al mar Caribe como al océano Pacífico  
308 y una altura en metros sobre el nivel del mar que varía de los 0 a los 5775 msnm como  
309 altura máxima alcanzada en el pico Cristóbal Colón, parte del sistema montañoso de la  
310 Sierra Nevada de Santa Marta, en el norte del territorio nacional, municipio de  
311 Aracataca departamento del Magdalena.

312 Colombia es por ende un país poseedor de multiplicidad de pisos térmicos y  
313 zonas de vida, en el cual se reporta gran riqueza hídrica y biológica, albergando así un  
314 considerable número de especies tanto vegetales y como animales, catalogado como  
315 uno de los 17 país megadiversos. Es a nivel mundial el primer país en diversidad de  
316 aves y orquídeas, segundo en plantas, anfibios, mariposas y peces dulceacuícolas,  
317 tercero en palmas y reptiles, y cuarto en mamíferos (Mora *et al.*, 2011; Arbeláez-Cortés,  
318 2013; Avendaño *et al.*, 2017; DoNascimento *et al.*, 2017) (**Figura 1**), siendo un territorio  
319 de ubicación geopolítica privilegiada y naturalmente multidiverso.



320

321 **Figura 1:** Escalafón mundial de biodiversidad colombiana

322 Los biomas acuáticos son ecosistemas extensos e inexplorados que cubren más  
323 de la mitad de la superficie terrestre, con una ocupación aproximada del 75% de la



324 misma con ecosistemas marinos y el 2% constituido por cuerpos de agua continentales  
325 y ecosistemas dulceacuícolas. Colombia cuenta con aproximadamente 100.210 Km<sup>2</sup> de  
326 territorio en altamar y 2.900 Km lineales de zonas costeras tanto en el mar Caribe como  
327 en el océano Pacífico, gran cantidad de sistemas estuarinos, una compleja red de  
328 ciénagas y ríos distribuíos a lo largo de los Andes, la Amazonia y la Orinoquía,  
329 formando así más de un millón de Km<sup>2</sup> de ecosistemas hídricos en sus cinco  
330 macrocuencas hidrográficas.

331 En los últimos años se ha dado la apertura de grandes extensiones de territorio  
332 hasta el momento poco exploradas y con baja intervención antrópica, permitiendo así la  
333 instauración de cultivos agroindustriales lícitos e ilícitos con fines comerciales (Barrera-  
334 Ramírez *et al.*, 2019), la expansión de la frontera agrícola para el desarrollo de sistemas  
335 de producción pecuaria y el aprovechamiento desmedido de los recursos naturales a  
336 través de la minería ilegal, la tala indiscriminada (Unda and Etter, 2019), la caza  
337 (Petriello and Stronza, 2019) y tráfico de fauna silvestre (Goyes and Sollund, 2016).  
338 Dichas áreas no poseen inventarios completos de fauna y flora debido al impedimento  
339 de entrada por parte de entes tanto gubernamentales como privados e investigadores  
340 independientes, debido al conflicto armado y tensión en el orden público presentado en  
341 dichas zonas. Hasta ahora se han comenzado a generar esfuerzos multiestamentarios  
342 efectivos para dilucidar el estado ecológico y de conservación de estas zonas de vida.  
343 Todos estos factores dificultan la entrada de personas interesadas en el conocimiento  
344 del estatus de diferentes especies ubicadas en estas zonas para conocer la distribución  
345 y estado actual de estas especies silvestres hasta ahora con poca o nula intervención  
346 antrópica en sus ecosistemas. Es por ende de gran relevancia el conociendo del  
347 estatus sanitario de multiplicidad de especies silvestres asociadas al recurso hídrico  
348 tanto continental como oceánico, costero y en mar abierto a lo largo y ancho del  
349 territorio nacional colombiano.

350 Dentro de los diferentes agentes infecciosos que pueden afectar el estatus sanitario de  
351 dichos especímenes de la vida silvestre se encuentran virus, hongos, bacterias y  
352 parásitos, muchos de estos últimos de transmisibilidad zoonótica, que debido al  
353 creciente efecto antrópico en los ecosistemas donde se distribuyeron, se hace cada vez

354 más estrecho y frecuente el contacto con poblaciones humanas, generando así un  
 355 evidente riesgo biológico del cual poco se conoce debido a los limitados estudios de  
 356 corte parasitológico en especímenes de mamíferos acuáticos, semiacuáticos y otros  
 357 animales asociados a esos nichos biológicos. Para conocer entonces el potencial riesgo  
 358 de transmisión zoonótica de parásitos entre poblaciones de mamíferos acuáticos y  
 359 humanos, es indispensable conocer un panorama parasitológico general de los  
 360 animales que coexisten e interactúan dentro y fuera de estos ecosistemas acuáticos.  
 361 Desde una perspectiva transversal de una salud global (*Global Health / One Health*)  
 362 que integra la salud humana, animal, vegetal y ecosistémica, procuramos entonces  
 363 evaluar desde el punto de vista médico veterinario las parasitosis de animales  
 364 silvestres, domésticos, mamíferos acuáticos y semiacuáticos de varias zonas del  
 365 territorio nacional colombiano (Destoumieux-Garzón *et al.*, 2018). En la actualidad  
 366 Colombia cuenta con 518 especies de mamíferos registrados agrupadas en 215  
 367 géneros, de las cuales 56 son especies endémicas (Ramírez-Chaves *et al.*, 2016). El  
 368 inventario de mamíferos acuáticos (MA) está representado por un total de 40 especies  
 369 (Semiacuáticos y marinos, entre cetáceos, sirénido y carnívoros acuáticos), 4 de ellas  
 370 debido a su valor de abundancia y frecuencia de ocurrencia son catalogadas como  
 371 ocasionales (**Tabla 1.**).

372 **Tabla 1:** Especies de mamíferos acuáticos registrados en Colombia y su categoría de  
 373 amenaza

Nombre científico	Nombre común	Región	Amenaza (IUCN)	Amenaza nacional (Libro Rojo)
<b>Cetacea</b>				
<b>(Suborden Mysticeti) Familia Balaenopteridae</b>				
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Ballena minke	C y P	LC	
<i>Balaenoptera borealis</i>	Ballena sei	C y P	EN	EN
<i>Balaenoptera edeni</i>	Rorcual tropical	C y P	DD	
<i>Balaenoptera musculus</i>	Ballena azul	C y P	EN	EN
<i>Balaenoptera physalus</i>	Ballena de aleta	C y P	EN	EN
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	C y P	LC	VU

<b>(Suborden Odontoceti) Familia Physeteridea</b>				
<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalote	C y P	VU	VU
<i>Kogia breviceps</i>	Cachalote pigmeo	C	DD	
<i>Kogia simus</i>	Cachalote enano	C y P	DD	
<b>Familia Ziphiidae</b>				
<i>Mesoplodon densirostris</i>	Ballena picuda de Blainville	C y P	DD	
<i>Mesoplodon peruvianus</i>	Zifio pigmeo	P	DD	
<i>Mesoplodon europeus</i>	Ballena picuda de Gervais	C	DD	
<i>Ziphius cavirostris</i>	Ballena picuda de Cuvier	C y P	LC	
<b>Familia Delphinidae</b>				
<i>Sotalia fluviatilis</i>	Delfín gris, Tucuxi	AM	DD	VU
<i>Sotalia guianensis</i>	Tucuxi marino	C	DD	VU
<i>Steno bredanensis</i>	Delfín dientes rugosos	C y P	LC	
<i>Peponocephala electra</i>	Ballena cabeza de melón	C y P	LC	
<i>Feresa attenuata</i>	Orca pigmea	C y P	DD	
<i>Pseudorca crassidens</i>	Falsa orca	C y P	DD	
<i>Orcinus orca</i>	Orca	C y P	DD	
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Ballena piloto	C y P	DD	
<i>Grampus griseus</i>	Delfín de Risso	C y P	LC	
<i>Tursiops truncatus</i>	Delfín nariz de botella	C y P	LC	
<i>Delphinus delphis</i>	Delfín común	P	LC	
<i>Delphinus capensis</i>	Delfín común de hocico largo	C	DD	
<i>Stenella attenuata</i>	Delfín manchado pantropical	C y P	LC	
<i>Stenella clymene</i>	Delfín Clymene	C	DD	
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Delfín listado		LC	
<i>Stenella frontalis</i>	Delfín manchado del atlántico	C	DD	
<i>Stenella longirostris</i>	Delfín tornillo	C y P	DD	
<i>Lagenodelphis hosei</i>	Delfín de Fraser	C y P	LC	
<b>Familia Iniidae</b>				
<i>Inia geoffrensis</i>	Buefo, tonina	AM y O	DD	VU
<b>Sirenia</b>				
<i>Trichechus inunguis</i>	Manatí amazónico	AM	VU	EN
<i>Trichechus manatus</i>	Manatí antillano	A, O, C y P	VU	EN
<b>Carnivora</b>				

<b>Familia Mustelidae</b>				
<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical	A, AM, C, O y P	DD	VU
<i>Pteronura brasiliensis</i>	Nutria gigante	AM y O	EN	EN
<b>Familia Otariidae</b>				
<i>Arctocephalus australis*</i>	Lobo fino austral	P	LC	
<i>Arctocephalus galapagoensis*</i>	Lobo fino de galápagos	P	EN	
<i>Otaria flavescens*</i>	Lobo marino sur americano	P	LC	
<i>Zalophus californianus*</i>	León marino californiano	P	LC	

374 \*Especies ocasionales, P: Pacífico, C: Caribe, A: Andes, AM: Amazonas, O: Orinoquía. DD: datos  
375 deficientes, LC: Preocupación menor, VU: vulnerable, EN: en peligro, CR: en peligro crítico.

376

377 Es importante considerar también como piezas claves de los ecosistemas  
378 hídricos neotropicales las especies de mamíferos “anfibios” o semiacuáticos en los que  
379 gran parte de su ciclo biológico está ligado a cuerpos de agua lénticos o loticos  
380 dulciacuícolas tales como el chigüiro (*Hydrochoerus hydrochaeris* e *H. isthmus*) y el  
381 tapir o danta (*Tapirus terrestris*, *T. bairdii*). Adicionalmente, también se deben resaltar  
382 otros casos de taxones en la clase Mammalia donde se agrupan mamíferos altamente  
383 adaptados a los ambientes acuáticos tales como el oso polar (*Ursus maritimus*)  
384 clasificado como mamífero marino por su dependencia predatoria del hielo marino, para  
385 el neotrópico tendríamos el caso del perro de monte (*Speothos venaticus*) de elusivo  
386 comportamiento crepuscular, palmípedo y clasificado como semiacuático.  
387 Lamentablemente en Colombia también tenemos el caso del hipopótamo común  
388 (*Hippopotamus amphibius*) como especie exótica invasora de megaherbívoro  
389 introducida en los ecosistemas acuáticos continentales del país (Subalusky *et al.*,  
390 2021). El nivel de conocimiento e información sobre las especies de mamíferos  
391 acuáticos que habitan el país es altamente heterogéneo, con información relativamente  
392 completa para ballenas jorobadas (*Megaptera novaengliae*), delfines de río (*Inia  
393 geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis*) y manatíes (*Trichechus manatus* y *Trichechus inunguis*)  
394 (Vélez *et al.*, 2019). En menor grado se reportan avances en investigación con nutrias

395 gigantes y con delfines costeros (*Sotalia guianensis* y *Tursiops truncatus*) (Trujillo-  
396 González *et al.*, 2019).

397

398 Por otro lado, para las restantes especies de mamíferos acuáticos,  
399 semiacuáticos o “anfíbios”, se tiene muy poco conocimiento general de los agentes  
400 infecciosos, particularmente la parasitofauna que pueden albergar, contando así con  
401 escasos reportes en la literatura científica (Jaramillo, 2015; Vélez *et al.*, 2018; Uribe *et*  
402 *al.*, 2021a). Mucho menos se conoce de los efectos nocivos o deletéreos que poseen  
403 los parásitos sobre la salud de estos animales silvestres y por ende de forma indirecta  
404 de la salud ecosistémica de los biomas que habitan en Colombia. Es por ende que el  
405 entendimiento a nivel biológico, comportamental y de distribución de estas especies de  
406 mamíferos acuáticos es de gran importancia. Se ha demostrado que los mamíferos  
407 acuáticos, al estar en un alto nivel trófico dentro de la cadena alimenticia, son  
408 importantes centinelas de agentes infecciosos de interés para la salud pública (Hunt *et*  
409 *al.*, 2008; Bossart, 2011a), siendo susceptibles también a enfermedades zoonóticas  
410 transmitidas por el agua (*Water borne diseases*) (Waltzek *et al.*, 2012) y excelentes  
411 bioindicadores indirectos de la polución de los cuerpos de agua que habitan (Baskin,  
412 2006; Nelms *et al.*, 2019). Muchas de estas especies se distribuyen en áreas cada vez  
413 más antropizadas viéndose afectada de forma considerable la integridad ecosistémica y  
414 por ende su estatus sanitario (Bossart, 2011a).

415 Algunas enfermedades parasitarias de importancia en poblaciones de mamíferos  
416 acuáticos y semiacuáticos son: anquilostomiosis o infección por gusanos gancho  
417 (*Hookworm*), ascariosis, balantidiosis, criptosporidiosis, dracunculiosis, echinococcosis,  
418 entamoebosis, escabiosis (Silva, 2013), giardiosis, las filariosis linfáticas, oncocercosis,  
419 sarcocistiosis, esquistosomiosis, toxoplasmosis y la trichuriasis o tricocefalosis entre  
420 otras (Silva, 2013; Cleveland *et al.*, 2018). De la limitada información científica publicada  
421 en Colombia, los filos de parásitos Artrópoda y Platelminfos son los más reportados  
422 para mamíferos en el territorio nacional (González-Astudillo and Gillespie, 2016).

423

424 Los mamíferos acuáticos y semiacuáticos han mostrado ser efectivos  
425 bioindicadores de la salud ecosistémica, las características microbiológicas y químicas  
426 de los cuerpos de agua que habitan e indirectamente de la integridad de los  
427 ecosistemas terrestres que los circundan y las poblaciones humanas en ellos (Bossart,  
428 2011a; Jepson *et al.*, 2016; Hernández-González *et al.*, 2018; Lusher *et al.*, 2018). Se  
429 ha detectado microplástico, principalmente fibras, en focas grises (*Halichoerus grypus*)  
430 de la costa británica (Nelms *et al.*, 2019) y la potencial bioacumulación en la cadena  
431 trófica con repercusiones para los depredadores marinos superiores (Nelms *et al.*,  
432 2018). Los polímeros de microplástico de tereftalato de polietileno (PED) y poliamida  
433 (PA) se han hallado también en heces de nutria eurasiática (*Lutra lutra*) (Smiroldo *et al.*,  
434 2019).

435

436 Un indicativo indirecto de la condición general y estatus sanitario de los animales  
437 es la presencia tanto de endo- como ectoparásitos, que viven a expensas de  
438 metabolitos secundarios y tejidos u órganos de sus hospedadores. Los parásitos están  
439 dentro de las principales causas de mortalidad en animales silvestres (Borgsteede,  
440 1996). Algunas de estas parasitosis pueden tener carácter zoonótico y por ende ser de  
441 importancia para la salud pública (Mackenstedt *et al.*, 2015). El aumento en las  
442 enfermedades parasitarias en animales silvestres está directamente relacionada con la  
443 perturbación y pérdida de su hábitat (Rendón-Franco *et al.*, 2014). El conocimiento de  
444 las especies de parásitos, sus ciclos biológicos y patologías asociadas en fauna  
445 neotropical Colombiana es un tema que poco se ha estudiado hasta el momento, con  
446 algunas excepciones recientes (Uribe-Soto, 2018; Vélez *et al.*, 2018), el estudio de  
447 estas parasitosis puede contribuir a la conservación de los animales silvestres que las  
448 padecen, a la salud pública en general y a las ciencias básicas y aplicadas. Por tal, el  
449 estudio parasitológico de la fauna silvestre y los animales domésticos asociados aporta  
450 información de gran valía para el diseño e implantación de planes estratégicos de  
451 conservación y protección de mamíferos acuáticos y semiacuáticos en el neotrópico  
452 colombiano.

453

454           La presente tesis doctoral pretende entonces recopilar información parasitológica  
455 de mamíferos acuáticos, semiacuáticos, otros animales silvestres y domésticos  
456 asociados en el territorio nacional colombiano mediante técnicas básicas de coprología,  
457 análisis inmunológicos de índole serológico y técnicas moleculares para la acertada  
458 identificación de meta- y protozoarios tanto externos como internos. A continuación de  
459 desglosan detalladamente los objetivos específicos y el objetivo general del presente  
460 documento.

461

462 **Capítulo 1 - Intestinal Parasites of Neotropical Wild Jaguars, Pumas, Ocelots, and**  
463 **Jaguarundis in Colombia: Old Friends Brought Back from Oblivion and New Insights**

464

465 Este capítulo apunta al desarrollo y cumplimiento de los objetivos específicos **2)**  
466 Contribuir al conocimiento general de las parasitosis presentadas en mamíferos  
467 acuáticos (MA) neotropicales y animales silvestres asociados y **3)** Generar información  
468 básica de índole parasitológico para fortalecer programas de conservación y protección  
469 de especies de mamíferos acuáticos (MA) neotropicales, el mismo se basa en el  
470 siguiente artículo de investigación publicado:

471

472 **Uribe, M.**, Payán, E., Brabec, J., Vélez, J., Taubert, A., Chaparro-Gutiérrez, J. J.,  
473 & Hermosilla, C. (2021). Intestinal Parasites of Neotropical Wild Jaguars, Pumas,  
474 Ocelots, and Jaguarundis in Colombia: Old Friends Brought Back from Oblivion and  
475 New Insights. *Pathogens*, 10(7), 822. <https://doi.org/10.3390/pathogens10070822>

476

477 (Este artículo pertenece al Special Issue Felid Parasitoses, New Insights and Open  
478 Perspectives)

479

480 *Pathogens*; ISSN: 2076-0817

481 Factor de impacto 2022: 3.7

482 Cuartil 2022:

483 Molecular Biology Q2

484 Immunology and Microbiology (miscellaneous) Q2

485 Infectious Diseases Q2

486 Microbiology (medical) Q2

487 Clasificación Publindex 2023: A2

488



489 **Capítulo 2 - Parasites Circulating in Wild Synanthropic Capybaras (*Hydrochoerus***  
490 ***hydrochaeris*): A One Health Approach**

491

492 Este capítulo apunta al desarrollo y cumplimiento de los objetivos específicos **1)**  
493 Evaluar el uso de diferentes tipos de muestras para la detección de agentes parásitos  
494 en mamíferos acuáticos (MA) por métodos no invasivos, **2)** Contribuir al conocimiento  
495 general de las parasitosis presentadas en mamíferos acuáticos (MA) neotropicales y  
496 animales silvestres asociados, **3)** Generar información básica de índole parasitológico  
497 para fortalecer programas de conservación y protección de especies de mamíferos  
498 acuáticos (MA) neotropicales, **4)** Establecer un biobanco de muestras  
499 coproparasitológicas y de metazoarios de mamíferos acuáticos (MA) neotropicales para  
500 análisis laboratoriales posteriores y fines investigativo/académico/pedagógicos y **5)**  
501 Establecer un primer mapa epidemiológico de las enfermedades parasitarias que  
502 circulan en mamíferos acuáticos (MA) a través del *Geographic Information System*  
503 (GIS) con los datos obtenidos en la presente propuesta investigativa para Colombia; el  
504 mismo se basa en el siguiente artículo de investigación publicado:

505

506 **Uribe, M.**, Hermosilla, C., Rodríguez-Durán, A., Vélez, J., López-Osorio, S.,  
507 Chaparro-Gutiérrez, J. J., & Cortés-Vecino, J. A. (2021). Parasites Circulating in Wild  
508 Synanthropic Capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*): A One Health Approach.  
509 *Pathogens*, 10(9), 1152. <https://doi.org/10.3390/pathogens10091152>

510

511 (Este artículo pertenece al Special Issue Parasitic Diseases of Domestic, Wild, and  
512 Exotic Animals)

513

514 *Pathogens*; ISSN: 2076-0817

515 Factor de impacto 2022: 3.7

516 Cuartil 2022:

517 Molecular Biology Q2

518	Immunology and Microbiology (miscellaneous) Q2
519	Infectious Diseases Q2
520	Microbiology (medical) Q2
521	Clasificación Publindex 2023: A2
522	

523 **Capítulo 3** - The Neglected Angio-Neurotrophic Parasite *Gurltia paralyans* (Nematoda:  
524 Angiostrongylidae): Northernmost South American Distribution, Current Knowledge, and  
525 Future Perspectives

526

527 Este capítulo apunta al desarrollo y cumplimiento del objetivo específico **2)**  
528 Contribuir al conocimiento general de las parasitosis presentadas en mamíferos  
529 acuáticos (MA) neotropicales y animales silvestres asociados, el mismo se basa en el  
530 siguiente artículo de investigación publicado:

531

532 **Uribe, M.**, López-Osorio, S., & Chaparro-Gutiérrez, J. J. (2021). The Neglected  
533 Angio-Neurotrophic Parasite *Gurltia paralyans* (Nematoda: Angiostrongylidae):  
534 Northernmost South American Distribution, Current Knowledge, and Future  
535 Perspectives. *Pathogens*, 10(12), 1601. <https://doi.org/10.3390/pathogens10121601>

536

537 (Este artículo pertenece al Special Issue Paralysis Worm - *Gurltia paralyans*)

538

539 *Pathogens*; ISSN: 2076-0817

540 Factor de impacto 2022: 3.7

541 Cuartil 2022:

542 Molecular Biology Q2

543 Immunology and Microbiology (miscellaneous) Q2

544 Infectious Diseases Q2

545 Microbiology (medical) Q2

546 Clasificación Publindex 2023: A2

547

548 **Chapter 4** - Nationwide Seroprevalence Survey of *Angiostrongylus vasorum*-Derived  
549 Antigens and Specific Antibodies in Dogs from Colombia

550

551 Este capítulo apunta al desarrollo y cumplimiento del objetivo específico **2)**  
552 Contribuir al conocimiento general de las parasitosis presentadas en mamíferos  
553 acuáticos (MA) neotropicales y animales silvestres asociados, el mismo se basa en el  
554 siguiente artículo de investigación publicado:

555

556 **Uribe, M.**, Segeritz, L., Schnyder, M., Taubert, A., Hermosilla, C., López-Osorio,  
557 S., Góngora-Orjuela, A., & Chaparro-Gutiérrez, J. J. (2022). Nationwide Seroprevalence  
558 Survey of *Angiostrongylus vasorum*-Derived Antigens and Specific Antibodies in Dogs  
559 from Colombia. *Microorganisms*, 10(8), 1565.  
560 <https://doi.org/10.3390/microorganisms10081565>

561

562 (Este artículo pertenece a la Section Parasitology)

563

564 *Microorganisms*; ISSN: 2076-2607

565 Factor de impacto 2022: 4.5

566 Cuartil 2022:

567 Microbiology Q2

568 Virology Q2

569 Microbiology (medical) Q2

570 Clasificación Publindex 2023: A2

571

572 **Capítulo 5 - Presence of *Spirometra mansoni*, Causative Agent of Sparganosis, in**  
573 **South America**

574

575 Este capítulo apunta al desarrollo y cumplimiento de los objetivos específicos **2)**  
576 Contribuir al conocimiento general de las parasitosis presentadas en mamíferos  
577 acuáticos (MA) neotropicales y animales silvestres asociados y **3)** Generar información  
578 básica de índole parasitológico para fortalecer programas de conservación y protección  
579 de especies de mamíferos acuáticos (MA) neotropicales, el mismo se basa en el  
580 siguiente artículo de investigación publicado:

581

582 Brabec, J., Uribe, M., Chaparro-Gutiérrez, J. J., Hermosilla, C. (2022).  
583 *Spirometra mansoni*, Causative Agent of Sparganosis, is present in South America,  
584 *Emerg. Infect. Dis.* 28(11), 2347-2350. <https://doi.org/10.3201/eid2811.220529>

585

586 (Este artículo pertenece a Emerging Infectious Diseases - CDC journal)

587

588 *Emerging Infectious Diseases*; ISSN: 1080-6040 (Impreso) / 1080-6059 (Digital)

589

Factor de impacto 2022: 8.19

590

Cuartil 2022:

591

Epidemiology Q1

592

Infectious Diseases Q1

593

Microbiology (medical) Q1

594

Clasificación Publindex 2023: A1

595

596 **Capítulo 6 - Neglected Zoonotic Helminthiases in Wild Canids: New Insights from South**  
597 **America**  
598

599 Este capítulo apunta al desarrollo y cumplimiento de los objetivos específicos **2)**  
600 Contribuir al conocimiento general de las parasitosis presentadas en mamíferos  
601 acuáticos (MA) neotropicales y animales silvestres asociados y **3)** Generar información  
602 básica de índole parasitológico para fortalecer programas de conservación y protección  
603 de especies de mamíferos acuáticos (MA) neotropicales, el mismo se basa en el  
604 siguiente artículo de investigación publicado:

605  
606 **Uribe, M.**, Brabec, J., Chaparro-Gutiérrez, J. J. & Hermosilla, C. (2023)  
607 Neglected Zoonotic Helminthiases in Wild Canids: New Insights from South America,  
608 *Front. Vet. Sci.* 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1235182>

609  
610 (Este artículo pertenece al Research Topic Wildlife Parasitology: Emerging Diseases  
611 and Neglected Parasites)

612  
613 *Frontiers in Veterinary Science*; ISSN: 2297-6477  
614 Factor de impacto 2022: 3.2  
615 Cuartil 2022:  
616 Veterinary (miscellaneous) Q1  
617 Clasificación Publindex 2023: A1

618

619 **Capítulo 7** - Morphological and molecular characterization of *Chiorchis fabaceus* in wild  
620 Antillean manatees (*Trichechus manatus manatus*) and a global checklist on sirenian  
621 ecto- and endoparasites  
622

623 Este capítulo apunta al desarrollo y cumplimiento de los objetivos específicos **1)**  
624 Evaluar el uso de diferentes tipos de muestras para la detección de agentes parásitos en  
625 mamíferos acuáticos (MA) por métodos no invasivos, **2)** Contribuir al conocimiento general  
626 de las parasitosis presentadas en mamíferos acuáticos (MA) neotropicales y animales  
627 silvestres asociados, **3)** Generar información básica de índole parasitológico para  
628 fortalecer programas de conservación y protección de especies de mamíferos acuáticos  
629 (MA) neotropicales, **4)** Establecer un biobanco de muestras coproparasitológicas y de  
630 metazoarios de mamíferos acuáticos (MA) neotropicales para análisis laboratoriales  
631 posteriores y fines investigativo/académico/pedagógicos y **5)** Establecer un primer mapa  
632 epidemiológico de las enfermedades parasitarias que circulan en mamíferos acuáticos  
633 (MA) a través del *Geographic Information System* (GIS) con los datos obtenidos en la  
634 presente propuesta investigativa para Colombia; el mismo se basa en el siguiente  
635 artículo de investigación en revisión:

636  
637 **Uribe, M.**, Arévalo-González, K., Taubert, A., Hermosilla, C., & Chaparro-  
638 Gutiérrez, J. J (manuscript in preparation) Morphological and molecular characterization  
639 of *Chiorchis fabaceus* in wild Antillean manatees (*Trichechus manatus manatus*) and a  
640 global checklist on sirenian ecto- and endoparasites. *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.*

641  
642 (Este artículo sigue los lineamientos, forma y estilo del International Journal for  
643 Parasitology: Parasites and Wildlife)

644  
645 *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*: ISSN: 2213-2244

646 Factor de impacto 2022: 1.8

647 Cuartil 2022:

648 Animal Science and Zoology Q1

649 Parasitology Q2  
650 Infectious Diseases Q2  
651 Clasificación Publindex 2023: A1  
652

653 **Morphological and molecular characterization of *Chiorchis fabaceus* in wild**  
654 **Antillean manatees (*Trichechus manatus manatus*) and a global checklist on**  
655 **sirenian ecto- and endoparasites**

656 **M. Uribe**<sup>a,b</sup>, K. Arévalo-González<sup>c,d,e</sup>, A. Taubert<sup>a</sup>, C. Hermosilla<sup>a</sup>, J.J. Chaparro-  
657 Gutiérrez<sup>b,\*</sup>

658 <sup>a</sup> Institute of Parasitology, Justus Liebig University Giessen, Schubertstraße 81 Giessen, Germany

659 <sup>b</sup> CIBAV Research Group, Veterinary Medicine School, University of Antioquia, UdeA, Calle 70 No. 52 – 21, Medellín, Colombia

660 <sup>c</sup> Wildlife Conservation Society (WCS) Colombia, Avenida 5 Norte # 22N-11, Cali, Colombia

661 <sup>d</sup> Cabildo Verde Sabana de Torres, Carrera 11 N° 14-75, Sabana de Torres, Colombia

662 <sup>e</sup> FINS- Fundación Internacional para la Naturaleza y la Sostenibilidad, Calle Larún M75 L4, Andara, Chetumal, Quintana Roo,  
663 México

664 \* Corresponding author: [jenny.chaparro@udea.edu.co](mailto:jenny.chaparro@udea.edu.co)

665 **Abstract**

666 Ecto- and endoparasites have an impact not only on vulnerable wildlife populations but  
667 also on One Health, Additionally, biological factors such as the host species,  
668 concomitant infections, infection dose and/or age might influence susceptibility thereby  
669 demanding regular monitoring of imperilled species such as the Antillean manatee  
670 (*Trichechus manatus manatus*). As part of the national conservation effort to preserve  
671 free-ranging Antillean manatees in Colombia, a parasitological survey was conducted  
672 between the years 2011 and 2022 on naturally deceased Antillean manatees within the  
673 Magdalena River basin (MRB), the main river of this country with a basin size of  
674 approximately 257.438 km<sup>2</sup>. In total, 24 stranded Antillean manatee carcasses ( $n = 24$ )  
675 in the MRB were analysed via necropsies for presence of gastrointestinal metazoan  
676 parasites. Herein, a total of 31 adult *Chiorchis fabaceus* trematodes were recovered  
677 from the gastrointestinal tract and analysed via scanning electron microscopy (SEM) for  
678 ultrastructural illustration of tegument, the small anterior oral acetabulum and the large



679 posterior muscular ventral acetabulum. Additionally, molecular phylogenetic analysis of  
680 *C. fabaceus* was conducted based on an almost complete coding sequence of the 18S  
681 ribosomal RNA (rRNA) gene. Phylogenetic result indicates that *C. fabaceus* is related to  
682 *Orthocoelium orthocoelium* and to other common paramphistome species parasitizing  
683 the rumen and/or reticulum of ruminants, which is in accordance with its relationship by  
684 taxonomy. Finally, we provide a checklist of understudied ecto- and endoparasites  
685 circulating in threatened Antillean manatees and the subspecies Florida manatees  
686 (*Trichechus manatus latirostris*). The data presented here will contribute not only to  
687 better understand sirenian trematode diversity but also to extend knowledge on  
688 biodiversity reduction, as is the case for monoxenous parasites of manatees, and their  
689 possible influence on ecosystem health.

690

691 **Keywords:** Antillean manatee, *Trichechus manatus manatus*, *Chiorchis fabaceus*,  
692 trematodes, biodiversity, Sirenians

693

## 694 1. Introduction

695 Manatees and dugongs, colloquially classified as sirenians, represent a large  
696 herbivorous aquatic mammal group inhabiting tropical and subtropical regions  
697 distributed within the continents of America, Africa, Asia, and Oceania. Irrespective of  
698 their geographic distribution, all extant sirenian species are currently listed either as  
699 vulnerable or endangered species to extinction by the International Union for  
700 Conservation of Nature (Hines *et al.*, 2012; Marsh *et al.*, 2011). Thus, free-ranging  
701 sirenians are internationally protected by the Convention on International Trade in  
702 Endangered Species (CITES) and by the Specially Protected Areas and Wildlife  
703 Protocol for preservation of their natural habitats (Bertram and Bertram, 1973; Vélez *et*  
704 *al.*, 2018). Sirenians of the American continent belong to the family Trichechidae,  
705 consisting of two manatee species, i.e. the Amazonian manatee (*Trichechus inunguis*)

706 inhabiting in the Amazon river basin, and the West Indian manatee (*Trichechus*  
707 *manatus*). The former species encompasses two recognised living subspecies (Table 2),  
708 the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) and the Florida manatee  
709 (*Trichechus manatus latirostris*). Antillean manatees inhabit the Caribbean coastline and  
710 inland water bodies from northern South America, Mesoamerica and Mexico whereas  
711 the Florida manatee is restricted to south-eastern Florida coasts, the Caribbean Sea and  
712 the Mexican Gulf (Bertram and Bertram, 1973). The strong currents of the Florida strait,  
713 deep water and the northern Gulf coast cold winters create an effective barrier for gene  
714 flow, suggesting little or no intermingling between Florida and Antillean manatee  
715 populations (Domning and Hayek, 1986). Additionally, the Antillean manatee phenotypic  
716 plasticity demonstrates at least a coastal marine- and a riverine-ecotype within this  
717 subspecies (Castelblanco-Martínez *et al.*, 2021).

718 Regrettably, Antillean manatees (*T. manatus manatus*) in Colombia are currently in  
719 continuous decline, therefore seeming mandatory to strengthen national conservation  
720 programs (Debrot *et al.*, 2023). Moreover, several reports evidence devastating impact  
721 of anthropogenic pressure on wild manatees, mainly due to illegal hunting, watercraft  
722 collisions, sewage pollution, brevetoxicosis, accidental death in fishing nets, invasive  
723 alien species and habitat loss (Bossart *et al.*, 1998; Castelblanco-Martínez *et al.*, 2009;  
724 Lazensky *et al.*, 2021; Montoya-Ospina *et al.*, 2001; O'Shea *et al.*, 1985; Pyšek *et al.*,  
725 2020; Vélez *et al.*, 2019; Wyrosdick *et al.*, 2018). Consistently, the latest assessment  
726 referred to a population size of approximately 400 Antillean manatees left inhabiting the  
727 Colombian-Caribbean drainage basin (Castelblanco-Martínez *et al.*, 2012; Debrot *et al.*,  
728 2023). Free-ranging Antillean manatees still reside in the Orinoco River, the Caribbean,  
729 and the Magdalena River basin (MRB) in Colombia. The MRB represents the largest  
730 natural habitat area with a basin size of approximately 257.438 km<sup>2</sup>, and therefore of  
731 enormous importance for the conservation of this endangered aquatic mammal (Bertram  
732 and Bertram, 1973; Debrot *et al.*, 2023; Montoya-Ospina *et al.*, 2001). Since manatees  
733 are robust long-living aquatic mammals, they seem to be considered as adequate  
734 sentinel species for ecosystem health (Bonde *et al.*, 2004; Fricke *et al.*, 2022; Wright *et*

735 *al.*, 2002). Manatees are obligate herbivorous mammals feeding both on a plethora of  
736 fresh- and salt-water plants, and daily consuming up to 10% of their body weight (Bonde  
737 *et al.*, 2004; Bossart, 2011). Thus, as equal as for other neotropical semiaquatic wildlife  
738 species, manatees should be considered as potential reservoir hosts for water-, food-  
739 and gastropod-borne parasites (Uribe *et al.*, 2021; Vélez *et al.*, 2018). Additionally,  
740 wildlife parasite biodiversity is of great importance in terms of host conservation, and  
741 also to understand wildlife as reservoir host for non-zoonotic and zoonotic parasites as  
742 reported previously (Gómez and Nichols, 2013; Sparagano *et al.*, 2021; Thompson *et*  
743 *al.*, 2010). Consistently, recent investigations reported not only on intestinal parasites of  
744 manatees such as *Chiorchis fabaceus*, *Nudacotyle undicola*, *Eimeria manatus* and  
745 *Eimeria nodulosa*, but also on zoonotic-relevant parasites such as *Giardia* and  
746 *Entamoeba* (Vélez *et al.*, 2019, 2018). Nevertheless, detailed knowledge on parasites of  
747 manatees, i. e. the life cycle, epizootiology, pathogenesis, immunity, and clinical  
748 relevance, is still in its infancy and needing further field investigations (Vélez *et al.*, 2019;  
749 Wyrosdick *et al.*, 2018). Additionally, biological factors such as the host species,  
750 concomitant infections, infection dose and/or age might influence susceptibility to certain  
751 parasitoses in manatees (Wyrosdick *et al.*, 2018). For instance, enteric parasitoses such  
752 as cryptosporidiosis, giardiasis and eimeriosis are more frequently reported in neonates  
753 or young animals than in older ones (Kantzanou *et al.*, 2021; Ryan *et al.*, 2021; Vélez *et*  
754 *al.*, 2018), since homologous reinfections generally result in immunological protection  
755 (Hermosilla *et al.*, 2012). While there are some parasitological data on egg-, cyst- and  
756 oocyst-morphology of relevant manatee parasites such as *Chiorchis groschafti*, *C.*  
757 *fabaceus*, *N. undicola*, *Pulmonicola cochleotrema*, *E. manatus* and *E. nodulosa*, there is  
758 lack of information on morphological and molecular analyses of manatee-specific  
759 parasites when compared to terrestrial mammals (Behringer *et al.*, 2018; Vélez *et al.*,  
760 2019; Wyrosdick *et al.*, 2018). In order to close this knowledge gap, 24 stranded  
761 Antillean manatee carcasses ( $n = 24$ ) within the MRB were analysed via necropsies for  
762 presence of metazoan parasites. Herein, a total of 31 adult *C. fabaceus* trematodes  
763 were recovered from the gastrointestinal tract and further analysed *via* scanning electron  
764 microscopy (SEM) for ultrastructural illustration of tegument, the small anterior oral

765 acetabulum, and the large posterior muscular ventral acetabulum. Additionally,  
 766 molecular phylogenetic analysis of *C. fabaceus* was conducted based on an almost  
 767 complete coding sequence of the 18S ribosomal RNA (rRNA) gene. Presented  
 768 phylogenetic results indicate that the gastrointestinal trematode *C. fabaceus* is closely  
 769 related to the species *Orthocoelium orthocoelium* as well as to other common  
 770 paramphistome species parasitizing the rumen and/or reticulum of ruminants, which is in  
 771 accordance with its relationship by taxonomy. Herein, we describe new insights on the  
 772 pathogenesis of chiorchiosis as a neglected gastropod-borne disease of Antillean  
 773 manatee. Finally, we provide a useful checklist of understudied ecto- and endoparasites  
 774 circulating in Antillean manatees as well as Florida manatees (*Trichechus manatus*  
 775 *latirostris*) including information on their microhabitat, geographic distribution when it  
 776 was available and organism annotations.

777 **Table 2:** Extant living and extinct species in the order Sirenia.

Order	Family	Species	Subspecies	Common name	Classification <sup>§</sup>	
Sirenia	Dugongidae	<i>Dugong dugon</i>		Dugong	VU	
		<i>Hydrodamalis gigas</i> <sup>†</sup>		Steller's seacow	EX	
	Trichechidae	<i>Trichechus senegalensis</i>			African manatee	VU
		<i>Trichechus inunguis</i>			Amazonian manatee	VU
		<i>Trichechus manatus</i> <sup>‡</sup>	<i>T. manatus</i>		West Indian manatee	
			<i>T. manatus manatus</i>		Antillean manatee	EN
			<i>T. manatus latirostris</i>		Florida manatee	VU
	Prorastomidae <sup>†</sup>	<i>Pezosiren portelli</i>				EX
	Protosirenidae <sup>†</sup>	<i>Prorastomus sirenoides</i>				EX

778

779 † Extinct taxa. ‡ Manatee species included in present study. § Based on the International  
 780 Union for Conservation of Nature (IUCN) threat levels of classifications for endangered  
 781 species.

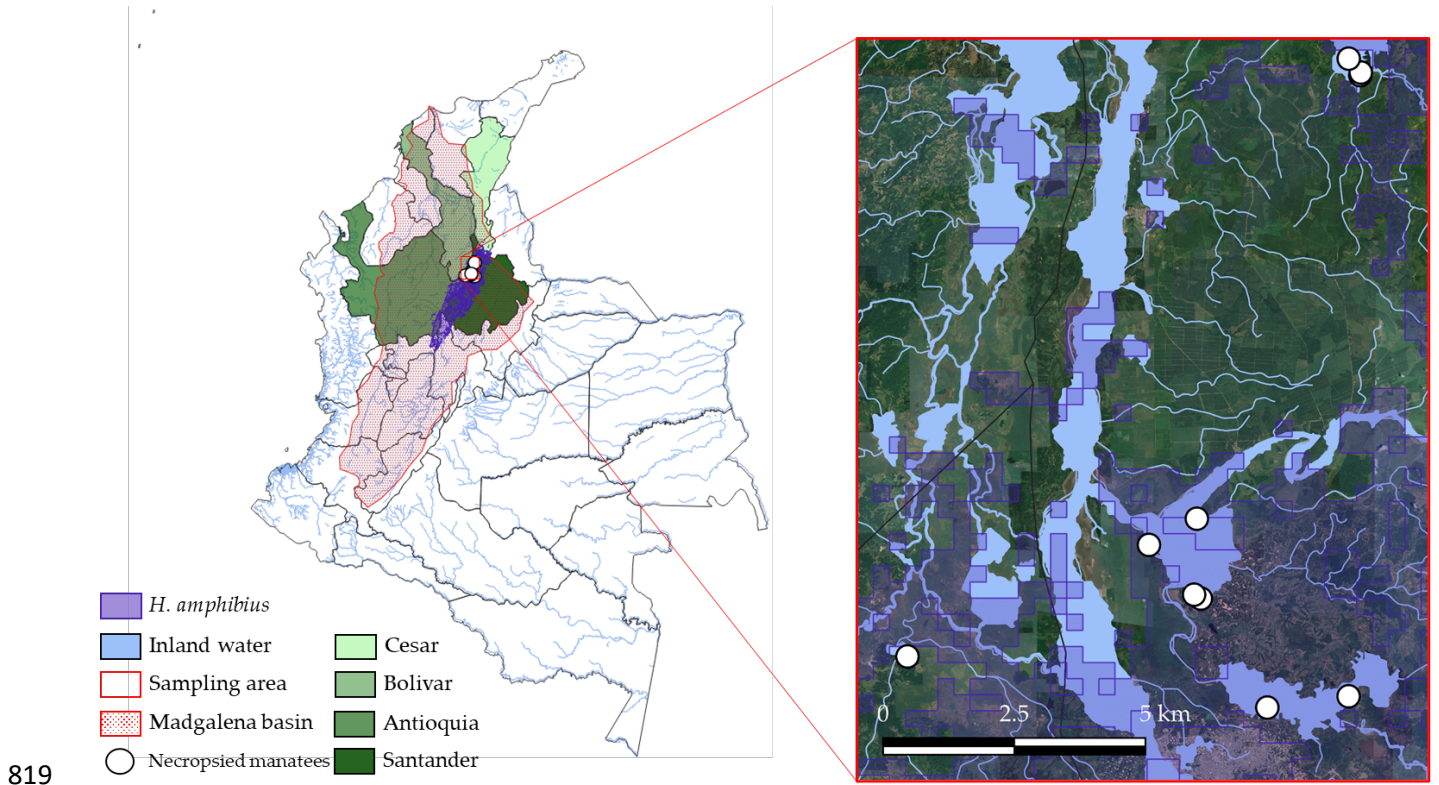
782

## 783 **2. Materials and methods**

### 784 *2.1. Study area, sample collection and parasite examination*

785 Between 2011 and 2022 a total of 24 deceased Antillean manatee carcasses ( $n = 24$ )  
786 were reported by local communities along the MRB as part of the regional initiative for  
787 the conservation of manatees with the support of non-governmental organizations  
788 (NGO) and Colombian environmental authorities. All animals were found dead floating in  
789 rivers, marshes, and wetlands in the departments of Antioquia, Bolivar, Cesar, and  
790 Santander (Fig. 2). During the study period, it was not always possible to analyse whole  
791 deceased animals and respectively organs due to challenging tropical conditions leading  
792 to advanced decomposition (i. e. autolysis). A total of 10 carefully gross necropsies ( $n =$   
793 10) were performed in Antillean manatees from marshes across inter-Andean valley  
794 locations in the departments of Antioquia and Santander, respectively. Based on the  
795 Köppen-Geiger climate classification manatee carcasses were retrieved from tropical  
796 monsoon climate in the Middle Magdalena valley (Beck *et al.*, 2018). Deceased  
797 manatees were morphologically identified and measured, thereafter assigned to 1 of 3  
798 age classes based on body size (adults  $> 275\text{cm}$ , juveniles between  $> 175\text{cm} - <$   
799  $275\text{cm}$ , and calves  $< 175\text{cm}$ ) according to (O'Shea *et al.*, 1985). Gender of animals was  
800 determined, and decomposition carcasses stage classified in accordance to and the  
801 assignment of etiological death criteria of the Sirenian Specialist Group for South  
802 America (SSGSA) (Moore *et al.*, 2020): *i*) cold stress, *ii*) crushed/drowned, *iii*) other  
803 human-related, *iv*) other natural, *v*) perinatal, *vi*) undetermined (other), *vii*) undetermined  
804 (too decomposed), *viii*) verified/not necropsied, and *ix*) watercraft. A complete evaluation  
805 of the manatees' mantle was carried out searching for potential ectoparasites and  
806 external symbionts. The *in situ* comprehensive parasitological (metazoan) examination  
807 of the respiratory system (i. e., nasal cavity, trachea, bronchi, lungs, larynx), digestive  
808 tract (i. e., throat, oesophagus, stomach, small and large intestine), and cavitary organs  
809 including pancreas, liver and bile ducts, heart, pulmonary arteries, spleen, and kidneys  
810 took place at the environs where the manatees were found dead. The collected  
811 metazoan parasites were respectively fixed in 90% EtOH and RNAlater™ (Invitrogen™)  
812 preserved, incubated at 4 °C overnight, and stored at -20°C until further morphological  
813 and molecular characterization were performed. Metazoan parasites were examined  
814 using the BH-52™ light microscope equipped with a SC30™ digital camera (Olympus,

815 Hamburg, Germany). For the morphometric analysis, the Olympus SZX7™ (Olympus  
 816 Corporation, Tokyo, Japan) stereomicroscope system with Olympus DP27™ and  
 817 SC30™ digital camera were used. For digital pictures analyses an Olympus CellSens™  
 818 imaging software was here used.



820 **Figure 2** Geographical location map of the Magdalena River Basin (MRB) within  
 821 Colombia. Detailed coordinate information on the sampling localities is refrained due to  
 822 the species conservation status. The presence-only modelling for *Hippopotamus*  
 823 *amphibius* distribution was predicted using Maximum Entropy (MaxEnt) algorithm and  
 824 expert opinions on this invasive alien species in Colombia.

825 **2.2. Ethic statemen**

826

827 The manatee carcasses were collected by conservation programs operated by the  
 828 Reserva Natural de la Sociedad Civil Cabildo Verde (RNSC-CV), the Wildlife  
 829 Conservation Society WCS and Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).

830 All animal procedures were approved by the Ethics Committee for Animal  
831 Experimentation of Universidad de Antioquia (AS No. 132) under collection permit No.  
832 0524 of 2014 (IDB0321), performed in strict compliance with the EU Directive  
833 2010/63/EU, in accordance to the Guidelines for the treatment of marine mammals in  
834 field research (Gales *et al.*, 2009), and to the Guidelines of the American Society of  
835 Mammalogists (ASM) for the use of wild mammals in research and education (Sikes,  
836 2016). All animals included in this study were found dead, and their carcasses were  
837 either collected along the main boat transits or by local communities.

838

### 839 2.3. Scanning electron microscopy (SEM)

840 As previously successfully used in previous parasitological reports on aquatic mammals  
841 such as the common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), sperm whales (*Physeter*  
842 *macrocephalus*) and manatees (Hermosilla *et al.*, 2018; Vélez *et al.*, 2019; Villagra-  
843 Blanco *et al.*, 2017), herein we analyse the ultrastructure of trematode species *C.*  
844 *fabaceus* recovered during field necropsies. Briefly, the adult parasites were gently  
845 homogenized to lysate the body tissue and organs including the uterus and cirrus sac in  
846 order to obtain eggs. Some droplets of the supernatant of the parasite macerate and  
847 whole specimens were carefully deposited on 10 mm diameter poly-L-lysine (Merck,  
848 Darmstadt, Germany) pre-coated glass coverslips (Nunc). Trematode stages were fixed  
849 in 2.5% glutaraldehyde (Merck) and thereafter post-fixed in 1% osmium tetroxide  
850 (Merck), washed in double-distilled water (ddH<sub>2</sub>O), critical point dried by CO<sub>2</sub>-treatment  
851 and subsequently gold particles-covered as described for manatee parasite probes  
852 (Vélez *et al.*, 2019). Afterwards, specimens subjected to SEM analysis were examined  
853 using XL30® scanning electron microscope (Philips, Hillsboro, USA) allocated at the  
854 Institute of Anatomy and Cell Biology, Justus Liebig University Giessen, Germany.

### 855 2.4. Molecular phylogenetics

856 To characterize the metazoans collected during necropsy procedures, the specimens  
857 were rehydrated in descendant concentrations of EtOH, gently washed 5 times in 1X

858 PBS solution, and thereafter lysate in ALT buffer with 20mg/ml proteinase K added  
859 incubated at 56°C. Total DNA was obtained following the manufacturer instructions for  
860 the DNeasy Blood & Tissue Kit® (Qiagen, Dusseldorf, Germany). Partial ribosomal  
861 regions of the small subunit (SSU), the large subunit (LSU) and 5.8S were amplified  
862 using the following specific primers: WormA, NF1, 18S, WormB, (for the SSU), ZX-1,  
863 NC2, Plagi 28S-r1, D3A, D3B (for the LSU) and NC1 (for the 5.8 S) (Littlewood and  
864 Olson, 2014)(Vélez *et al.*, 2019) . A ~1600 bp partial ribosomal fragments of the small  
865 subunit (18S) region were PCR-amplified using the primers: for-5'-  
866 GGTGGTGCATGGCCGTTCTTAGTT-3', and rev-5'-TTAGTTTCTTTTCCTCCGCT-3',  
867 following thermocycle profiles previously described (Vélez *et al.*, 2018). The PCR  
868 amplicons were isolated from a preparative agarose gel using the HiYield Gel/PCR DNA  
869 Extraction Kit (Süd-Laborbedarf, Gauting, Germany). All PCR products were bi-  
870 directionally sequenced by LGC Biosearch Technologies (Berlin, Germany). Superfamily  
871 Paramphistomoidea representative 18S rDNA sequences of the recognized extant  
872 species were included to reveal the phylogenetic position of analysed specimen.  
873 SeqManPro 7.1.0 (DNASTAR Inc., USA) was used to *in silico* edit, and finally  
874 assembled the sequence. The 18S rDNA alignment were conducted using the online  
875 version of MAFFTv. 7 (available at <https://mafft.cbrc.jp/alignment/server/>) (Kato and  
876 Standley, 2013). Finally, a Neighbor-Joining algorithm analysis under 1000 bootstrap  
877 replicates was conducted in MEGAX software. Nucleotide sequence divergences were  
878 calculated using Kimura2-parameter (K2P) model for multiple substitution distance  
879 correction and were in the units of the number of base substitutions per site (Kumar *et*  
880 *al.*, 2018). The bootstrap consensus tree inferred from 1000 replicates was taken to  
881 represent the evolutionary history of analysed helminth (Felsenstein, 1985). Branches  
882 corresponding to partitions reproduced in less than 50% bootstrap replicates were  
883 collapsed. The obtained DNA sequences of *C. fabaceus* has been submitted to  
884 GenBank under the accession number.

885

886 *2.5. The checklist structures*



887 The current manuscript discusses an annotated checklist of protozoan, helminthic, and  
888 arthropod parasite species reported in the West Indian manatee (*T. manatus*), based on  
889 extensive literature searches through May 2023. The checklist was drawn up based on  
890 publications from the period between 1838 and 2021. A systematic bibliographic search  
891 of the PubMed database (U.S. National Library of Medicine National Institutes of Health;  
892 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), the Marine Mammals Research and  
893 Conservation Discussion (MARMAM; <https://lists.uvic.ca/mailman/listinfo/marmam>),  
894 Scopus (<https://www.scopus.com>), ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>), Web  
895 of Science (<https://www.webofscience.com>), and World Register of Marine Species;  
896 (WoRMS; <https://www.marinespecies.org/>) was also performed using the keyword  
897 search phrases of various taxa in combination with manatee infection and case reports.  
898 Described parasite taxa have been arranged in systematic order. The list further  
899 includes information on the microhabitat, geographic distribution when it is available and  
900 organism annotations.

901

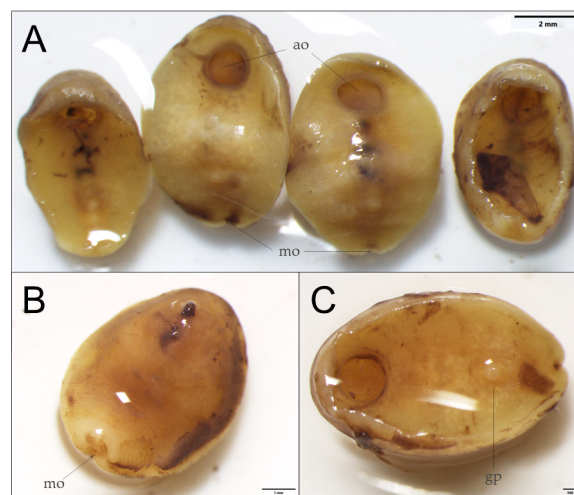
### 902 **3. Results**

#### 903 *3.1. Morphological and molecular parasite identification of Antillean manatee*

904 There were neither ectoparasites nor external symbionts detected in the mantle of the  
905 manatees studied. A macroscopical examination of the liver, kidneys, pancreas, and  
906 spleen was performed during the evaluation of the manatee carcasses. A longitudinal  
907 cut along the respiratory system (nose, larynx, trachea, and bronchi) as well as an  
908 examination of the peritoneum- and thoracic cavity resulted in the absence of metazoan  
909 parasites. The gastrointestinal examination of one case, i. e., an adult male Antillean  
910 manatee, unveiled the abundant presence of non-segmented helminths in the posterior  
911 portion of the stomach, the small intestine to the caecum and the first portion of the  
912 colon (i. e., ascendant colon) from the necropsies performed above. This individual  
913 presented a low body condition, absence of food content in the anterior portion of the  
914 gastrointestinal tract, multiple stomach petechial areas and perforating gastric ulcers.  
915 Additionally, marked unilateral nephromegaly of the left kidney was observed with

916 consequent loss of typical kidney lobulations for the species as equal as multiple  
917 parenchymal accesses. No macroscopic evidence of segmented helminths (cestodes),  
918 acanthocephalans, or nematodes were observed.

919 Thereafter, metazoan parasite examination showed two morphological types of  
920 digenean adult trematodes, one narrower and smaller than the other (Fig. 3A).  
921 Tegument folds and grooves were slightly visible around the mouth opening area in the  
922 dorsal surface view (Fig. 3B). Distinctly a circular-shape subterminal large ventral  
923 acetabulum was noticed and the genital pore was located at an anterior-acetabular level  
924 (Fig. 3C). As other related paramphistomes, commonly referred to as gastric- or rumen-  
925 flukes, analysed specimens were characterized by the absence of an oral sucker. The  
926 collected trematodes mean morphometric measurements were total body length of 5.64  
927 mm, body breadth of 3.97 mm, and an acetabular opening of 1.14  $\mu\text{m}$  x 1.17  $\mu\text{m}$ . Based  
928 on the trematode intra-organic distribution within the host and parasite characteristic  
929 traits, the specimen described herein correspond well with the cladorchiid digenean  
930 species *Chiorchis fabaseus*.

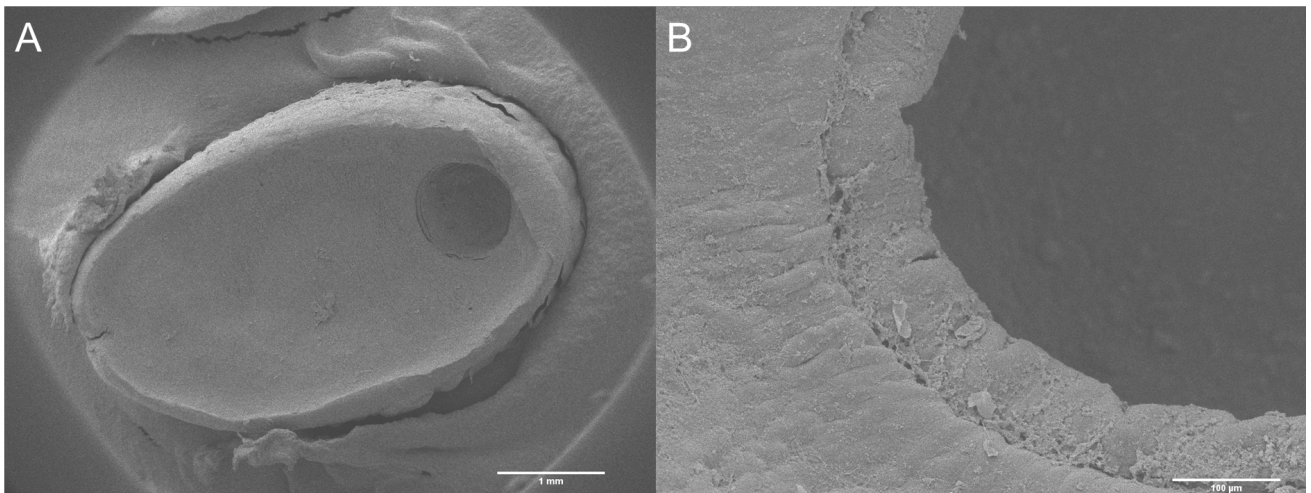


931

932 **Figure 3** Microphotograph images illustration of adult specimen of *Chiorchis fabaseus*  
933 recovery from an adult male Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*)  
934 gastrointestinal tract in Ciénega de Paredes (Santander), Colombia. (A) Ventral view of  
935 whole specimen's shows the two morphological body types in accordance with (Bando

936 *et al.*, 2014). Notice the small mouth opening (mo) and the large muscular caudal  
937 acetabular opening (ao) or ventral/caudal sucker. **(B)** Dorsal surface view. **(C)** Ventral  
938 view close-up photograph of the genital pore (gp) opening at the anterior one-third.  
939 Scale bars: (A) 2 mm, (B) 500  $\mu$ m, and (C) 1 mm.

940 The scanning electron microscopy (SEM) analyses allowed to evidence a bluntly  
941 rounded posterior end and slightly tapered anterior end without oral lobes of trematodes  
942 (Fig. 4A). As equal as the related genus *Paraibatrema* sp., herein described specimens  
943 showed lack of a genital sucker. An elongate middle to large robust body with maximum  
944 width at middle-body level and aspinose smooth tegument with folds and grooves was  
945 evidenced in the acetabular region (Fig. 4B). Adult parasite stages exhibit a double-  
946 walled deeply seated acetabulum opening with post acetabular region cobble shaped  
947 but papillae absence. The depth of the acetabular sucker was approximately 1 mm.



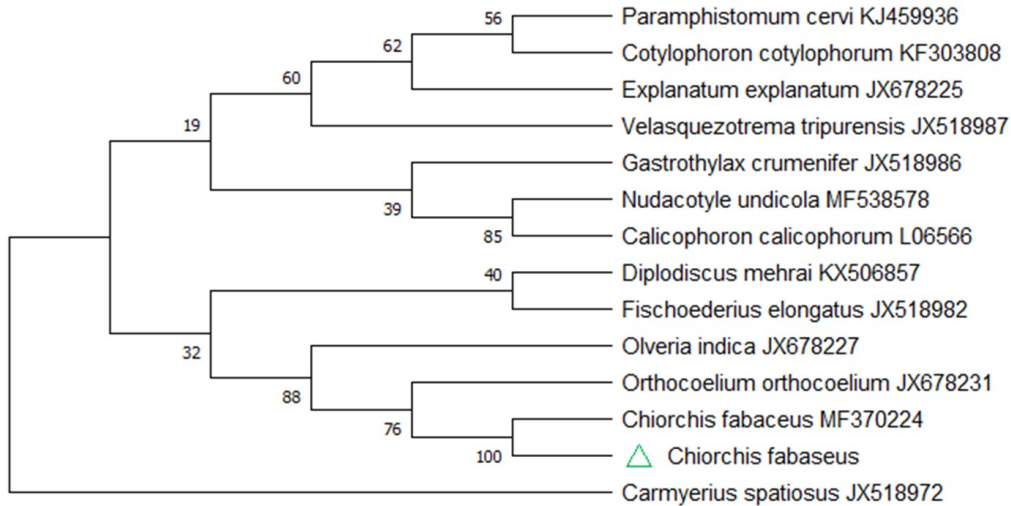
948

949 **Figure 4** (A) Lower magnification scanning electron microscopy (SEM) micrograph of  
950 whole adult *Chiorchis fabaceus* specimen showing the tegument, the small oral opening  
951 and the large ventral acetabulum. (B) Higher magnification of large ventral acetabulum  
952 border and folded tegument. Scale bar: (A) 1mm, and (B) 100 $\mu$ m.

953 Additionally, to identify the digenean trematode relationship within the superfamily  
954 Paramphistomoidea, an almost complete 1662 bp-long fragment of 18S ribosomal RNA  
955 (rRNA) gene subjected to phylogenetic analysis showing that analysed specimen

956 clustered within the representative of *Chiorchis fabaseus* (Fig. 5). Newly characterized  
 957 gene sequences were deposited in GenBank.

958



959

960 **Figure 5** Bootstrap consensus tree inferred from 1000 replicates, taken to represent the  
 961 evolutionary history of the taxa analysed. Phylogenetic position of digenean trematode  
 962 isolate obtained during manatee necropsy is indicated by a green triangle. The analysis  
 963 involved 14 trematode 18S rRNA nucleotide sequences obtained during the present  
 964 study (1) or retrieved from the GenBank database (13), and one sequence of  
 965 *Carmyerius spatiosus*, used as outgroup.

966

967 **3.2. An annotated checklist of West Indian manatee (*Trichechus manatus*) reported**  
 968 **parasites**

969 **3.2.1. Metamonada**

970 ***Giardia* sp.**

971 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>1,2</sup>

972 Locality: Brazil<sup>1</sup>, Colombia<sup>2</sup>

973 References: (Borges *et al.*, 2017a)<sup>1</sup>, (Vélez *et al.*, 2019)<sup>2</sup>

974

975 3.2.2. *Apicomplexa*

976 ***Cryptosporidium* sp.**

977 Microhabitat: large intestinal content (Faeces)<sup>1,2</sup>, floating faeces<sup>3</sup>, necropsy<sup>3</sup>

978 Locality: Brazil<sup>1,2,3</sup>

979 References: (Borges *et al.*, 2011)<sup>1</sup>, (Borges *et al.*, 2009)<sup>2</sup>, (Borges *et al.*, 2017a)<sup>3</sup>

980

981 ***Eimeria manatus*** (Upton, Odell, Bossart and Walsh, 1989)

982 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>1-3</sup>

983 Locality: Florida<sup>1,2</sup>, Colombia<sup>3</sup>

984 References: (Upton *et al.*, 1989)<sup>1</sup>, (Bando *et al.*, 2014)<sup>2</sup>, (Vélez *et al.*, 2018)<sup>3</sup>

985

986 ***Eimeria nodulosa*** (Upton, Odell, Bossart and Walsh, 1989)

987 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>1-4</sup>

988 Locality: Florida<sup>1,2</sup>, Colombia<sup>3,4</sup>

989 References: (Upton *et al.*, 1989)<sup>1</sup>, (Bando *et al.*, 2014)<sup>2</sup>, (Vélez *et al.*, 2018)<sup>3</sup>, (Vélez *et*  
990 *al.*, 2019)<sup>4</sup>

991

992 ***Eimeria trichechi*** (Lainson, Naiff and Shaw 1983)

993 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>1</sup>

994 Locality: Brazil<sup>1</sup>

995 References: (Lainson *et al.*, 1983)<sup>1</sup>

996

997 ***Eimeria* sp. A and *Eimeria* sp. B**

998 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>1</sup>

999 Locality: Colombia<sup>1</sup>

1000 References: (Vélez *et al.*, 2019)<sup>1</sup>

1001

1002 ***Eimeria* spp.**

1003 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>1</sup>

1004 Locality: Florida<sup>1</sup>, Puerto Rico<sup>1</sup>

1005 References: (Wyrosdick *et al.*, 2018)<sup>1</sup>

1006

1007 ***Entamoeba* sp.**

1008 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>1</sup>

1009 Locality: Colombia<sup>1</sup>

1010 References: (Vélez *et al.*, 2019)<sup>1</sup>

1011

1012 ***Toxoplasma gondii*** (Nicolle & Manceaux, 1908)

1013 Microhabitat: not mentioned (serological assay)<sup>1-3</sup>, Brain<sup>4</sup>, Cerebellum<sup>5</sup>

1014 Locality: Brazil<sup>1,4</sup>, Belize<sup>2</sup>, Puerto Rico<sup>3</sup>, Florida<sup>5</sup>

1015 References: (Attademo *et al.*, 2016)<sup>1</sup>, (Sulzner *et al.*, 2012)<sup>2</sup>, (Bossart *et al.*, 2012)<sup>3</sup>,  
1016 (Buergelt and Bonde, 1983)<sup>4</sup>, (Smith *et al.*, 2016)<sup>5</sup>

1017 **3.2.3. Digenea**

1018 ***Chiorchis fabaceus*** (Diesing, 1838)

1019 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>1,3,6,7</sup>, duodenum<sup>5</sup>, ilium<sup>5</sup>, colon<sup>2,4,5</sup>,  
1020 caecum<sup>2,5</sup>, small intestine<sup>2</sup>, stomach<sup>2</sup>

1021 Locality: Florida<sup>1,2</sup>, Mexico<sup>3</sup>, Dominican Republic<sup>4</sup>, Puerto Rico<sup>5</sup>, Colombia<sup>6,7,\*</sup>

1022 References: (Bando *et al.*, 2014)<sup>1</sup>, (Beck and Forrester, 1988)<sup>2</sup>, (Olivera Gómez, 2017)<sup>3</sup>,  
1023 (Mignucci-Giannoni *et al.*, 1999b)<sup>4</sup>, (Mignucci-Giannoni *et al.*, 1999a)<sup>5</sup>, (Vélez *et al.*,  
1024 2018)<sup>6</sup>, (Vélez *et al.*, 2019)<sup>7</sup>, current study\*

1025

1026 ***Chiorchis groschafti*** (Coy Otero, 1989)

1027 Microhabitat: large intestine<sup>1</sup>, not mentioned (faecal examination)<sup>2,4</sup>, intestine<sup>3</sup>,  
1028 gastrointestinal tract<sup>5</sup>

1029 Locality: Puerto Rico<sup>1,3</sup>, Florida<sup>2</sup>, Mexico<sup>4</sup>, Belize<sup>5</sup>

1030 References: (Bossart *et al.*, 2012)<sup>1</sup>, (Bando *et al.*, 2014)<sup>2</sup>, (Colón-Llavina *et al.*, 2009)<sup>3</sup>,  
1031 (Olivera Gómez, 2017)<sup>4</sup>, (Lucot *et al.*, 2020)<sup>5</sup>

1032

1033 ***Moniligerum blairi*** (Dailey, Vogelbein & Forrester, 1988)

1034 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>1,4</sup>, mucosa and submucosa of the  
1035 small intestine<sup>2,3</sup>

1036 Locality: Florida<sup>1,2,3,4</sup>, Puerto Rico<sup>4</sup>

- 1037 References: (Bando *et al.*, 2014)<sup>1</sup>, (Beck and Forrester, 1988)<sup>2</sup>, (Dailey *et al.*, 1988)<sup>3</sup>,  
1038 (Wyrosdick *et al.*, 2018)<sup>4</sup>
- 1039
- 1040 ***Nudacotyle undicola*** (Dailey, Vogelbein & Forrester, 1988)
- 1041 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>1,4,5</sup>, small intestine<sup>2,3</sup>, duodenum<sup>2</sup>,  
1042 caecum<sup>2</sup>, colon<sup>2</sup>
- 1043 Locality: Florida<sup>1,2,3,5</sup>, Colombia<sup>4</sup>, Puerto Rico<sup>5</sup>
- 1044 References: (Bando *et al.*, 2014)<sup>1</sup>, (Beck and Forrester, 1988)<sup>2</sup>, (Dailey *et al.*, 1988)<sup>3</sup>,  
1045 (Vélez *et al.*, 2018)<sup>4</sup>, (Wyrosdick *et al.*, 2018)<sup>5</sup>
- 1046
- 1047 ***Pulmonicola cochleotrema*** (Travassos & Vogelsang, 1931)
- 1048 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>2,8,12</sup>, nares/nostrils<sup>1,3-7, 9-11</sup>, lungs<sup>3,5</sup>,  
1049 stomach<sup>3</sup>, trachea<sup>5,10, 11</sup>, bronchi<sup>5</sup>, larynx<sup>11</sup>
- 1050 Locality: Puerto Rico<sup>1, 6,11,12</sup>, Florida<sup>2,3,12</sup>, Brazil<sup>4,5,7</sup>, Mexico<sup>8</sup>, Belize<sup>9</sup>, Dominican  
1051 Republic<sup>10</sup>
- 1052 References: (Bossart *et al.*, 2012)<sup>1</sup>, (Bando *et al.*, 2014)<sup>2</sup>, (Beck and Forrester, 1988)<sup>3</sup>,  
1053 (Borges *et al.*, 2017c)<sup>4</sup>, (Carvalho *et al.*, 2009)<sup>5</sup>, (Colón-Llavina *et al.*, 2009)<sup>6</sup>, (Borges *et*  
1054 *al.*, 2017b)<sup>7</sup> (Olivera Gómez, 2017)<sup>8</sup>, (Lucot *et al.*, 2020)<sup>9</sup>, (Mignucci-Giannoni *et al.*,  
1055 1999b)<sup>10</sup>, (Mignucci-Giannoni *et al.*, 1999a)<sup>11</sup>, (Wyrosdick *et al.*, 2018)<sup>12</sup>
- 1056 Remark: Reported as current unaccepted synonymic *Cochleotrema cochleotrem*<sup>3,10</sup>
- 1057
- 1058 3.2.4. *Cestoda*
- 1059 ***Anoplocephala* sp.**



- 1060 Microhabitat: small intestine<sup>1</sup>
- 1061 Locality: Florida<sup>1</sup>
- 1062 References: (Beck and Forrester, 1988)<sup>1</sup>
- 1063 Remark: Infection of 1 specimen of *Anoplocephala* sp. in a single manatee likely was  
1064 accidental and of equine  
1065 origin<sup>1</sup>
- 1066
- 1067 **3.2.5. Nematoda**
- 1068 ***Ascarididae* gen. sp.**
- 1069 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>1</sup>
- 1070 Locality: Mexico<sup>1</sup>
- 1071 References: (Olivera Gómez, 2017)<sup>1</sup>
- 1072
- 1073 ***Cutidiplogaster manati*** (Fürst von Lieven, Uni, Ueda, Barbuto & Bain, 2011)
- 1074 Microhabitat: Skin<sup>1,2</sup>
- 1075 Locality: Florida<sup>1</sup>, Japan<sup>2</sup>
- 1076 References: (Gonzalez *et al.*, 2021)<sup>1</sup>, (von Lieven *et al.*, 2011)<sup>2</sup>
- 1077 Remark: Highly specialized free-living epibionts of the skin<sup>1</sup>, report in captive animal<sup>2</sup>.
- 1078
- 1079 ***Heterocheilus tunicatus*** (Diesing, 1839)

- 1080 Microhabitat: not mentioned (faecal examination)<sup>1,8</sup>, stomach<sup>2, 3,6,7</sup>, duodenum<sup>2</sup>, small  
1081 intestine<sup>2</sup>, colon<sup>2</sup>, caecum<sup>2</sup>, gastrointestinal tract<sup>5</sup>
- 1082 Locality: Florida<sup>1,2,8</sup>, Puerto Rico<sup>3,7,8</sup>, Mexico<sup>4</sup>, Belize<sup>5</sup>, Dominican Republic<sup>6</sup>
- 1083 References: (Bando *et al.*, 2014)<sup>1</sup>, (Beck and Forrester, 1988)<sup>2</sup>, (Colón-Llavina *et al.*,  
1084 2009)<sup>3</sup>, (Olivera Gómez, 2017)<sup>4</sup>, (Lucot *et al.*, 2020)<sup>5</sup>, (Mignucci-Giannoni *et al.*, 1999b)<sup>6</sup>,  
1085 (Mignucci-Giannoni *et al.*, 1999a)<sup>7</sup>, (Wyrosdick *et al.*, 2018)<sup>8</sup>
- 1086 3.2.6. *Arthropoda*
- 1087 ***Aedes (Ochlerotatus) taeniorhynchus*** (Wiedemann, 1821)
- 1088 Microhabitat: skin
- 1089 Locality: Florida
- 1090 References: (Reeves and Gillett-Kaufman, 2020)
- 1091 Remark: Parasite capable of locating, landing on, and bite West Indian manatees.
- 1092
- 1093 ***Anopheles atropos*** (Dyar & Knab, 1906)
- 1094 Microhabitat: skin
- 1095 Locality: Florida
- 1096 References: (Reeves and Gillett-Kaufman, 2020)
- 1097 Remark: Parasite capable of locating, landing on, and bite West Indian manatees.
- 1098
- 1099 ***Balaenophilus manatorum*** (Ortiz, Lalana & Torres-Fundora, 1992)
- 1100 Microhabitat: skin<sup>1,2</sup>

- 1101 Locality: Cuba<sup>1</sup>, Mexico<sup>2</sup>
- 1102 References: (Ortiz *et al.*, 1992)<sup>1</sup>, (Suárez-Morales *et al.*, 2010)<sup>2</sup>
- 1103 Remark: Arthropod reported as epibiont<sup>2</sup>.
- 1104
- 1105 ***Chelonibia manati*** (Gruvel, 1903)
- 1106 Microhabitat: skin<sup>1</sup>
- 1107 Locality: Puerto Rico<sup>1</sup>, Cuba<sup>2</sup>
- 1108 References: (Mignucci-Giannoni *et al.*, 1999a)<sup>1</sup>, (Ortiz *et al.*, 2010)<sup>2</sup>
- 1109 Remark: Reported as a commensal species<sup>1,2</sup>
- 1110
- 1111 ***Culex (Melanoconion) iolambdis*** (Dyar 1918)
- 1112 Microhabitat: skin
- 1113 Locality: Florida
- 1114 References: (Reeves and Gillett-Kaufman, 2020)
- 1115 Remark: Parasite capable of locating, landing on, and bite West Indian manatees.
- 1116
- 1117 ***Sinelobus sp.*** (Sieg, 1980)
- 1118 Microhabitat: skin
- 1119 Locality: Cuba
- 1120 References: (Ortiz *et al.*, 2010)

1121 Remark: Reported as a commensal species

#### 1122 **4. Discussion**

1123 Parasitic trematodes are found all over the world, but they are most prevalent in tropical  
1124 and subtropical areas (Fürst *et al.*, 2012; Robinson and Sotillo, 2022). The digenetic  
1125 trematodes are a diverse group of parasites with over 25000 species that have a  
1126 significant economic impact as a major cause of morbidity and mortality in human and  
1127 animal health (Esch, 2002; Keiser and Utzinger, 2009; Toledo and Fried, 2019).  
1128 Moreover, the global trematode burden appears to be significantly underestimated, and  
1129 thus trematode-derived diseases have been neglected for years (Chai and Jung, 2022).  
1130 At least one digenetic trematode has been reported from most groups of wildlife,  
1131 however the complex life cycles which commonly involve 2 to 3 or even 4 obligate  
1132 intermediate hosts remain not fully described, and therefore the majority of trematodes  
1133 infecting wildlife species are still considered neglected or still unknown (Bolek *et al.*,  
1134 2019; Esch, 2002). Consequently, the manatee trematode life cycles of the species *C.*  
1135 *fabaceus*, *C. groschafti* (Cladorchiidae), *Indosolenorchis hirudinaceus*  
1136 (Paramphistomidae), *Moniligerum blairi* (Opisthotrematidae), *N. undicola*  
1137 (Nudacotylidae), *P. cochleotrema* (Opisthotrematidae), *Solenorchis travassosi*  
1138 (Cladorchiidae), and *Zygocotyle lunata* (Paramphistomatidae) are partially unsolved  
1139 since larval stages and gastropod intermediate hosts remain undescribed (Bando *et al.*,  
1140 2014; Blair, 1980; Vélez *et al.*, 2019).

1141 Current study identified an Antillean manatee extensively infected with *C. fabaceus*  
1142 within the superfamily Paramphistomoidea (Cladorchiidae family). This trematode was  
1143 the first described parasite in sirenians almost 185 years ago (Diesing, 1838). During the  
1144 past century, this gastrointestinal parasite was sporadically identified in Belize,  
1145 Colombia, Dominican Republic, Florida, Mexico, and Puerto Rico based on eggs  
1146 morphology, but there are scarce data descriptions on adults (Bando *et al.*, 2014; Beck  
1147 and Forrester, 1988; Bossart *et al.*, 2012; Colón-Llavina *et al.*, 2009; Lucot *et al.*, 2020;  
1148 Mignucci-Giannoni *et al.*, 1999b, 1999a; Olivera Gómez, 2017; Vélez *et al.*, 2019, 2018).

1149 Herein, we describe via SEM analysis the high-resolution morphology of tegument,  
1150 genital pore, large ventral sucker, and molecular identification of *C. fabaceus* adults  
1151 parasitizing the stomach, small and large intestine of free-ranging Colombian manatees  
1152 inhabiting the MRB. Since the outdated *Chiorchis hawkesii* thereafter classified as  
1153 *Pseudodiscus (Hawkesius) hawkesii* (Firdausy *et al.*, 2019), to date the genus *Chiorchis*  
1154 is composed by two trematode species, i.e., *C. fabaceus* and *C. groschafti*, and  
1155 *Chirochis purvisi* reported in turtles (Southwell and Kirshner, 1937). As reported  
1156 previously for other closely related paramphistomes parasitizing the digestive tract, liver  
1157 and bile duct of many herbivorous ruminants, this infections results in important  
1158 productivity and economic losses among domestic animals (Anuracpreeda *et al.*, 2015).  
1159 Adults of *C. fabaceus* were found mainly located in the manatee stomach but extended  
1160 to the duodenum, jejunum, ileum, caecum, and ascendant colon. Consequently,  
1161 chiorchiosis may lead to extensive intestine ulcerative areas due to strong sucking  
1162 activities of ventral acetabula and resulting in multifocal necrotizing colitis in manatees  
1163 as described in monogastric semiaquatic mammals infected with parasites of the  
1164 Cladorchiidae family (Uribe *et al.*, 2021). Likewise related amphistomes characterized to  
1165 generate mucosal lesions in the stomach and intestine, chiorchiosis in manatees could  
1166 manifest with loss of appetite and consequent low body condition, foetid diarrhoea,  
1167 dehydration, emaciation, extreme weakness with consequent exhaustion, oedema and  
1168 subnormal temperature (Conga *et al.*, 2022; Sreedevi *et al.*, 2017).

1169 Furthermore, ostensibly smaller trematode species such as *M. blairi* and *N. undicola* are  
1170 associated with histological lymphoplasmacytic ulcerative enteritis with submucosal  
1171 oedema and crypt atrophy, grossly visible and variably haemorrhage, nodular, necrotic,  
1172 and rugose intestinal mucosa in manatees (Arnett-Chinn *et al.*, 2013; Dailey *et al.*, 1988;  
1173 Panike *et al.*, 2017; Weisbrod *et al.*, 2021). Conversely, *C. fabaceus*, which are much  
1174 larger than *M. blairi* and *N. undicola*, might induce severe gastrointestinal mucosal  
1175 lesions through strong sucking activities in infected host. The large muscular ventral  
1176 acetabulum is not only large (1 mm of diameter) but also deep. Our findings strongly

1177 suggest that highly underestimated enteric trematode should be considered as a  
1178 concomitant cause of death in manatees with high parasitic burden.

1179 Since all extant trematodes require either terrestrial/amphibious or aquatic obligate  
1180 gastropod intermediate hosts, it would be appropriate to analyse in depth the gastropod  
1181 fauna (e. g., snails, slugs, and semi-slugs) inhabiting aquatic biomes (i.e., flooded areas,  
1182 rivers, natural lakes, and coastal line) shared by manatees, domestic animals, and  
1183 humans to better understand life cycle of sirenian trematodes such as *C. fabaceus*.  
1184 Moreover, trematode larval stages should be investigated in grass and seagrasses,  
1185 mangrove, algae and invertebrates as main sirenian dietary sources (Allen *et al.*, 2018;  
1186 Takoukam Kamla *et al.*, 2021). The predicted hippopotamus (*Hippopotamus amphibius*)  
1187 distribution in Colombia is overlapping with the Antillean manatee habitats, thus raising  
1188 the possibility of intra-specific interactions between these two megaherbivore aquatic  
1189 animals and the ecological or parasitological consequent effects of this invasive alien  
1190 species remains unsolved (Subalusky *et al.*, 2021). Further research is necessary to  
1191 understand complex trematode-gastropod interactions in order to develop effective  
1192 diagnostic field tests, and determine the parasite burden (Pfukenyi and Mukaratirwa,  
1193 2018).

1194 In the annotated parasite check list, we present a total of 24 taxa records of protozoans,  
1195 helminths, and arthropods so far described in West Indian manatees. Some of these  
1196 reports include common manatee-specific, i.e. monoxenous species, as well as  
1197 incidental parasites, epibionts, or facultative parasite species that could also interfere  
1198 with manatee health. The monoxenous coccidians *E. manatus*, *E. nodulosa* and *Eimeria*  
1199 *trichechi* have all been reported in Brazil, Colombia and USA (Bando *et al.*, 2014; Upton  
1200 *et al.*, 1989; Vélez *et al.*, 2018). In Colombian manatees, smaller coccidian oocyst sizes  
1201 of *E. manatus* have been described as types A and B (Vélez *et al.*, 2019). Moreover,  
1202 important cosmopolitan zoonotic parasites such as *Cryptosporidium*, *Giardia*,  
1203 *Toxoplasma gondii* and *Entamoeba* have been identified infecting wild manatee  
1204 populations along the Neotropics. As ubiquitous zoonotic protozoans, *Cryptosporidium*  
1205 *parvum* and *Giardia intestinalis* are significant etiologies of diarrhoea worldwide and

1206 responsible for numerous water- and food-borne diseases outbreaks (Jones and  
1207 Tardieu, 2021; Ryan *et al.*, 2021). Cryptosporidiosis and giardiasis have been identified  
1208 as emerging and neglected poverty-related diseases (PRD) in developing countries  
1209 where the major wildlife role for disease transmission to human populations has been  
1210 highlighted (Santin, 2020; Zhang *et al.*, 2021). Environmental water pollution with either  
1211 highly resistant *C. parvum*-oocysts or *G. intestinalis*-cysts originating from humans and  
1212 domestic animals sewage, represent the main route of infection for wild manatees as  
1213 discussed elsewhere (Appelbee *et al.*, 2005). More importantly, *C. parvum* and *G.*  
1214 *intestinalis* infect various species of aquatic mammals including the Antillean- and  
1215 Amazonian manatee in Brazil (Borges *et al.*, 2017a) and zoonotic *C. parvum* genotype  
1216 was identified in sirenians (Morgan *et al.*, 2000). For *Giardia* there is only one report in  
1217 Colombian Antillean manatee (Vélez *et al.*, 2019). Public health threatening PRD are  
1218 often recorded in aquatic-, semiaquatic mammals and marine environments (Olson *et*  
1219 *al.*, 2004). Despite not been fully elucidated, several *T. gondii* transmission routes have  
1220 been identified in aquatic ecosystems and numerous species of wild marine mammals  
1221 around the world (Li *et al.*, 2022). Manatees are not the exception and this polyxenous  
1222 obligate intracellular parasite, capable to infect all warm-blooded mammals, occurred as  
1223 well in free-ranging Amazonian- and Florida manatee populations (Mathews *et al.*, 2012;  
1224 Smith *et al.*, 2016). Additionally, *T. gondii* antibodies have been detected in captive  
1225 Antillean manatees (Attademo *et al.*, 2016). To the best of our knowledge, potentially  
1226 zoonotic *Entamoeba*/*Entamoeba*-like in manatees have only been identified in two  
1227 reports respectively from Colombia and Florida (Vélez *et al.*, 2019; Wyrosdick *et al.*,  
1228 2018). Since all extant sirenians play key ecological roles in fresh-, brackish-, and  
1229 marine biomes, further research is needed on manatee-associated toxoplasmosis to  
1230 reveal its clinical importance as either congenital- or postnatal toxoplasmosis. As  
1231 manatee meat is consumed in many countries the role of *T. gondii* transmission to  
1232 humans should not be underestimated.

1233 The genus *Anoplocephala* is the only manatee cestode reported in literature likely as an  
1234 accidental finding of equine origin as equal as the record of Ascarididae gen. sp. The

1235 occurrence of this parasites could be explained because manatees share habitat with  
1236 domestic animal and human populations with consequent sewage pollution and potential  
1237 parasite transmission (Beck and Forrester, 1988; Olivera Gómez, 2017; Titcomb *et al.*,  
1238 2021). To the best of our knowledge there are only two species of West Indian manatee-  
1239 specific nematodes reported. Respectively, the gastrointestinal ascarid *Heterocheilus*  
1240 *tunicatus* (Heterocheilidae) widely reported in Florida, Puerto Rico, Mexico, Belize, and  
1241 Dominican Republic, while the skin-associated *Cutidiplogaster manati* (Diplogastridae)  
1242 was first reported on a captive manatee in Japan and the body surface of free-roaming  
1243 manatees in Florida (Gonzalez *et al.*, 2021; von Lieven *et al.*, 2011). Since the  
1244 nematode life cycles are completely unknown further research will be needed to fully  
1245 understand their distribution, clinical manifestation, and health impact among sirenian  
1246 populations.

1247 The mosquitoes *Aedes (Ochlerotatus) taeniorhynchus*, *Anopheles atropos*, and *Culex*  
1248 (*Melanoconion) iolambdis* have a wide host range and capable bite manatees (Blosser  
1249 *et al.*, 2016; Reeves and Gillett-Kaufman, 2020). Mosquito-borne pathogens such as  
1250 *Dirofilaria immitis*, *Plasmodium* spp., the group C orthobunyaviruses (GRCVs),  
1251 Venezuelan equine encephalitis (VEE) group viruses, eastern equine encephalitis (EEE)  
1252 virus, and Madariaga virus are all present in the Americas (Blosser and Burkett-Cadena,  
1253 2017; Escobar *et al.*, 2020; Manrique-Saide *et al.*, 2010) and might be accidentally  
1254 transmitted to matinees. Finally, some arthropods such as *Balaenophilus manatorum*,  
1255 *Chelonibia manati*, *Sinelobus* sp. located on the manatee's mantle have also been  
1256 reported but rather as commensal epibionts.

1257 In conclusion the present study adds new morphological and molecular phylogenetic  
1258 insights on the neglected *C. fabaceus* trematode species in manatees as a baseline for  
1259 further parasitological research on this imperilled aquatic mammal. As already stated,  
1260 West Indian manatees have a pivotal role as sentinel of ecosystem health (Bonde *et al.*,  
1261 2004; Fricke *et al.*, 2022; Wright *et al.*, 2002), harbouring a plethora of non-zoonotic and  
1262 zoonotic parasites, and thus evidencing pathogen interchanges in the human-domestic  
1263 animal-wildlife interphase. Nonetheless, the lack of knowledge on the life cycle,



1264 pathogenesis, immunity, and clinical impact of most manatee parasites requires  
1265 interdisciplinary efforts to comprehend transmission routes and possible pathogenic  
1266 implications on the manatee population health status.

## 1267 **Acknowledgements**

1268 We deeply acknowledge Frau Christine Henrich from the Institute of Parasitology of the  
1269 Justus Liebig University Giessen, Germany, for her constructive contributions on  
1270 technical assistance in molecular analyses of collected specimens. We also thank the  
1271 Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS) and the Corporación Autónoma  
1272 Regional de Antioquia (Corantioquia) for allowing to attend strandings in their  
1273 jurisdictions, as well as the support of the Proyecto Vida Silvestre (Ecopetrol, Fondo  
1274 Acción, WCS Colombia and Cabildo Verde), Nataly Castelblanco-Martínez and Lesly  
1275 Cabrias-Contreras for their constructive contribution.

1276

## 1277 **References**

- 1278 Allen, A.C., Beck, C.A., Bonde, R.K., Powell, J.A., Gomez, N.A., 2018. Corrigendum:  
1279 Diet of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in Belize, Central  
1280 America (Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom (2017)  
1281 DOI: 10.1017/S0025315417000182). J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom 98,  
1282 1841–1842. <https://doi.org/10.1017/S0025315418000760>
- 1283 Anuracpreeda, P., Phutong, S., Ngamniyom, A., Panyarachun, B., Sobhon, P., 2015.  
1284 Surface topography and ultrastructural architecture of the tegument of adult  
1285 *Carmyerius spatiosus* Brandes, 1898. Acta Trop. 143, 18–28.  
1286 <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2014.12.003>
- 1287 Appelbee, A.J., Thompson, R.C.A., Olson, M.E., 2005. *Giardia* and *Cryptosporidium* in  
1288 mammalian wildlife – current status and future needs. Trends Parasitol. 21, 370–  
1289 376. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2005.06.004>

- 1290 Arnett-Chinn, E., DeWit, M., Rotstein, D., 2013. Small intestine pathology associated  
1291 with trematode infection in the Florida manatee, *Trichechus manatus latirostris*, in:  
1292 Proceedings of the 44th Conference of the International Association for Aquatic  
1293 Animal Medicine. Sausalito, CA.
- 1294 Attademo, F.L.N., Ribeiro, V.O., Soares, H.S., Luna, F.O., Sousa, G.P., Freire, A.C.B.,  
1295 Gennari, S.M., Alves, L.C., Marvulo, M.F. V., Dubey, J.P., Silva, J.C.R., 2016.  
1296 Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in captive Antillean Manatee (*Trichechus*  
1297 *manatus manatus*) in Brazil. J. Zoo Wildl. Med. 47, 423–426.  
1298 <https://doi.org/10.1638/2015-0100.1>
- 1299 Bando, M., Larkin, I. V., Wright, S.D., Greiner, E.C., 2014. Diagnostic stages of the  
1300 parasites of the Florida manatee, *Trichechus manatus latirostris*. J. Parasitol. 100,  
1301 133–138. <https://doi.org/10.1645/13-206.1>
- 1302 Beck, C., Forrester, D.J., 1988. Helminths of the Florida manatee, *Trichechus manatus*  
1303 *latirostris*, with a discussion and summary of the parasites of sirenians. J. Parasitol.  
1304 74, 628–637. <https://doi.org/10.2307/3282182>
- 1305 Beck, H.E., Zimmermann, N.E., McVicar, T.R., Vergopolan, N., Berg, A., Wood, E.F.,  
1306 2018. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km  
1307 resolution. Sci. Data 5, 180214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- 1308 Behringer, D.C., Karvonen, A., Bojko, J., 2018. Parasite avoidance behaviours in  
1309 aquatic environments. Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci. 373, 20170202.  
1310 <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0202>
- 1311 Bertram, G.C.L., Bertram, C.K.Ri., 1973. The modern Sirenia: their distribution and  
1312 status. Biol. J. Linn. Soc. 5, 297–338. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1973.tb00708.x>
- 1314 Blair, D., 1980. *Indosolenorchis hirudinaceus* Crusz, 1951 (Platyhelminthes; Digenea)  
1315 from the Dugong, *Dugong dugon* (Müller) (Mammalia; Sirenia). Ann. Parasitol. Hum.

- 1316 Comp. 55, 511–25.
- 1317 Blosser, E.M., Burkett-Cadena, N.D., 2017. Oviposition Strategies of Florida *Culex*  
1318 (Melanoconion) Mosquitoes. J. Med. Entomol. 54, 812–820.  
1319 <https://doi.org/10.1093/jme/tjx052>
- 1320 Blosser, E.M., Stenn, T., Acevedo, C., Burkett-Cadena, N.D., 2016. Host use and  
1321 seasonality of *Culex (Melanoconion) iolambdis* (Diptera: Culicidae) from eastern  
1322 Florida, USA. Acta Trop. 164, 352–359.  
1323 <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.10.001>
- 1324 Bolek, M.G., Detwiler, J.T., Stigge, H.A., 2019. Selected Wildlife Trematodes. pp. 321–  
1325 355. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18616-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18616-6_11)
- 1326 Bonde, R., Aguirre, A.A., Powell, J., 2004. Manatees as Sentinels of Marine Ecosystem  
1327 Health: Are They the 2000-pound Canaries? Ecohealth 1.  
1328 <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0095-5>
- 1329 Borges, J.C.G., Alves, L.C., da Gloria Faustino, M.A., Marmontel, M., 2011. Occurrence  
1330 of *Cryptosporidium* spp. in Antillean Manatees (*Trichechus manatus*) and  
1331 Amazonian Manatees (*Trichechus inunguis*) from Brazil. J. Zoo Wildl. Med. 42,  
1332 593–596. <https://doi.org/10.1638/2010-0216.1>
- 1333 Borges, J.C.G., Alvez, L.C., Vegara-parente, J.E., Faustino, M.A. da G., Machado, E. de  
1334 C.L., 2009. Ocorrência de infecção *Cryptosporidium* spp. em peixe-boi marinho  
1335 (*Trichechus manatus*). Rev. Bras. Parasitol. Veterinária 18, 60–61.  
1336 <https://doi.org/10.4322/rbpv.01801011>
- 1337 Borges, J.C.G., Dos Santos Lima, D., Da Silva, E.M., De Oliveira Moreira, A.L.,  
1338 Marmontel, M., Carvalho, V.L., De Souza Amaral, R., Lazzarini, S.M., Alves, L.C.,  
1339 2017a. *Cryptosporidium* spp. and *Giardia* sp. in aquatic mammals in northern and  
1340 northeastern Brazil. Dis. Aquat. Organ. 126, 25–31.  
1341 <https://doi.org/10.3354/dao03156>

- 1342 Borges, J.C.G., Jung, L.M., Carvalho, V.L., De Oliveira Moreira, A.L., Attademo, F.L.N.,  
1343 Ramos, R.A.N., Alves, L.C., 2017b. *Pulmonicola cochleotrema* (Digenea:  
1344 Opisthotrematidae) in Antillean manatees (*Trichechus manatus manatus* from the  
1345 North-eastern region of Brazil. J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom 97, 1581–1584.  
1346 <https://doi.org/10.1017/S0025315416000941>
- 1347 Borges, J.C.G., Jung, L.M., Santos, S.S. Dos, Carvalho, V.L., Ramos, R.A.N., Alves,  
1348 L.C., 2017c. Treatment of *Pulmonicola cochleotrema* infection with ivermectin-  
1349 praziquantel combination in an Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*).  
1350 J. Zoo Wildl. Med. 48, 217–219. <https://doi.org/10.1638/2016-0149.1>
- 1351 Bossart, G., Mignucci-Giannoni, A., Rivera-Guzman, A., Jimenez-Marrero, N., Camus,  
1352 A., Bonde, R., Dubey, J., Reif, J., 2012. Disseminated toxoplasmosis in Antillean  
1353 manatees *Trichechus manatus manatus* from Puerto Rico. Dis. Aquat. Organ. 101,  
1354 139–144. <https://doi.org/10.3354/dao02526>
- 1355 Bossart, G.D., 2011. Marine Mammals as Sentinel Species for Oceans and Human  
1356 Health. Vet. Pathol. 48, 676–690. <https://doi.org/10.1177/0300985810388525>
- 1357 Bossart, G.D., Baden, D.G., Ewing, R.Y., Roberts, B., Wright, S.D., 1998. Brevetoxicosis  
1358 in Manatees (*Trichechus manatus latirostris*) from the 1996 Epizootic: Gross,  
1359 Histologic, and Immunohistochemical Features. Toxicol. Pathol. 26, 276–282.  
1360 <https://doi.org/10.1177/019262339802600214>
- 1361 Buergelt, C.D., Bonde, R.K., 1983. Toxoplasmic meningoencephalitis in a West Indian  
1362 manatee. J. Am. Vet. Med. Assoc. 183, 1294–6.
- 1363 Carvalho, V.L., Meirelles, A.C.O., Motta, M.R.A., Maia, D.C.B.S.C., Campello, M.V.M.,  
1364 Bevilaqua, C.M.L., 2009. Occurrence of *Pulmonicola cochleotrema* (syn.  
1365 *Cochleotrema cochleotrema*) (Digenea: Opisthotrematidae) in Antillean manatees  
1366 (*Trichechus manatus manatus*) in Brazil. Lat. Am. J. Aquat. Mamm. 7, 47–52.  
1367 <https://doi.org/10.5597/lajam00133>

- 1368 Castelblanco-Martínez, D., Nourisson, C., Quintana-Rizzo, E., Padilla-Saldivar, J.,  
1369 Schmitter-Soto, J., 2012. Potential effects of human pressure and habitat  
1370 fragmentation on population viability of the Antillean manatee *Trichechus manatus*  
1371 *manatus*: a predictive model. *Endanger. Species Res.* 18, 129–145.  
1372 <https://doi.org/10.3354/esr00439>
- 1373 Castelblanco-Martínez, D.N., Bermúdez-Romero, A.L., Gómez-Camelo, I.V., Rosas,  
1374 F.C.W., Trujillo, F., Zerda-Ordoñez, E., 2009. Seasonality of habitat use, mortality  
1375 and reproduction of the Vulnerable Antillean manatee *Trichechus manatus manatus*  
1376 in the Orinoco River, Colombia: implications for conservation. *Oryx* 43, 235.  
1377 <https://doi.org/10.1017/S0030605307000944>
- 1378 Castelblanco-Martínez, D.N., Slone, D.H., Landeo-Yauri, S.S., Ramos, E.A., Alvarez-  
1379 Alemán, A., Attademo, F.L.N., Beck, C.A., Bonde, R.K., Butler, S.M., Cabrias-  
1380 Contreras, L.J., Caicedo-Herrera, D., Galves, J., Gómez-Camelo, I. V., González-  
1381 Socoloske, D., Jiménez-Domínguez, D., Luna, F.O., Mona-Sanabria, Y., Morales-  
1382 Vela, J.B., Olivera-Gómez, L.D., Padilla-Saldívar, J.A., Powell, J., Reid, J.P.,  
1383 Rieucau, G., Mignucci-Giannoni, A.A., 2021. Analysis of body condition indices  
1384 reveals different ecotypes of the Antillean manatee. *Sci. Rep.* 11, 19451.  
1385 <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98890-0>
- 1386 Chai, J.-Y., Jung, B.-K., 2022. General overview of the current status of human  
1387 foodborne trematodiasis. *Parasitology* 149, 1262–1285.  
1388 <https://doi.org/10.1017/S0031182022000725>
- 1389 Colón-Llavina, M.M., Mignucci-Giannoni, A.A., Mattiucci, S., Paoletti, M., Nascetti, G.,  
1390 Williams, E.H., 2009. Additional records of metazoan parasites from Caribbean  
1391 marine mammals, including genetically identified anisakid nematodes. *Parasitol.*  
1392 *Res.* 105, 1239. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1544-4>
- 1393 Conga, D.F., Gomez-Puerta, L.A., Mayor, P., 2022. *Cotylophoron panamensis*  
1394 (Trematoda: Paramphistomidae) in *Mazama americana* (Artiodactyla: Cervidae)

- 1395 free-living in remote areas in the Peruvian Amazon. *Vet. Parasitol. Reg. Stud.*  
1396 *Reports* 27, 100667. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2021.100667>
- 1397 Dailey, M.D., Vogelbein, W., Forrester, D.J., 1988. *Moniligerum blairi* n. g., n. sp. and  
1398 *Nudacotyle undicola* n. sp. (Trematoda: Digenea) from the West Indian Manatee,  
1399 *Trichechus manatus* L. *Syst. Parasitol.* 11, 159–163.  
1400 <https://doi.org/10.1007/BF00012266>
- 1401 Debrot, A.O., Caicedo-Herrera, D., Gómez-Camelo, I., Moná-Sanabria, Y., Rosso, C.,  
1402 van der Wal, J.T., Mignucci-Giannoni, A.A., 2023. The Antillean manatee  
1403 (*Trichechus manatus manatus*) along the Caribbean coast of Colombia: underused  
1404 incidental records help identify present and past coastal-lowland hotspots. *Mar.*  
1405 *Mammal Sci.* 39, 322–337. <https://doi.org/10.1111/mms.12972>
- 1406 Diesing, K.M., 1838. *Abbildungen Neuer Gattungen Brasilianischer Finnenwürmer*  
1407 *(Entozoen) (Amtlicher). Bericht über die Versammlung Dtsch. Naturforscher und*  
1408 *Aerzte* 189.
- 1409 Domning, D.P., Hayek, L.-A.C., 1986. Interspecific And Intraspecific Morphological  
1410 Variation in Manatees (Sirenia: *Trichechus*). *Mar. Mammal Sci.* 2, 87–144.  
1411 <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1986.tb00034.x>
- 1412 Esch, G.W., 2002. The Transmission of Digenetic Trematodes: Style, Elegance,  
1413 Complexity. *Integr. Comp. Biol.* 42, 304–312. <https://doi.org/10.1093/icb/42.2.304>
- 1414 Escobar, D., Ascencio, K., Ortiz, A., Palma, A., Sánchez, A., Fontecha, G., 2020. Blood  
1415 Meal Sources of *Anopheles* spp. in Malaria Endemic Areas of Honduras. *Insects* 11,  
1416 450. <https://doi.org/10.3390/insects11070450>
- 1417 Felsenstein, J., 1985. Confidence Limits on Phylogenies: An Approach Using the  
1418 Bootstrap. *Evolution (N. Y.)*. 39, 783. <https://doi.org/10.2307/2408678>
- 1419 Firdausy, L.W., Prahardani, R., Wusahaningtyas, L.S., Indarjulianto, S., Wahyu, M.,  
1420 Nursalim, M.T., Nurcahyo, W., 2019. Morphological and molecular identification of

- 1421 *Pfenderius heterocaeca* (Trematode: Paramphistomoidea) from Sumatran elephant  
1422 (*Elephas maximus sumatranus*). *Vet. World* 12, 1341–1345.  
1423 <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.1341-1345>
- 1424 Fricke, E.C., Hsieh, C., Middleton, O., Gorczynski, D., Cappello, C.D., Sanisidro, O.,  
1425 Rowan, J., Svenning, J.-C., Beaudrot, L., 2022. Collapse of terrestrial mammal food  
1426 webs since the Late Pleistocene. *Science* (80-. ). 377, 1008–1011.  
1427 <https://doi.org/10.1126/science.abn4012>
- 1428 Fürst, T., Keiser, J., Utzinger, J., 2012. Global burden of human food-borne  
1429 trematodiasis: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect. Dis.* 12, 210–  
1430 221. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(11\)70294-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70294-8)
- 1431 Gales, N.J., Bowen, W.D., Johnston, D.W., Kovacs, K.M., Littnan, C.L., Perrin, W.F.,  
1432 Reynolds, J.E., Thompson, P.M., 2009. Guidelines for the treatment of marine  
1433 mammals in field research. *Mar. Mammal Sci.* 25, 725–736.  
1434 <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2008.00279.x>
- 1435 Gómez, A., Nichols, E., 2013. Neglected wild life: Parasitic biodiversity as a  
1436 conservation target. *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.* 2, 222–227.  
1437 <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2013.07.002>
- 1438 Gonzalez, R., Kanzaki, N., Beck, C., Kern, W.H., Giblin-Davis, R.M., 2021. Nematode  
1439 epibionts on skin of the Florida manatee, *Trichechus manatus latirostris*. *Sci. Rep.*  
1440 11, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79879-7>
- 1441 Hermosilla, C., Hirzmann, J., Silva, L.M.R., Brotons, J.M., Cerdà, M., Prenger-  
1442 Berninghoff, E., Ewers, C., Taubert, A., 2018. Occurrence of anthrozoönotic  
1443 parasitic infections and faecal microbes in free-ranging sperm whales (*Physeter*  
1444 *macrocephalus*) from the Mediterranean Sea. *Parasitol. Res.* 117, 2531–2541.  
1445 <https://doi.org/10.1007/s00436-018-5942-3>
- 1446 Hermosilla, C., Ruiz, A., Taubert, A., 2012. *Eimeria bovis*: An update on parasite–host

- 1447 cell interactions. Int. J. Med. Microbiol. 302, 210–215.  
1448 <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2012.07.002>
- 1449 Hines, E.M., Reynolds, J.E., Aragones, L. V., Mignucci-Giannoni, A.A., Marmontel, M.  
1450 (Eds.), 2012. Sirenian Conservation. University Press of Florida.  
1451 <https://doi.org/10.2307/j.ctvx079z0>
- 1452 Jones, K.R., Tardieu, L., 2021. Giardia and *Cryptosporidium* in Neo-Tropical Rodents  
1453 and Marsupials: Is There Any Zoonotic Potential? Life 11, 256.  
1454 <https://doi.org/10.3390/life11030256>
- 1455 Kantzanou, M., Karalexi, M.A., Vrioni, G., Tsakris, A., 2021. Prevalence of Intestinal  
1456 Parasitic Infections among Children in Europe over the Last Five Years. Trop. Med.  
1457 Infect. Dis. 6, 160. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed6030160>
- 1458 Katoh, K., Standley, D.M., 2013. MAFFT multiple sequence alignment software version  
1459 7: improvements in performance and usability. Mol. Biol. Evol. 30, 772–80.  
1460 <https://doi.org/10.1093/molbev/mst010>
- 1461 Keiser, J., Utzinger, J., 2009. Food-Borne Trematodiasis. Clin. Microbiol. Rev. 22, 466–  
1462 483. <https://doi.org/10.1128/CMR.00012-09>
- 1463 Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Nnyaz, C., Tamura, K., 2018. MEGA X: Molecular  
1464 evolutionary genetics analysis across computing platforms. Mol. Biol. Evol. 35,  
1465 1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>
- 1466 Lainson, R., Naiff, R.D., Best, R.C., Shaw, J.J., 1983. *Eimeria trichechi* n.sp. from the  
1467 Amazonian manatee, *Trichechus inunguis* (Mammalia: Sirenia). Syst. Parasitol. 5,  
1468 287–289. <https://doi.org/10.1007/BF00009162>
- 1469 Lazensky, R., Silva-Sanchez, C., Kroll, K.J., Chow, M., Chen, S., Tripp, K., Walsh, M.T.,  
1470 Denslow, N.D., 2021. Investigating an increase in Florida manatee mortalities using  
1471 a proteomic approach. Sci. Rep. 11, 4282. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83687-y>  
1472



- 1473 Li, M., Gao, X., Ma, J., Elsheikha, H.M., Cong, W., 2022. A systematic review,  
1474 meta-analysis and meta-regression of the global prevalence of *Toxoplasma gondii*  
1475 infection in wild marine mammals and associations with epidemiological variables.  
1476 *Transbound. Emerg. Dis.* 69. <https://doi.org/10.1111/tbed.14493>
- 1477 Littlewood, D.T.J., Olson, P.D., 2014. Small subunit rDNA and the Platyhelminthes:  
1478 signal, noise, conflict and compromise, in: *Interrelationships of the Platyhelminthes*.  
1479 CRC Press, pp. 262–278.
- 1480 Lucot, M., Tellez, M., Viveros, D., 2020. Case report on helminth parasites of a  
1481 necropsied Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in Belize. *Vet.*  
1482 *Parasitol. Reg. Stud. Reports* 21, 100446.  
1483 <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100446>
- 1484 Manrique-Saide, P., Escobedo-Ortegón, J., Bolio-González, M., Sauri-Arceo, C., Dzib-  
1485 Florez, S., Guillermo-May, G., Ceh-Pavía, E., Lenhart, A., 2010. Incrimination of the  
1486 mosquito, *Aedes taeniorhynchus*, as the primary vector of heartworm, *Dirofilaria*  
1487 *immitis*, in coastal Yucatan, Mexico. *Med. Vet. Entomol.* 24, 456–60.  
1488 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2010.00884.x>
- 1489 Marsh, H., O’Shea, T.J., Reynolds III, J.E., 2011. *Ecology and Conservation of the*  
1490 *Sirenia*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139013277>
- 1491 Mathews, P.D., da Silva, V.M.F., Rosas, F.C.W., d’Affonseca Neto, J.A., Lazzarini, S.M.,  
1492 Ribeiro, D.C., Dubey, J.P., Vasconcellos, S.A., Gennari, S.M., 2012. Occurrence of  
1493 antibodies to *Toxoplasma gondii* and *Lepstospira* spp. in manatees (*Trichechus*  
1494 *inunguis*) of the Brazilian Amazon. *J. Zoo Wildl. Med.* 43, 85–8.  
1495 <https://doi.org/10.1638/2011-0178.1>
- 1496 Mignucci-Giannoni, A.A., Beck, C.A., Montoya-Ospina, R.A., Williams, E.H., 1999a.  
1497 Parasites and commensals of the West Indian manatee from Puerto Rico. *Comp.*  
1498 *Parasitol.* 66, 67–69.

- 1499 Mignucci-Giannoni, A.A., Williams, E.H., Toyos-González, G.M., Pérez-Padilla, J.,  
1500 Rodríguez-López, M.A., Vega-Guerra, M.B., Ventura-González, M., 1999b.  
1501 Helminths from a stranded manatee in the Dominican Republic. *Vet. Parasitol.* 81,  
1502 69–71. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(98\)00235-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(98)00235-0)
- 1503 Montoya-Ospina, R.A., Caicedo-Herrera, D., Millán-Sánchez, S.L., Mignucci-Giannoni,  
1504 A.A., Lefebvre, L.W., 2001. Status and distribution of the West Indian manatee,  
1505 *Trichechus manatus manatus*, in Colombia. *Biol. Conserv.* 102, 117–129.  
1506 [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00062-8)
- 1507 Moore, M.J., Mitchell, G.H., Rowles, T.K., Early, G., 2020. Dead Cetacean? Beach,  
1508 Bloat, Float, Sink. *Front. Mar. Sci.* 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00333>
- 1509 Morgan, U.M., Xiao, L., Hill, B.D., O'Donoghue, P., Limor, J., Lal, A., Thompson, R.C.,  
1510 2000. Detection of the *Cryptosporidium parvum* “human” genotype in a dugong  
1511 (*Dugong dugon*). *J. Parasitol.* 86, 1352–4. [https://doi.org/10.1645/0022-3395\(2000\)086\[1352:DOTCPH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1645/0022-3395(2000)086[1352:DOTCPH]2.0.CO;2)
- 1513 O'Shea, T.J., Rathbun, G.B., Asper, E.D., Searles, S.W., 1985. Tolerance of West  
1514 Indian manatees to capture and handling. *Biol. Conserv.* 33, 335–349.  
1515 [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(85\)90075-8](https://doi.org/10.1016/0006-3207(85)90075-8)
- 1516 Olivera Gómez, L.D., 2017. Helminth parasites in feces of Antillean manatees  
1517 *Trichechus manatus manatus* (Sirenia:Trichechidae) in Mexico: Gulf of Mexico and  
1518 Caribbean. *Hidrobiológica* 27, 39–44.  
1519 <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2017v27n1/Olivera>
- 1520 Olson, M.E., Appelbee, A., Measures, L., Cole, R.A., Lindsay, D.S., Dubey, J.P.,  
1521 Thomas, N.J., Miller, M., Conrad, P., Gardner, I., Kreuder, C., Mazet, J., Jessup, D.,  
1522 Dodd, E., Harris, M., Ames, J., Worcester, K., Paradies, D., Grigg, M., Fayer, R.,  
1523 Lewis, E.J., Trout, J.M., Xiao, L., Howard, D.W., Palmer, R., Ludwig, K., Tyler, S.S.,  
1524 2004. Zoonotic protozoa in the marine environment: a threat to aquatic mammals  
1525 and public health. *Vet. Parasitol.* 125, 131–5.

- 1526 <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.05.009>
- 1527 Ortiz, M., Alvarez-Alemán, A., Angulo-Valdés, J., 2010. Nota Científica Dos Nuevos  
1528 Registros De Crustáceos Asociados A La Piel Del Manatí *Trichechus manatus*  
1529 (CH.... Rev. Invest. Mar. 30, 91–95.
- 1530 Ortiz, M., Lalana, R.R., Torres-Fundora, O., 1992. Un nuevo genero y una especie de  
1531 copepodo *Harpacticoida* asociada al manati *Trichechus manatus* en aguas  
1532 cubanas. Rev. Invest. Mar. 13, 117–127.
- 1533 Panike, A., Arnett-Chinn, E., Rotstein, D., DeWit, M., 2017. Morbidity and mortality  
1534 associated with trematodiasis enteritis in Florida manatees (*Trichechus manatus*  
1535 *latirostris*), in: 22 Nd Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals.  
1536 Halifax, Nova Scotia.
- 1537 Pfukenyi, D.M., Mukaratirwa, S., 2018. Amphistome infections in domestic and wild  
1538 ruminants in East and Southern Africa: A review. Onderstepoort J. Vet. Res. 85.  
1539 <https://doi.org/10.4102/ojvr.v85i1.1584>
- 1540 Pyšek, P., Hulme, P.E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T.M., Carlton, J.T.,  
1541 Dawson, W., Essl, F., Foxcroft, L.C., Genovesi, P., Jeschke, J.M., Kühn, I.,  
1542 Liebhold, A.M., Mandrak, N.E., Meyerson, L.A., Pauchard, A., Pergl, J., Roy, H.E.,  
1543 Seebens, H., Kleunen, M., Vilà, M., Wingfield, M.J., Richardson, D.M., 2020.  
1544 Scientists' warning on invasive alien species. Biol. Rev. 95, 1511–1534.  
1545 <https://doi.org/10.1111/brv.12627>
- 1546 Reeves, L.E., Gillett-Kaufman, J.L., 2020. Interactions between the imperiled West  
1547 Indian manatee, *Trichechus manatus*, and mosquitoes (Diptera: Culicidae) in  
1548 Everglades National Park, Florida, USA. Sci. Rep. 10, 12971.  
1549 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69942-8>
- 1550 Robinson, M.W., Sotillo, J., 2022. Foodborne trematodes: old foes, new kids on the  
1551 block and research perspectives for control and understanding host–parasite

- 1552 interactions. Parasitology 149, 1257–1261.  
1553 <https://doi.org/10.1017/S0031182022000877>
- 1554 Ryan, U.M., Feng, Y., Fayer, R., Xiao, L., 2021. Taxonomy and molecular epidemiology  
1555 of *Cryptosporidium* and *Giardia* – a 50 year perspective (1971–2021). Int. J.  
1556 Parasitol. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2021.08.007>
- 1557 Santin, M., 2020. *Cryptosporidium* and *Giardia* in Ruminants. Vet. Clin. North Am. Food  
1558 Anim. Pract. 36, 223–238. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.11.005>
- 1559 Sikes, R.S., 2016. 2016 Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use  
1560 of wild mammals in research and education: J. Mammal. 97, 663–688.  
1561 <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw078>
- 1562 Smith, L.N., Waltzek, T.B., Rotstein, D.S., Francis-Floyd, R., Walsh, M.T., Wellehan,  
1563 J.F.X., Gerhold, R., Chapman, A.E., de Wit, M., 2016. Disseminated toxoplasmosis  
1564 *Toxoplasma gondii* in a wild Florida manatee *Trichechus manatus latirostris* and  
1565 seroprevalence in two wild populations. Dis. Aquat. Organ. 122, 77–83.  
1566 <https://doi.org/10.3354/dao03055>
- 1567 Southwell, T., Kirshner, A., 1937. A Description of a New Species of Amphistome,  
1568 *Chiorchis purvisi*, with Notes on the Classification of the Genera Within the Group.  
1569 Ann. Trop. Med. Parasitol. 31, 215–244.  
1570 <https://doi.org/10.1080/00034983.1937.11684978>
- 1571 Sparagano, O., Roy, L., Giangaspero, A., 2021. Editorial: Neglected and Under-  
1572 Researched Parasitic Diseases of Veterinary and Zoonotic Interest. Front. Vet. Sci.  
1573 8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.701848>
- 1574 Sreedevi, C., Rama Devi, V., Annapurna, P., Malakondaiah, P., 2017. Incidence and  
1575 pathological study of *Explanatum explanatum* (Creplin, 1847) Fukui, 1929 in goats  
1576 in Andhra Pradesh, India. J. Parasit. Dis. 41, 750–753.  
1577 <https://doi.org/10.1007/s12639-017-0883-9>

- 1578 Suárez-Morales, E., Morales-Vela, B., Padilla-Saldívar, J., Silva-Briano, M., 2010. The  
1579 copepod *Balaenophilus manatorum* (Ortíz, Lalana and Torres, 1992)  
1580 (Harpacticoida), an epibiont of the Caribbean manatee. *J. Nat. Hist.* 44, 847–859.  
1581 <https://doi.org/10.1080/00222931003615711>
- 1582 Subalusky, A.L., Anderson, E.P., Jiménez, G., Post, D.M., Lopez, D.E., García-R., S.,  
1583 Nova León, L.J., Reátiga Parrish, J.F., Rojas, A., Solari, S., Jiménez-Segura, L.F.,  
1584 2021. Potential ecological and socio-economic effects of a novel megaherbivore  
1585 introduction: the hippopotamus in Colombia. *Oryx* 55, 105–113.  
1586 <https://doi.org/10.1017/S0030605318001588>
- 1587 Sulzner, K., Kreuder Johnson, C., Bonde, R.K., Auil Gomez, N., Powell, J., Nielsen, K.,  
1588 Luttrell, M.P., Osterhaus, A.D.M.E., Aguirre, A.A., 2012. Health Assessment and  
1589 Seroepidemiologic Survey of Potential Pathogens in Wild Antillean Manatees  
1590 (*Trichechus manatus manatus*). *PLoS One* 7, e44517.  
1591 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044517>
- 1592 Takoukam Kamla, A., Gomes, D.G.E., Beck, C.A., Keith-Diagne, L.W., Hunter, M.E.,  
1593 Francis-Floyd, R., Bonde, R.K., 2021. Diet composition of the African manatee:  
1594 Spatial and temporal variation within the Sanaga River Watershed, Cameroon. *Ecol.*  
1595 *Evol.* 11, 15833–15845. <https://doi.org/10.1002/ece3.8254>
- 1596 Thompson, R.C.A., Lymbery, A.J., Smith, A., 2010. Parasites, emerging disease and  
1597 wildlife conservation. *Int. J. Parasitol.* 40, 1163–1170.  
1598 <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2010.04.009>
- 1599 Titcomb, G., Mantas, J.N., Hulke, J., Rodriguez, I., Branch, D., Young, H., 2021. Water  
1600 sources aggregate parasites with increasing effects in more arid conditions. *Nat.*  
1601 *Commun.* 12, 7066. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27352-y>
- 1602 Toledo, R., Fried, B. (Eds.), 2019. Digenetic Trematodes, *Advances in Experimental*  
1603 *Medicine and Biology*. Springer International Publishing, Cham.  
1604 <https://doi.org/10.1007/978-3-030-18616-6>

- 1605 Upton, S.J., Odell, D.K., Bossart, G.D., Walsh, M.T., 1989. Description of the Oocysts  
1606 36, 87–90.
- 1607 Uribe, M., Hermosilla, C., Rodríguez-Durán, A., Vélez, J., López-Osorio, S., Chaparro-  
1608 Gutiérrez, J.J., Cortés-Vecino, J.A., 2021. Parasites Circulating in Wild  
1609 Synanthropic Capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*): A One Health Approach.  
1610 Pathogens 10, 1152. <https://doi.org/10.3390/pathogens10091152>
- 1611 Vélez, J., Hirzmann, J., Arévalo-González, K., Lange, M.K., Seipp, A., Gärtner, U.,  
1612 Taubert, A., Caballero, S., Hermosilla, C., 2019. Parasite fauna of wild Antillean  
1613 manatees (*Trichechus manatus manatus*) of the Andean Region, Colombia.  
1614 Parasites and Vectors 12, 7–11. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3448-1>
- 1615 Vélez, J., Hirzmann, J., Lange, M.K., Chaparro-Gutiérrez, J.J., Taubert, A., Hermosilla,  
1616 C., 2018. Occurrence of endoparasites in wild Antillean manatees (*Trichechus*  
1617 *manatus manatus*) in Colombia. Int. J. Parasitol. Parasites Wildl. 7, 54–57.  
1618 <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2018.01.006>
- 1619 Villagra-Blanco, R., Silva, L.M.R., Aguilera-Segura, A., Arcenillas-Hernández, I.,  
1620 Martínez-Carrasco, C., Seipp, A., Gärtner, U., Ruiz de Ybañez, R., Taubert, A.,  
1621 Hermosilla, C., 2017. Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) do also cast  
1622 neutrophil extracellular traps against the apicomplexan parasite *Neospora caninum*.  
1623 Int. J. Parasitol. Parasites Wildl. 6, 287–294.  
1624 <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2017.09.002>
- 1625 von Lieven, A.F., Uni, S., Ueda, K., Barbuto, M., Bain, O., 2011. *Cutidiplogaster manati*  
1626 n. gen., n. sp. (Nematoda: Diplogastridae) from skin lesions of a West Indian  
1627 manatee (Sirenia) from the Okinawa Churaumi Aquarium. Nematology 13, 51–59.  
1628 <https://doi.org/10.1163/138855410X500082>
- 1629 Weisbrod, T., de Wit, M., Hernandez, J., Panike, A., Rotstein, D., Stacy, N., 2021.  
1630 Manatee *Trichechus manatus latirostris* calf mortality in Florida: a retrospective  
1631 review of pathology data from 2009-2017. Dis. Aquat. Organ. 147, 111–126.

- 1632            <https://doi.org/10.3354/dao03639>
- 1633    Wright, I.E., Reynolds, J.E., Ackerman, B.B., Ward, L.I., Weigle, B.L., Szelistowski,  
1634            W.A., 2002. Trends In Manatee (*Trichechus manatus latirostris*) Counts and Habitat  
1635            Use In Tampa Bay, 1987–1994: Implications For Conservation. Mar. Mammal Sci.  
1636            18, 259–274. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2002.tb01032.x>
- 1637    Wyrosdick, H., Chapman, A., Mignucci-Giannoni, A., Rivera-Pérez, C., Bonde, R., 2018.  
1638            Internal parasites of the two subspecies of the West Indian manatee *Trichechus*  
1639            *manatus*. Dis. Aquat. Organ. 130, 145–152. <https://doi.org/10.3354/dao03270>
- 1640    Zhang, Y., Mi, R., Yang, L., Gong, H., Xu, C., Feng, Y., Chen, X., Huang, Y., Han, X.,  
1641            Chen, Z., 2021. Wildlife Is a Potential Source of Human Infections of  
1642            *Enterocytozoon bieneusi* and *Giardia duodenalis* in Southeastern China. Front.  
1643            Microbiol. 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.692837>
- 1644
- 1645

1646 **Conclusiones generales** – Inesperadas y agradables sorpresas

1647

1648 En un mundo cada vez más globalizado, factores antropogénicos como la  
1649 agricultura intensificada con los consiguientes monocultivos agroindustriales (Barrera-  
1650 Ramírez *et al.*, 2019), la explotación desmesurada de los recursos naturales mediante  
1651 la minería ilegal, la tala indiscriminada (Unda and Etter, 2019), la caza, tráfico y  
1652 consumo de fauna silvestre (Nogueira-Filho and da Cunha Nogueira, 2018), han hecho  
1653 cada vez más estrecha la interfaz humano-animal, aumentando así el riesgo de  
1654 transmisión bidireccional de enfermedades infecciosas y el colapso de la red trófica (El  
1655 Bizri *et al.*, 2020; Magouras *et al.*, 2020; Fricke *et al.*, 2022). Hoy en día, la vigilancia  
1656 constante de las enfermedades relacionadas con la fauna silvestre y los animales  
1657 domésticos es imperativa no solo para comprender mejor su impacto adverso en el  
1658 medio ambiente, las poblaciones humanas y animales, sino también en la conservación  
1659 de la biodiversidad (Karesh *et al.*, 2012; Grogan *et al.*, 2014; Zambrano *et al.*, 2014;  
1660 Day, 2016; Nicholson *et al.*, 2020; Uribe *et al.*, 2021b).

1661 No obstante, la evidencia del proceso coevolutivo hospedador-parásito se ha  
1662 demostrado hace millones de años (Mya) tanto en diferentes taxones de parásitos  
1663 protozoarios/metazoos como en diversas especies de huéspedes (Schall, 1990; Le  
1664 Bailly and Araújo, 2016; Tinsley and Tinsley, 2016; de Castro Costa *et al.*, 2019). Por  
1665 ejemplo, los estudios de *metabarcoding* y secuenciación de alto rendimiento de  
1666 parásitos antiguos a partir de coprolitos, sedimentos de alcantarillado, tejidos  
1667 momificados, sedimentos funerarios y suelos de permafrost proporcionaron  
1668 conocimientos científicos únicos sobre la salud de las poblaciones humanas  
1669 prehistóricas y las comunidades de parásitos, reconstruyendo la parasitofauna natural  
1670 de huéspedes ya extintos, permitiendo así comprender cómo los parásitos  
1671 coevolucionaron junto con sus poblaciones de hospedadores (Wood, 2018). Aunque es  
1672 bien sabido que la evolución es fundamental en todos los campos biológicos, la  
1673 coevolución hospedador-parásito es la evolución recíproca de especies que interactúan  
1674 a lo largo del tiempo, siendo un proceso generalizado y bastante diverso. Por lo tanto,



1675 los parásitos ejercen una presión de selección en las poblaciones de hospedadores  
1676 dependiente de la carga parasitaria y los genotipos de sus hospedantes, los cuales al  
1677 tener una baja adaptabilidad disminuyen su número a medida que los parásitos los  
1678 infectan (Gibson *et al.*, 2015). Por lo tanto, se propone la coevolución para mantener la  
1679 diversidad genética tanto en las poblaciones de hospedador como de parásitos  
1680 (Hamilton *et al.*, 1990). Con base en el concepto mencionado anteriormente, el proceso  
1681 de coevolución ha estado ocurriendo durante millones de años favoreciendo el  
1682 refinamiento de los mecanismos de transmisión y mantenimiento de los parásitos en  
1683 diversas poblaciones de hospedadores. Por tanto, la interacción hospedador-parásito, a  
1684 menudo desencadena una adaptación evolutiva en la que el parásito se replica y  
1685 propaga sin generar un daño marcado o una alteración orgánica importante en el  
1686 huésped afectado en un mundo cada vez más hiperconectado (Wild *et al.*, 2009; White  
1687 *et al.*, 2021).

1688 Existen numerosos ejemplos de este proceso de coevolución, ya que a través de  
1689 la paleoparasitología y la arqueoparasitología se ha dilucidado la ocurrencia de  
1690 enfermedades parasitarias tanto en poblaciones humanas como animales en la  
1691 antigüedad (Sazmand, 2021). Los reportes de coexistencia entre parásitos y  
1692 poblaciones tanto humanas como animales se han documentado desde la antigüedad  
1693 tanto en el viejo como en el nuevo mundo. Incluso desde el Cretácico temprano se  
1694 tienen registros fósiles de parásitos metazoarios como los piojos masticadores  
1695 (Rasnitsyn and Zherikhin, 1999). Otro ejemplo es la filogenia de fósiles de artrópodos  
1696 que ubica a cimícidos (Familia: Cimicidae) hace 115 millones de años como  
1697 especialistas hematófagos que afectaban tanto a murciélagos como a aves, ya en la  
1698 actualidad, dos de los principales cimícidos ectoparásitos en áreas urbanas son los  
1699 chinches de las especies *Cimex lectularius* y *Cimex hemipterus*, separadas hace 47  
1700 millones de años, parasitan a los humanos y a lo largo del proceso de coevolución se  
1701 adaptaron a ser parásitos generalistas (Roth *et al.*, 2019). A pesar de sus grandes  
1702 letrinas públicas de varios asientos con instalaciones de lavado, sistemas de  
1703 alcantarillado, legislación sanitaria, fuentes y agua potable en los acueductos de la

1704 antigua Roma, se reportan en estas poblaciones parásitos como el tricocéfaló *Trichuris*  
1705 *trichiura*, el nematodo *Ascaris lumbricoides*, el cestodo de los peces *Diphyllbothrium*  
1706 sp. y la *Entamoeba histolytica*. Todas estas parasitosis estaban ampliamente  
1707 distribuidas entre la población romana (Johnson *et al.*, 2021). Algunos ectoparásitos  
1708 como las pulgas (*Pulex irritans*), los piojos de la cabeza (*Pediculus humanus capitis*),  
1709 los piojos del cuerpo (*Pediculus humanus corporis*), los piojos púbicos (*Phthirus pubis*) y  
1710 los chinches (*C. lectularius*) también se reportaron con frecuencia a lo largo del vasto  
1711 territorio del imperio romano (Mumcuoglu, 2008; Mitchell, 2017; Johnson *et al.*, 2021).

1712       Además, algunos ejemplos de parásitos antiguos que coexistieron hace millones  
1713 de años con humanos y animales en el nuevo mundo (Neotrópico) son ampliamente  
1714 reportados a lo largo del subcontinente suramericano. El análisis parasitológico de  
1715 coprolitos ha permitido explorar relaciones ecológicas en la antigüedad (Petrih *et al.*,  
1716 2019). Se han dado importantes descubrimientos parasitológicos en restos humanos a  
1717 lo largo de sitios arqueológicos de Suramérica (Brasil, Argentina, Chile y Perú); algunas  
1718 de esas enfermedades parasitarias salieron de África debido al tráfico europeo y  
1719 asiático de esclavos dispersándose por todo el mundo. Además, en el proceso de  
1720 domesticación de los animales, los humanos también adquirieron patógenos de  
1721 animales domésticos (e.g., ganado bovino, ovino, caprino, porcino, aves, renos, yaks,  
1722 camélidos, roedores, conejos y peces), ya que los humanos modificaron  
1723 considerablemente sus hábitos de consumo y cambiaron dramáticamente los entornos  
1724 naturales con la actividad agropecuaria (Novo and Ferreira, 2016). Por lo tanto, la  
1725 evaluación parasitológica de coprolitos animales es una herramienta importante para  
1726 promover el conocimiento sobre las diferentes taxas de parásitos que infectaban  
1727 poblaciones humanas en la antigüedad, contribuyendo indirectamente a comprender la  
1728 ocurrencia de ciertos parásitos zoonóticos relevantes de animales prehistóricos y  
1729 humanos (Sianto *et al.*, 2014). El registro molecular de parásitos más antiguo se  
1730 documentó en la Puna del sur de Argentina en coprolitos de grandes mamíferos  
1731 carnívoros del Pleistoceno, e.g., puma (*Puma concolor*). Coprolitos de puma  
1732 recuperados del sitio paleontológico y arqueológico Peñas de las Trampas 1.1 fechados

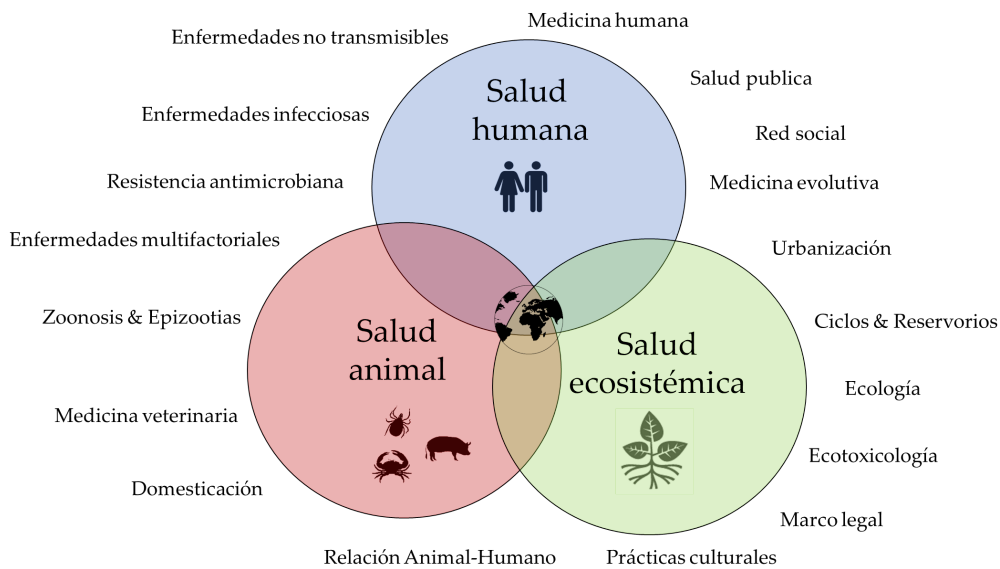
1733 entre 16573 y 17002 calBP (calibrated years before the present), reportaron la  
1734 ocurrencia de huevos morfológicamente compatibles con *Toxascaris* sp., que  
1735 posteriormente fueron confirmados por análisis de ADN mitocondrial antiguo (ADNm)  
1736 como *Toxascaris leonina* (Petrih et al., 2019). Además, otro estudio analizó 30  
1737 coprolitos felinos de un sitio arqueológico del sureste de Piauí utilizado por grupos  
1738 humanos en el pasado donde se encontraron huevos de *Spirometra* sp., *Toxocara cati*,  
1739 *Spirurida*, *Oxyuroidea*, *Calodium cf. hepatica*, *Trichuris cf. muris*, *Trichuris* sp., y otros  
1740 Trichuridae, *Oncicola* sp., y larvas de nematodos (Sianto et al., 2014). Algunos de estos  
1741 hallazgos parasitológicos se reportan en la actualidad en diferentes especies de félidos  
1742 y cánidos silvestres neotropicales (Uribe et al., 2021b, 2023). Por lo tanto, debe  
1743 discutirse aquí el papel de las poblaciones animales en la transmisión de parásitos  
1744 zoonóticos en la región. Los agentes parasitarios tuvieron una mayor proliferación  
1745 desde finales del Pleistoceno y principios del Holoceno, a lo largo de la llamada  
1746 revolución Neolítica, en la zona de la medialuna fértil de Mesopotamia donde se dieron  
1747 condiciones ideales para la domesticación y la instauración del sedentarismo con el  
1748 consiguiente aumento de la densidad de las poblaciones humanas y animales, todo ello  
1749 favoreciendo un estrecho contacto entre humanos y animales. Finalmente, con el inicio  
1750 de la “tecnificación” de la agricultura, se favoreció el asentamiento de poblaciones  
1751 nómadas que además generaron condiciones ideales para la proliferación de  
1752 multiplicidad de especies vertebradas e invertebradas y así la consecuente transmisión  
1753 de parásitos al conglomerarse alrededor de una plantación o producto poscosecha. A  
1754 pesar de este auge dado a lo largo de la revolución neolítica, se han reportado  
1755 parásitos en coprolitos a lo largo de diversos períodos históricos con un mayor  
1756 desarrollo de técnicas para su identificación entre 1955 y 1969 (Camacho et al., 2018).

1757 Por lo tanto, el concepto de salud global (*Global Health / One Health*) no es  
1758 nuevo y reconoce que la relación en constante evolución entre los animales, los  
1759 humanos y las plantas del planeta ha dado y sigue dando forma al curso de la historia  
1760 humana (Evans and Leighton, 2014). La serie de objetivos estratégicos conocidos como  
1761 los "Principios de Manhattan" se derivaron de una reunión de la Sociedad para la

1762 Conservación de la Vida Silvestre en 2004, en la que se reconoció la interdependencia  
1763 existente entre la salud humana y animal como factor fundamental en la salud pública,  
1764 el suministro de alimentos y la economía mundial. La novedosa incorporación de la  
1765 salud de los ecosistemas, incluida la vida silvestre en la iniciativa "*One Health*",  
1766 constituye una estrategia global que destaca la necesidad de un enfoque holístico y  
1767 transdisciplinario que incorpore la experiencia multisectorial en la investigación de la  
1768 salud de la fauna silvestre, los humanos y los animales domésticos como iguales (por  
1769 favor ver Figura 2) considerando las diferentes interacciones entre ellos (Destoumieux-  
1770 Garzón *et al.*, 2018). Durante la última década se ha observado un aumento  
1771 significativo de agentes infecciosos que afectan tanto a humanos como a animales, con  
1772 la consiguiente propagación de agentes infecciosos y la aparición de múltiples  
1773 epizootias en poblaciones animales, epidemias en poblaciones humanas con una  
1774 efectiva transmisibilidad zoonótica entre ambas, haciendo por ende la aparición de  
1775 potenciales pandemias cada vez mayor (Pfeffer and Dobler, 2010; Han *et al.*, 2016;  
1776 Rahman *et al.*, 2020; Ihekweazu *et al.*, 2021). La salud humana y animal también se  
1777 han visto amenazadas por la resistencia a los antimicrobianos (Iwu *et al.*, 2020). Estos  
1778 principios fueron un paso vital hacia el reconocimiento de la importancia crítica de los  
1779 enfoques colaborativos e interdisciplinarios para responder de manera adecuada e  
1780 integral a las enfermedades infecciosas emergentes y reemergentes, pero  
1781 particularmente para la inclusión de la salud de la fauna silvestre como un componente  
1782 esencial de la prevención mundial de enfermedades infecciosas, la vigilancia, el control  
1783 y la mitigación de las mismas (Mackenzie and Jeggo, 2019).

1784 La fauna silvestre se define normalmente como animales que deambulan  
1785 libremente, ya sean mamíferos, aves, peces, reptiles, anfibios o invertebrados sin  
1786 ningún tipo de intervención humana directa en su domesticación y/o sometimiento a  
1787 prácticas zootécnicas de ningún tipo. Los animales silvestres portadores de agentes  
1788 infecciosos siempre supondrán cierto grado de riesgo para la salud de los humanos y  
1789 de los animales domésticos, por lo que la interfaz humano-animal-ecosistema es de  
1790 gran importancia en la evolución y aparición de patógenos, demandando así un

1791 seguimiento o vigilancia epidemiológica constante. Por lo tanto, es esencial conocer las  
 1792 causas y consecuencias de las actividades humanas para una interpretación rigurosa y  
 1793 adecuada de la dinámica de las enfermedades infecciosas, promoviendo así políticas  
 1794 de salud pública efectivas. Como un activo valioso a nivel mundial, la seguridad en  
 1795 salud siempre debe entenderse a escala global y desde una perspectiva transversal  
 1796 que integre la salud humana, animal, vegetal, ecosistémica y la biodiversidad  
 1797 (Destoumieux-Garzón *et al.*, 2018).



1798

1799 **Figura 6:** El concepto *Global Health / One Health* como enfoque holístico,  
 1800 transdisciplinario y multisectorial. Adaptado de (Destoumieux-Garzón *et al.*, 2018)

1801 En un mundo rápidamente cambiante con una preocupación creciente por la  
 1802 pérdida de biodiversidad y un número cada vez mayor de enfermedades humanas y  
 1803 animales derivadas de la vida silvestre, ahora se reconoce ampliamente la necesidad  
 1804 de una investigación eficaz sobre la salud de la fauna silvestre. Sin embargo, los  
 1805 procedimientos aplicables y los conocimientos obtenidos de los estudios relacionados  
 1806 con la salud humana y de los animales domésticos pueden solo extrapolarse  
 1807 parcialmente a la fauna silvestre. Por lo tanto, la dificultad intrínseca de la investigación  
 1808 de la salud en animales silvestre está relacionada en gran medida con las  
 1809 características zoológicas, comportamentales y ecológicas de las esquivas poblaciones

1810 de vida libre distribuidas muchas veces en remotas áreas de estudio (Ryser-Degiorgis,  
1811 2013; Hermosilla *et al.*, 2015; Ebmer *et al.*, 2020; Uribe *et al.*, 2022, 2023). Aunque la  
1812 evaluación clínica en animales domésticos puede ser desafiante, la situación se  
1813 complejiza aún más cuando nos referimos a la fauna silvestre (Myers, 2006; Kull, 2014).  
1814 Debido a que es común que, entre los animales silvestres, las manifestaciones de  
1815 signos clínicos sean el resultado de coinfecciones y considerando que muchas  
1816 parasitosis pueden resultar en manifestaciones subclínicas, los trastornos inducidos por  
1817 parásitos suelen ocurrir más frecuentemente en neonatos débiles y/o gerontes, que  
1818 suelen convertirse en presa de los depredadores.

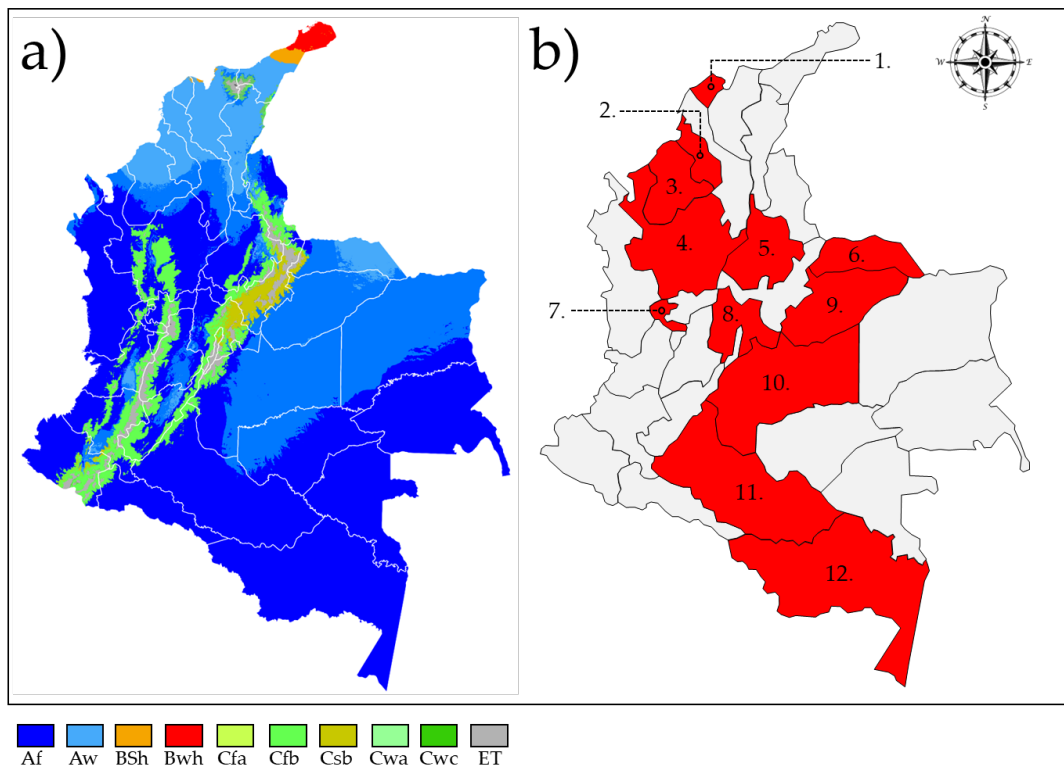
1819 En esta misma línea, las enfermedades infecciosas emergentes con potencial  
1820 zoonótico (e.g. bacterias, virus, hongos y parásitos) con frecuencia tienen animales  
1821 silvestres como reservorios naturales y por ende representan un factor de riesgo  
1822 importante para la salud pública. En este proceso están involucrados diversos  
1823 patógenos y vías de transmisión, así como múltiples factores de riesgo epidemiológicos  
1824 y ambientales, aumentando el intercambio de zoonosis parasitarias entre poblaciones  
1825 de fauna silvestre, humanos y animales domésticos. Aún se desconoce el número total  
1826 de enfermedades infecciosas transmisibles entre animales y humanos, pero  
1827 actualmente existen registros de aproximadamente 1415 patógenos zoonóticos (Taylor  
1828 *et al.*, 2001), de los cuales el 62% se originan en la fauna silvestre (Taylor *et al.*, 2001;  
1829 Kruse *et al.*, 2004; Childs *et al.*, 2007). El estrecho contacto que existe actualmente  
1830 entre poblaciones de animales silvestres y poblaciones humanas es cada vez más  
1831 frecuente debido a los dramáticos cambios antropogénicos en los ecosistemas que se  
1832 vienen produciendo desde hace décadas alrededor del mundo (Petri *et al.*, 2019;  
1833 Rahman *et al.*, 2020; Ihekweazu *et al.*, 2021). Algunos de estos cambios están  
1834 directamente mediados por el establecimiento de monocultivos agroindustriales  
1835 (Barrera-Ramírez *et al.*, 2019), la expansión de la frontera agrícola debido a la  
1836 ganadería comercial extensiva, la minería ilegal, la tala indiscriminada (Unda and Etter,  
1837 2019), la caza (Nogueira-Filho and da Cunha Nogueira, 2018) y el tráfico ilegal de fauna  
1838 silvestre. Finalmente, todos estos factores contribuyen al colapso de la cadena

1839 alimentaria (Fricke *et al.*, 2022). Dado que muchas de estos animales silvestres  
1840 comparten sus biomas con comunidades humanas rurales o suburbanas, se los  
1841 considera centinelas ideales de la salud pública y, por lo tanto, la evaluación de la  
1842 homeostasis de la salud y la enfermedad se puede usar indirectamente para determinar  
1843 no solo la salud del ecosistema, sino también el estado de salud de otros individuos con  
1844 los que comparten nichos ecológicos. Se ha documentado la ocurrencia de  
1845 enfermedades zoonóticas generadas por tanto por proto- como metazoarios  
1846 particularmente infrecuentes y desatendidas en animales silvestres de vida libre a lo  
1847 largo de la historia con múltiples ejemplos en varios continentes.

1848         La emergencia o reemergencia de enfermedades infecciosas asociadas a los  
1849 animales silvestres resalta la necesidad de una mayor comprensión de los mecanismos  
1850 y factores involucrados en la ecoepidemiología de las parasitosis (Martinez, 2018; Uribe  
1851 *et al.*, 2022). En consecuencia, con los resultados obtenidos en los Capítulos 1 al 7  
1852 desarrollados en marco del concepto de *Global Health / One Health*, se procederá a  
1853 continuación a desglosar y discutir los hallazgos parasitológicos obtenidos en la  
1854 presente tesis doctoral. Los esfuerzos muestrales de la presente propuesta de  
1855 investigación cubrieron una amplia gama de regiones biológicas desde los Andes hasta  
1856 la Amazonía, el Caribe e incluyeron también la vasta cuenca del Orinoco. Según la  
1857 clasificación climática de Köppen-Geiger (Beck *et al.*, 2018), diversos patrones  
1858 climáticos como la selva tropical (Af), sabana (Aw), semiárido cálido (Bsh), clima  
1859 desértico cálido (Bwh), subtropical húmedo (Cfa), oceánico (Cfb), mediterráneo de  
1860 verano cálido (Csb), subpolar oceánico influido por monzones (Cwc), clima subtropical  
1861 húmedo influenciado por los monzones (Cwa) y tundra (ET) fueron incluidos a lo largo  
1862 del presente estudio, como se muestra en la Figura 3a. Diversas especies de animales  
1863 silvestre como el manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*), el perro de monte  
1864 (*Speothos venaticus*), el capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), el puma, el zorro  
1865 cangrejero (*Cerdocyon thous*), el jaguar (*Panthera onca*), el jaguarundi (*Herpailurus*  
1866 *yagouaroundi*) y el ocelote (*Leopardus pardalis*) fueron evaluadas parasitológicamente  
1867 durante el desarrollo de la tesis. Teniendo en cuenta la importancia de la interfaz

1868 humano-animal, se realizó también una evaluación a nivel nacional de la reactividad  
 1869 serológica frente al nematodo angiotrópico *A. vasorum* en 955 caninos domésticos  
 1870 (*Canis familiaris*) resaltando la importancia epidemiológica de la fauna silvestre en el  
 1871 ciclo de vida del parásito y su potencial transmisión entre diversas especies de  
 1872 gasterópodos y carnívoros, respectivamente como hospedadores intermediarios y  
 1873 definitivos. Se incluye también una revisión mundial sobre el nematodo  
 1874 angioneurotrópico *Gurltia paralyans*, llevada a cabo tanto en felinos silvestres como  
 1875 domésticos.

1876 Con base en la división geopolítica colombiana actual, se realizaron diferentes  
 1877 tipos de muestreos y/o análisis parasitológicos en 12 de los 32 departamentos del país,  
 1878 que constituyen un total de 524.970 Km<sup>2</sup>, aproximadme la mitad (~50.3%) del área  
 1879 continental del territorio nacional colombiano como se ejemplifica en la Figura 3b.



1881 **Figura 7:** Mapa geográfico descriptivo del total de áreas de muestreo cubiertas durante  
 1882 la tesis doctoral en el territorio nacional colombiano. a) Clasificación climática Köppen-



1883 Geiger para Colombia; Af: Selva tropical, Aw: Sabana, Bsh: Semiárido cálido, Bwh:  
 1884 Clima desértico cálido, Cfa: Subtropical húmedo, Cfb: Oceánico, Csb: Mediterráneo de  
 1885 verano cálido, Cwc: Subpolar oceánico influido por monzones, Cwa: Clima subtropical  
 1886 húmedo influenciado por los monzones, ET: Tundra. b) Diferentes departamentos de  
 1887 acuerdo con la división geopolítica de Colombia; Las áreas muestreadas se muestran  
 1888 en rojo: 1) Atlántico, 2) Sucre, 3) Córdoba, 4) Antioquia, 5) Santander, 6) Arauca, 7)  
 1889 Risaralda, 8) Cundinamarca, 9) Casanare, 10) Meta, 11) Caquetá y 12) Amazonas.

1890 Dado que los animales silvestres se consideran excelentes bioindicadores de la  
 1891 salud de los ecosistemas, mediante la evaluación de parásitos transmitidos por el agua,  
 1892 los alimentos, el suelo y los gasterópodos, se contribuirá a generar estrategias para  
 1893 evitar la transmisibilidad zoonantroponótica a las poblaciones humanas y transmisión a  
 1894 animales domésticos y/o sinantrópicos (Bossart, 2011b; Cunningham *et al.*, 2017; Uribe  
 1895 *et al.*, 2021a, 2021b, 2023). En cuanto a la abundancia parasitológica esperada en la  
 1896 región tropical, considerada como una de las áreas con mayor biodiversidad a nivel  
 1897 mundial, la presente tesis doctoral identificó una plétora de parásitos tanto en animales  
 1898 silvestres como en animales domésticos a lo largo del territorio nacional colombiano  
 1899 (Tabla 2), trayendo a colación la importancia ecoepidemiológica de los animales  
 1900 silvestres bajo el concepto de *Global Health / One Health*, fomentando así esfuerzos  
 1901 continuos para controlar y erradicar agentes infecciosos generados por parásitos proto  
 1902 y metazoarios (Waikagul, 2006; Balakrishnan, 2017; Dantas-Torres, 2021). Si bien esta  
 1903 tesis doctoral se llevó a cabo en Colombia como territorio articulador único entre  
 1904 América Central y Suramérica, los métodos y resultados obtenidos pueden extrapolarse  
 1905 fácilmente a otras regiones tropicales u otras latitudes considerando la novedad y  
 1906 relevancia global de la información aquí contenida.

1907 **Tabla 3:** Lista resumida de parásitos identificados y respectivos huéspedes a lo largo  
 1908 de la presente tesis doctoral

Parásito	Hospedaros	Zoonótico	Referencia
<i>Spirometra</i> sp.	<i>L. pardalis</i>	✓	Capítulo 1

	<i>P. onca</i>		
<i>Toxocara cati</i>	<i>L. pardalis</i>	✓	
	<i>P. onca</i>		
<i>Oncicola</i> sp.	<i>L. pardalis</i>	‡	
	<i>P. onca</i>		
<i>Cystoisopora</i> sp.	<i>L. pardalis</i>		
	<i>P. onca</i>		
<i>Taenia omissa</i>	<i>P. concolor</i>		
	<i>H. yagouaroundi</i> †		
<i>Protozoophaga obesa</i>	<i>H. hydrochaeris</i>		Capítulo 2
<i>Strongyloides</i> sp.		✓	
<i>Echinocoleus</i>			
<i>hydrochoerid</i>			
Trichostrongyloidea			
<i>Monoecocestus</i> sp.			
<i>Hippocrepis hippocrepis</i>			
<i>Plagiorchis muris</i>		✓	
<i>Taxorchis schistocotyle</i>			
<i>Neobalantidium coli</i>		✓	
<i>Cryptosporidium</i> sp.		✓	
<i>Entamoeba</i> sp.		✓	
<i>Eimeria trinidadensis</i>			
Cycloposthiidae			
<i>Gurltia paralyans</i>	<i>F. catus</i>		Capítulo 3
<i>Angiostrongylus vasorum</i>	<i>C. familiaris</i>		Capítulo 4
<i>Spirometra mansonioides</i>	<i>C. thous</i>	✓	Capítulo 5
<i>Dipylidium caninum</i>	<i>S. venaticus</i>	✓	Capítulo 6
<i>Lagochilascaris cf. minor</i>	<i>C. thous</i>	✓	

*Spirometra mansonioides* ✓

*Chiorchis fabaceus*

*T. m. manatus*

Capítulo 7

1909 ✓: Parásitos con potencial zoonótico. †: Linaje hermano de *Taenia omissa*. ‡: Debido a  
1910 la clasificación a nivel de género no se puede aseverar a ciencia cierta del carácter  
1911 zoonótico del mismo.

1912 De forma general aquí se reporta la identificación de un total de veintitrés ( $n = 23$ )  
1913 taxones de parásitos a través de diferentes metodologías investigativas tales como  
1914 varias técnicas de examen coproparasitológico, ensayos inmunoabsorbentes ligados a  
1915 enzimas (ELISA), microscopía electrónica de barrido (SEM), así como la identificación  
1916 molecular y filogenética posterior. Algunos de estos parásitos, particularmente los  
1917 reportados en felinos silvestres como jaguares, ocelotes, pumas y jaguarundis, fueron  
1918 rescatados del olvido. De igual forma algunas especies de parásitos acá reportadas  
1919 constituyen nuevos registros de hospedadores o amplían las áreas de distribución  
1920 geográficas previamente conocidas para estos agentes parasitarios. En consecuencia,  
1921 el compilado de información acá presentado generó nuevos conocimientos y destacó  
1922 las perspectivas futuras de la investigación parasitológica como un campo aún en  
1923 expansión en las Américas. Es importante enfatizar que un total de nueve especies de  
1924 parásitos ( $n = 9$ ) identificados tienen relevancia zoonótica y pertenecen a diferentes  
1925 grupos taxonómicos (protozoos apicomplejos, ciliados y ameboides, trematodos,  
1926 acantocéfalos, nematodos y cestodos). Por lo tanto, algunas especies de parásitos de  
1927 gran relevancia para la salud pública se describen con mayor detalle, mientras que  
1928 otras se analizan desde un punto de vista general evitando así la redundancia de los  
1929 Capítulos desarrollados anteriormente.

1930 El primero de estos inesperados y sorprendentes hallazgos fue el reporte de  
1931 *Spirometra* sp. y *Spirometra mansoni* en felinos y cánidos silvestres, respectivamente.  
1932 La esparganosis es una enfermedad desatendida transmitida por el agua y los  
1933 alimentos de distribución mundial, causada por los estadios larvarios (plerocercoides)  
1934 de cestodos pertenecientes al género *Spirometra* con localización en diversos tejidos y

1935 órganos (Galán-Puchades, 2019; Kuchta *et al.*, 2021; Brabec *et al.*, 2022). Los seres  
1936 humanos se infectan al consumir o usar carne cruda de huéspedes intermedios (por  
1937 ejemplo, anfibios, reptiles) en cataplasmas tradicionales o bebiendo agua que contiene  
1938 copépodos infectados (Kuchta *et al.*, 2015). El reporte de infecciones con *Spirometra* en  
1939 Suramérica tiene lugar desde principios del siglo XX (Mueller *et al.*, 1975). Este género  
1940 de cestodos ha sido previamente registrado en félidos silvestres suramericanos  
1941 (Almeida *et al.*, 2016; Acuña-Olea *et al.*, 2020; Arrabal *et al.*, 2020). Hasta donde  
1942 sabemos, aquí reportamos *Spirometra* sp. por primera vez en jaguares y ocelotes  
1943 colombianos de vida libre (Uribe *et al.*, 2021b). Además, mediante la identificación  
1944 molecular de un espécimen adulto de cestodo recuperado de un zorro cangrejero en el  
1945 municipio de Ciudad Bolívar, Antioquia, Colombia, confirmamos la ocurrencia del agente  
1946 causal más frecuente de la esparganosis humana (es decir, *Spirometra mansoni*). Esta  
1947 especie de parásito es comúnmente reportada en el sudeste asiático, representando la  
1948 segunda especie congénica con potencial zoonótico conocido en las Américas  
1949 (Brabec *et al.*, 2022). Así, el análisis filogenético bajo el criterio de máxima verosimilitud  
1950 resolvió la posición del cestodo en lo profundo del clado de *S. mansoni*, demostrando  
1951 así por primera vez la presencia del agente causal de la esparganosis humana en el  
1952 continente americano (Brabec *et al.*, 2022). Este fue un resultado inesperado y bastante  
1953 novedoso que proporcionó nuevos datos sobre la distribución global de diferentes  
1954 genotipos de este importante cestodo ya que la presencia simultánea de la segunda  
1955 especie congénica con potencial zoonótico urge investigaciones más profundas sobre  
1956 el ciclo de vida de este parásito y la epizootiología de una enfermedad parasitaria que  
1957 podría estar afectando de forma silente la salud pública en las Américas.

1958           Por otro lado, la toxocariasis causada por *T. canis* y *T. cati* es una helmintiasis  
1959 zoonótica cuyos residentes huevos pasan a las heces tanto de cánidos como félidos  
1960 permaneciendo infectivos para a una gran variedad de vertebrados, incluidos los  
1961 humanos, durante años en el medio ambiente (Wu and Bowman, 2020). Basado en el  
1962 insidioso impacto de la toxocariasis en la salud humana, las brechas de investigación y  
1963 una mejor comprensión de la poco estudiada biología de *T. cati* son esenciales para

1964 guiar las acciones de control y prevención de esta parasitosis reportada frecuentemente  
1965 en infantes (Maciag *et al.*, 2022). La prevalencia de *Toxocara* sp. en subpoblaciones de  
1966 perros y gatos domésticos del continente americano pueden oscilar entre 0 y >87 % y/o  
1967 entre 0 y >60 % respectivamente, mientras que *T. cati* muestra una mayor prevalencia  
1968 en animales menores de 1 año de manera similar a la prevalencia de *T. canis* en perros  
1969 jóvenes (Ketzis and Lucio-Forster, 2020). La toxocariasis es considerada la enfermedad  
1970 helmíntica gastrointestinal ubicua en poblaciones de cánidos y félidos domésticos (Wu  
1971 and Bowman, 2020). Por el contrario, los reportes e información sobre toxocariasis en  
1972 felinos silvestres es muy escasa. Aquí reportamos la ocurrencia del potencialmente  
1973 zoonótico *T. cati* en jaguares y ocelotes, destacando nuevamente el papel potencial que  
1974 juega la fauna silvestre en la transmisión de este parásito a las poblaciones humanas  
1975 (Uribe *et al.*, 2021b). Este nematodo ascárido es la especie dominante en la mayoría de  
1976 los felinos, debido a su complejo ciclo de vida con transmisión lactogénica y una amplia  
1977 gama de huéspedes paraténicos, como roedores (ratón y rata), macacos (*Macaca*  
1978 *mulatta*), pollos, codornices (*Coturnix japonica*), porcinos, lombrices de tierra (*Eudrilus*  
1979 *eugeniae*) e incluso por ingestión de hígado crudo de pato, bovino y/u ovino (Bowman,  
1980 2020; Peng *et al.*, 2020). A pesar de la distribución mundial de *T. cati* y su endemidad  
1981 en la mayoría de los países de América (Bolívar-Mejía *et al.*, 2014), la toxocariasis en  
1982 humanos y felinos aún es poco reportada en las áreas rurales de Colombia, ya que la  
1983 mayoría de los estudios se han realizado en áreas urbanas (López-Orsorio *et al.*, 2020).  
1984 Una vez más, esto demuestra la importancia de realizar estudios parasitológicos  
1985 constantes no solo en felinos silvestres como hospedadores definitivos sino también en  
1986 poblaciones de otros animales silvestres que puedan actuar como hospedadores  
1987 paraténicos del *Toxocara*.

1988           Además de identificar del cestodo *Spirometra* sp. y el nematodo ascárido *T. cati*  
1989 en félidos silvestres, aquí se describe el primer reporte en América de *S. mansoni* en un  
1990 zorro cangrejero (Uribe *et al.*, 2023). Además, se reporta la presencia de nematodos  
1991 zoonóticos del género *Strongyloides* en poblaciones endémicas de roedores silvestres  
1992 como los capibaras (*H. hydrochaeris*) siendo entonces posibles reservorios silvestres de

1993    estrongiloidiosis tanto para animales domésticos como humanos que habitan la cuenca  
1994    del Orinoco (Uribe *et al.*, 2021a). A pesar de ser una helmintiasis relevante con una  
1995    estimación de 30 a 100 millones de humanos infectados por *Strongyloides* en todo el  
1996    mundo (Byard, 2019; Krolewiecki and Nutman, 2019), este nematodo zoonótico  
1997    permanece altamente desatendido debido a su complejo ciclo de vida con  
1998    autoinfecciones crónicas (Nutman, 2017). La estrongiloidiosis humana es causada  
1999    principalmente por la especie *Strongyloides stercoralis* u otras especies del género  
2000    *Strongyloides* spp. con estadios parasitarios endógenos y de vida libre que persisten en  
2001    el hospedador durante décadas, llegando a una tolerancia mutua o estabilidad  
2002    enzoótica (Grove, 1996). Al igual que otras enfermedades helmínticas, el diagnóstico de  
2003    la estrongiloidiosis puede ser complejo y su tratamiento problemático debido su  
2004    dispersión por las migraciones masivas de poblaciones humanas (Byard, 2019). El  
2005    parásito tiene un amplio espectro de sus manifestaciones clínicas, puede causar un  
2006    breve período sintomatológico y signos agudos después de la infección inicial, para  
2007    posteriormente pasar a un cuadro asintomático crónico durante décadas debido a la  
2008    capacidad del nematodo para autoinfectar a los huéspedes infectados (Byard, 2019). La  
2009    estrongiloidiosis humana es una enfermedad desatendida especialmente durante la  
2010    gestación y la lactancia, etapas en las cuales ha sido poco estudiada, a pesar de la  
2011    importancia epidemiológica que reviste la transmisión lactogénica para los neonatos  
2012    (Wikman-Jorgensen *et al.*, 2021). Al ser una parasitosis transmitida por el suelo, las  
2013    larvas infectivas de *Strongyloides* pueden penetrar la piel humana y causar larva  
2014    migrans cutánea (LMC). Por lo tanto, las poblaciones sinantrópicas de capibaras  
2015    infectadas con *Strongyloides* pueden contribuir activamente a la propagación de LMC y  
2016    originar la diseminación del parásito entre animales domésticos y poblaciones  
2017    humanas. Por ende los capibaras deben monitorearse constantemente como una  
2018    potencial fuente de transmisión de este parásito tlenchido (Uribe *et al.*, 2021a).

2019           Además, en la misma especie de roedor gigante mencionada anteriormente (*H.*  
2020    *hydrochaeris*) reportamos por primera vez al trematodo *Plagiorchis muris*, expandiendo  
2021    el número de potenciales hospedadores de este parasito (Uribe *et al.*, 2021a). La

2022 plagiorquiosis es una enfermedad zoonótica transmitida por alimentos que constituye un  
2023 importante problema de salud pública a nivel mundial a pesar de los tratamientos  
2024 antihelmínticos de amplio espectro disponibles. (Fried *et al.*, 2004). La plagiorquiosis es  
2025 una enfermedad generada por trematodos intestinales que se presenta tanto en  
2026 humanos como en roedores. Curiosamente, la familia Plagiorchiidae está conformada  
2027 por diez especies con potencial zoonótico: *Plagiorchis harinasutari*, *Plagiorchis*  
2028 *javanesis*, *Plagiorchis philippinensis*, *Plagiorchis elegans*, *Plagiorchis koreanus*,  
2029 *Plagiorchis maculosus*, *Plagiorchis muelleri*, *Plagiorchis muris*, *Plagiorchis neomidis* y  
2030 *Plagiorchis vespertilionis* (Chai *et al.*, 2009). Estos trematodos intestinales tienen un  
2031 origen, distribución y divergencia muy complejos que aparentemente comienzan en las  
2032 regiones orientales de Laurasia (territorio moderno del sudeste asiático), desde donde  
2033 estos parásitos se propagaron a través del paleomicrocontinente de Amur y Beringia  
2034 hacia Norteamérica expandiendo posteriormente su distribución a través de Centro y  
2035 Suramérica (Bogatov and Vainutis, 2022). Es importante destacar que dentro de la  
2036 familia Plagiorchiidae, *P. muris* es la especie que más frecuentemente infecta a los  
2037 humanos, siendo reportada en todos los continentes (Suleman *et al.*, 2019). Este  
2038 trematodo intestinal altamente desatendido se considera una "enfermedad transmitida  
2039 por roedores" con endemidad en Asia y Norteamérica a través de una ruta de  
2040 transmisión efectiva de roedores a humanos (McMullen, 1937; Asada *et al.*, 1962; Hong  
2041 *et al.*, 1996; Chai and Lee, 2002; Youn, 2009). Por el contrario, la información sobre la  
2042 epidemiología de la plagiorquiosis, su ciclo de vida y los casos humanos siguen siendo  
2043 escasos para África, las Américas y Europa (Rogan *et al.*, 2007; Franssen *et al.*, 2016;  
2044 Catalano *et al.*, 2019). Por lo tanto, la descripción presentada aquí amplía el rango de  
2045 distribución geográfica previamente conocido de *P. muris* y constituye el primer registro  
2046 del capibara como hospedador de esta parasitosis. Por lo tanto, recomendamos futuras  
2047 investigaciones sobre este trematodo zoonótico eurixeno en animales domésticos  
2048 suramericanos y humanos que comparten el hábitat de los capibaras. Se requieren más  
2049 estudios para dilucidar el ciclo de vida de *P. muris*, el espectro de gasterópodos como  
2050 hospedadores intermedios obligados, los potenciales hospedadores intermedios  
2051 secundarios y otros hospedadores definitivos que puedan intervenir en el ciclo del

2052 parásito, así como el impacto en la salud pública que puede tener la plagiatorquiosis al  
2053 afectar poblaciones humanas.

2054           Adicionalmente, en capibaras colombianos aquí se reporta la presencia de  
2055 *Cryptosporidium*, apicomplejo antropozoonótico transmitido por el agua. La  
2056 Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que el 91% de la población humana  
2057 tiene acceso regular a fuentes de agua potable tratada, ya sea a través de redes  
2058 públicas de acueductos, pozos artesanales o perforaciones subterráneas, pero aun así  
2059 al menos 1800 millones de personas continúan haciendo uso de agua contaminada con  
2060 heces, causando al menos 502000 muertes por cuadros diarreicos generados por  
2061 *Cryptosporidium* al año (Lim and Nissapatorn, 2017). La criptosporidiosis es la segunda  
2062 causa de muerte, especialmente entre los niños menores de 5 años (Checkley *et al.*,  
2063 2015; Platts-Mills *et al.*, 2015). Siendo esta parasitosis identificada como uno de los  
2064 principales agentes etiológicos de brotes diarreicos en poblaciones humanas (Lim and  
2065 Nissapatorn, 2017). En este mismo sentido, los géneros *Cryptosporidium* y *Giardia* son  
2066 ampliamente reconocidos en todo el mundo como agentes etiológicos transmitidos por  
2067 el agua desatendidos responsables de múltiples brotes en poblaciones humanas,  
2068 epizootias entre animales domésticos y silvestres, así como una transmisión  
2069 bidireccional efectiva en la interfaz humano-animal (Dixon, 2009; Kutz *et al.*, 2009).  
2070 Estos agentes parasitarios han sido ampliamente estudiados, por lo que no siempre son  
2071 consideradas como enfermedades tropicales desatendidas (por sus siglas en inglés;  
2072 *Neglected tropical diseases* - NTDs) y no se incluyen en la lista de enfermedades  
2073 tropicales elegibles para una revisión prioritaria (*Priority Review Voucher* - PRV) de la  
2074 Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) (Archer *et al.*, 2020;  
2075 Choy and Huston, 2020). A pesar de que la OMS o los CDC no la consideran NTD, la  
2076 criptosporidiosis sigue siendo altamente prevalente en zonas rurales de África, Asia,  
2077 América, Oceanía y Europa (Becker *et al.*, 2015; Korpe *et al.*, 2018; Kantzanou *et al.*,  
2078 2021). Así, la criptosporidiosis demuestra ser uno de los agentes etiológicos  
2079 responsable de múltiples brotes de trastornos gastroentéricos en poblaciones humanas  
2080 a nivel mundial como una enfermedad relacionada con la pobreza (PRD) (Ryan *et al.*,



2081 2021). La criptosporidiosis en humanos causada principalmente por *Cryptosporidium*  
2082 *parvum*, se ha convertido en una de las principales causas de enfermedades diarreicas  
2083 en todo el mundo, lo que representa una importante amenaza para lactantes y  
2084 pacientes inmunocomprometidos (Kantzanou *et al.*, 2021). El género *Cryptosporidium*  
2085 ya ha sido reportado en 10 familias de roedores (Perz and Le Blancq, 2001; Ziegler *et*  
2086 *al.*, 2007; Lv *et al.*, 2009; Stenger *et al.*, 2015; Feng *et al.*, 2020; García-Livia *et al.*,  
2087 2020). Consecuentemente, se ha descrito una baja prevalencia de infecciones naturales  
2088 por *C. parvum* en capibaras (Hydrochoeridae) de Brasil (Meireles *et al.*, 2007).  
2089 Adicionalmente, la ocurrencia de *Cryptosporidium* se ha descrito en otras especies de  
2090 mamíferos semiacuáticos de vida libre como el león marino sudamericano (*Otaria*  
2091 *flavescens*), la nutria de río norteamericana (*Lontra canadensis*), la nutria de río  
2092 neotropical (*Lontra longicaudis*) y la nutria gigante (*Pteronura brasiliensis*) (Gaydos *et*  
2093 *al.*, 2007; Borges *et al.*, 2018; Ebmer *et al.*, 2020). Estas dos últimas especies de nutrias  
2094 comparten su hábitat natural en Colombia con poblaciones de capibaras, explicando así  
2095 una potencial vía de transmisión de ooquistes esporulados altamente infectivos y  
2096 resistentes de *Cryptosporidium* entre estas especies. Dado que el subtipo de  
2097 *Cryptosporidium* encontrado en capibaras tenía una similitud genética del 100 % con el  
2098 subtipo aislado de *C. parvum* IlaA15G2R1 en bovinos (Meireles *et al.*, 2007), aumenta  
2099 la importancia de la forma bidireccional en la que los ooquistes de *Cryptosporidium* de  
2100 paredes gruesas podrían propagarse con facilidad en medios acuáticos entre  
2101 mamíferos semiacuáticos como los capibaras hacia animales domésticos y humanos  
2102 (Uribe *et al.*, 2021a).

2103 Igualmente, en capibaras colombianos reportamos otras dos especies de  
2104 parásitos protozoarios potencialmente zoonóticos (*Neobalantidium coli* y *Entamoeba*  
2105 *sp.*) (Uribe *et al.*, 2021a). Anteriormente conocido como *Balantidium coli*, pero  
2106 recientemente renombrado como *Neobalantidium coli* basado en el polimorfismo de las  
2107 secuencias de SSrDNA, esta especie de protozoo intestinal tiene como principales  
2108 hospedadores y reservorios a los cerdos domésticos afectando también otras especies  
2109 de mamíferos donde se incluyen los primates (Pomajbíková *et al.*, 2013). Diversos

2110 animales como roedores, camélidos, bovinos, asnales, y ovicaprinos también se han  
2111 propuesto como reservorios de la neobalantidiosis humana (Nilles-Bije and Rivera,  
2112 2010; Ponce-Gordo and García-Rodríguez, 2021). El *N. coli* es un parásito ciliado  
2113 desatendido oportunista que se puede encontrar en todo el mundo y afecta a una  
2114 variedad de hospedadores, incluidos los cerdos domésticos que son el principal  
2115 reservorio, mientras que los humanos se infectan a través del contacto directo o  
2116 indirecto con cerdos u otros hospedadores infectados que eliminan quistes infecciosos  
2117 (Giarratana *et al.*, 2021). En las zonas rurales y en algunos países en desarrollo donde  
2118 las heces de los hospedadores contaminan el suministro de agua, existe una mayor  
2119 probabilidad de que la neobalantidiosis se desarrolle en humanos (Schuster and  
2120 Ramirez-Avila, 2008). A pesar del hecho que la neobalantidiosis ocurre  
2121 predominantemente en regiones tropicales y subtropicales, también se han informado  
2122 infecciones por *N. coli* en regiones geográficas templadas (Yu *et al.*, 2020). Esta  
2123 enfermedad cosmopolita y desatendida transmitida por el agua puede ser subclínica en  
2124 humanos, ya que se observa principalmente en cerdos, o puede desarrollarse como  
2125 una tiflocolitis fulminante con diarrea sanguinolenta mucoide que finalmente puede  
2126 conducir a úlceras perforantes del colon (Schuster and Ramirez-Avila, 2008).

2127 En cuanto a la detección de *Entamoeba* sp. en capibaras, es notable que dentro  
2128 del género, la especie *Entamoeba histolytica* es un parásito que se encuentra  
2129 frecuentemente contaminando vegetales y frutas, estando directamente asociado con  
2130 enfermedades diarreicas en humanos como un importante problema de salud pública  
2131 transmitido por los alimentos en todo el mundo (Li *et al.*, 2020). Por lo tanto, este  
2132 protozoo ameboide es una de las principales especies de parásitos intestinales  
2133 reportados en humanos, causando particularmente diarrea aguda, disentería, colitis e  
2134 incluso abscesos hepáticos (Dacal *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2021). Como la cuarta causa  
2135 parasitaria principal de mortalidad humana, *E. histolytica* infecta principalmente a niños  
2136 en países en desarrollo, transmitida por la alimentos y/o agua contaminados con quistes  
2137 infectivos de *E. histolytica* altamente resistentes (Li *et al.*, 2020). Una vez más, es  
2138 altamente probable que la fauna silvestre desempeñe un papel clave en la transmisión y

2139 el mantenimiento de esta parasitosis zoonótica (Li *et al.*, 2020). Sin embargo, como en  
2140 el caso de los primates no humanos es necesario aclarar más este punto, ya que  
2141 diferentes especies de *Entamoeba* podrían interpretarse como *E. histolytica* debido  
2142 tanto a la escasez de datos morfológicos y moleculares como a los vacíos en la  
2143 información publicada recientemente sobre las especies del género *Entamoeba*  
2144 (Elsheikha *et al.*, 2018). En consecuencia, los capibaras sinantrópicos de vida libre  
2145 deben considerarse hospedadores naturales de varios parásitos zoonóticos relevantes  
2146 transmitidos por el agua, los alimentos, el suelo y los gasterópodos de relevancia para  
2147 la salud pública (Uribe *et al.*, 2021a).

2148 De la misma manera, aquí identificamos la ocurrencia del nematodo  
2149 *Lagochilascaris cf. minor* lo que implica un problema de salud pública (Uribe *et al.*,  
2150 2023). La lagochilascariosis humana causada por *Lagochilascaris minor* es una  
2151 enfermedad zoonótica extremadamente desatendida que se limitada al continente  
2152 americano. Este es un parásito ascáride humano raro (orden Rhabditida) que  
2153 principalmente se manifiesta como una enfermedad crónica persistente por años  
2154 (Neves, 2016; Campos *et al.*, 2017). En la lagochilascariosis crónica, las larvas se  
2155 enquistan en los tejidos subcutáneos del cuello, los senos paranasales y las mastoides  
2156 (Campos *et al.*, 2017). Además, *L. minor* puede causar lesiones en la región de la  
2157 cabeza y el cuello, incluidas las amígdalas, los globos oculares, los senos nasales, el  
2158 oído medio, los alvéolos dentales, la rinofaringe, los pulmones, las áreas sacras y con  
2159 menos frecuencia el sistema nervioso central (SNC). Los seres humanos se infectan  
2160 después de la ingestión de carne cruda o poco cocida de animales de caza (que actúan  
2161 como huéspedes intermedios o paraténicos) con larvas de *L. minor* enquistadas en el  
2162 tercer estadio (Tanowitz and Machado, 2013). En las Américas, se han identificado más  
2163 de 100 casos de lagochilascariosis en humanos (Campos *et al.*, 2017). Se han  
2164 reportado casos humanos de lagochilascariosis en países de Centro y Suramérica  
2165 como Bolivia (Ollé-Goig *et al.*, 1996), Brasil (Neves, 2016), Colombia, Costa Rica ,  
2166 Ecuador (Calvopiña *et al.*, 1998), México (Barrera-Pérez *et al.*, 2012), Paraguay (Roig  
2167 O. R *et al.*, 2010), Perú, Surinam (Oostburg, 1992), Trinidad y Tobago (Draper, 1963) y

2168 Venezuela (Orihuela *et al.*, 1987). Para el caso de Colombia solo se han documentado  
2169 tres casos de lagochilascariosis en humanos (Little and Botero, 1984; Moncada *et al.*,  
2170 1998). Por lo tanto, aquí se identifica por primera vez *L. cf. minor* en un zorro  
2171 cangrejero, por lo que la presente tesis doctoral constituye el primer reporte de este  
2172 parásito en hospedadores no humanos en el territorio nacional colombiano (Uribe *et al.*,  
2173 2023).

2174 Finalmente, con respecto al último parásito zoonótico identificado en la presente  
2175 tesis doctoral, reportamos el agente causal de la dipilidiosis infectando cánidos  
2176 silvestres (Uribe *et al.*, 2023). La dipilidiosis es una enfermedad cosmopolita  
2177 subestimada causada por el cestodo de la especie *Dipylidium caninum* (familia  
2178 Dipylidiidae), se ha identificado en varias especies silvestres como los zorros, lobos,  
2179 chacales, hienas, coyotes, perros mapaches (*Nyctereutes procyonoides*) y guepardos  
2180 (Rousseau *et al.*, 2022). Recientemente se han propuesto dos variaciones genéticas  
2181 para la especie: el genotipo canino y el genotipo felino (Beugnet *et al.*, 2018;  
2182 Labuschagne *et al.*, 2018). Si bien la infección por *D. caninum* generalmente ocurre en  
2183 cánidos y félidos como huéspedes definitivos principales, puede infectar a los humanos  
2184 después ingerir pulgas o piojos adultos con cisticercoides infecciosos, siendo reportada  
2185 principalmente en infantes que conviven con huéspedes definitivos infectados con *D.*  
2186 *caninum* (Hogan and Schwenk, 2019). Hay casos de dipilidiosis humana reportados en  
2187 varios países siendo una parasitosis de distribución mundial (Gutema *et al.*, 2020).  
2188 Como se ha visto para otras PRD, la dipilidiosis humana afecta principalmente a niños  
2189 de países en desarrollo con precarias condiciones higiénico-sanitarias, sin embargo,  
2190 hasta ahora se ha hecho muy poco para prevenir o controlar esta parasitosis. Las  
2191 manifestaciones clínicas de la dipilidiosis humana a menudo consisten en prurito con  
2192 dermatitis leve del área perineal y excoriaciones lineales secundarias al rascado  
2193 constante. Además, se han descrito diarrea, vómitos y pérdida de peso (Chong *et al.*,  
2194 2020). La transmisión de este cestodo intestinal es bidireccional (es decir, animales  
2195 silvestres a domésticos y de animales domésticos a silvestres) debido a los hábitats  
2196 compartidos particularmente durante la noche, cuando los animales silvestres se

2197 acercan a las poblaciones humanas en busca de alimento (Rousseau *et al.*, 2022). Por  
2198 lo tanto, este reporte amplía el rango de distribución geográfica de *D. caninum sensu*  
2199 *lato* a las regiones Panamazónica y Norte andinas y constituye el primer registro de este  
2200 cestodo antropozoonótico en perros de monte (Uribe *et al.*, 2023). El cestodo del perro  
2201 de monte analizado correspondía al genotipo canino de *D. caninum* propuesto  
2202 recientemente, que posee una mayor frecuencia de presentación, tiene un período  
2203 prepatente más corto y una vida media más larga en caninos a comparación del  
2204 genotipo felino (Beugnet *et al.*, 2018).

2205         A pesar de no tener relevancia clínica ni epidemiológica en poblaciones  
2206 humanas, aquí se identificaron otros parásitos no zoonóticos tanto en animales  
2207 silvestres como domésticos. Sin embargo, estos agentes etiológicos son importantes  
2208 para comprender la dinámica de los parásitos y el papel que desempeñan en la salud  
2209 de sus hospedadores animales. Además, algunos de estos parásitos reportados  
2210 también constituyen nuevos registros de hospedadores o hallazgos parasitológicos que  
2211 durante muchas décadas han sido olvidados en la literatura. Uno de estos casos es el  
2212 acantocéfalo del género *Oncicola* identificado tanto en ocelotes como en jaguares  
2213 (Uribe *et al.*, 2021b). Se sabe que este acantocéfalo circula entre los felinos  
2214 suramericanos desde hace casi 9000 años (Amin, 2013; Sianto *et al.*, 2014; Orrell,  
2215 2017), pero acá lo traemos del olvido reputándolo por primera vez en félidos silvestres  
2216 colombianos (Uribe *et al.*, 2021b). Otro hallazgo parasitológico inesperado que se limita  
2217 a infectar especies animales tanto carnívoras como herbívoras es la *Taenia omissa*  
2218 identificada filogenéticamente colectada de una puma hallada muerta y un jaguarundi  
2219 atropellado (Uribe *et al.*, 2021b). Hasta la fecha, los datos moleculares de *T. omissa* se  
2220 limitan a reportes de ocurrencia en hospedadores intermediarios naturales como la  
2221 alpaca (*Vicugna pacos*) y la corzuela colorada (*Mazama americana*) (Gomez-Puerta *et*  
2222 *al.*, 2017). Por lo tanto, contribuimos a ampliar los datos de secuencia disponibles de  
2223 esta especie de cestodo en félidos, expandiendo su rango de distribución geográfica a  
2224 Colombia y agregando al jaguarundi como nuevo hospedador definitivo. De manera  
2225 similar, en las mismas especies de hospedadores mencionadas anteriormente, se

2226 identificaron ooquistes morfológicamente compatibles con *Cystoisopora*, por lo tanto  
2227 recomendamos identificar a nivel de especie en futuras investigaciones si estos  
2228 ooquistes pertenecen a *Cystoisopora rivolta*, *Hammondia hammondi* o *Besnoitia* sp.,  
2229 como algunos de los coccidios formadores de quistes más frecuentemente reportados  
2230 en felinos silvestres y domésticos (Dubey, 2018). Además, aquí se reporta la ocurrencia  
2231 de especies de protozoos altamente subestimadas como *Eimeria trinidadensis*, el  
2232 nematodo *Protozophaga obesa*, el capilarido *Echinocoleus hydrochoerid* y los  
2233 nematodos pulmonares *A. vasorum* y *G. paralyans*, el cestodo del género  
2234 *Monoecocestus* sp., y los trematodos *Hippocrepis hippocrepsis*, *Taxorchis schistocotyle* y  
2235 *Chiorchis fabaceus*. Para todos estos parásitos desatendidos, llamamos la atención  
2236 sobre las posibles consecuencias que pueden tener para la salud de los animales  
2237 silvestres infectados, generando así conciencia sobre las especies de parásitos  
2238 crípticos que circulan en poblaciones de animales silvestres. Finalmente, los animales  
2239 silvestres de vida libre deben ser considerados no solo como reservorios naturales para  
2240 varios patógenos sino también como hospedadores que se ven afectados por ellos. De  
2241 igual forma este concepto es aplicable a los animales silvestres peridoméstico y/o  
2242 sinantrópico por definición en estrecho contacto directo con poblaciones humanas. Por  
2243 lo tanto, las especies emblemáticas de animales silvestres aquí investigadas pueden  
2244 ser una buena manera de llamar la atención sobre la importancia de las investigaciones  
2245 parasitarias bajo el concepto de Una salud (*One Health*), particularmente para especies  
2246 desatendidas de animales vertebrados e invertebrados.

2247

## Recomendaciones

2248

2249

2250           Como regla general en todas las comunidades, las coinfecciones tienen  
2251 consecuencias tanto en la epidemiología como en epizootiología de los agentes  
2252 infecciosos y el proceso de adaptación coevolutivo ente hospedador y parásito, por lo  
2253 tanto, se necesita un mejor conocimiento fundamental sobre las enfermedades  
2254 parasitarias para comprender su papel en la emergencia y remergencia de potenciales  
2255 zoonosis como una problemática de salud pública (Hoarau *et al.*, 2020). De igual forma,  
2256 el comprender el impacto directo e indirecto que diversos agentes parasitarios tienen  
2257 tanto a nivel poblacional como individual en la homeostasis salud / enfermedad de los  
2258 animales, reviste vital importancia para abordar este tópico de forma integral y holística.

2259           Con base en los resultados acá presentados, buscamos crear conciencia sobre  
2260 la gran diversidad de especies de parásitos crípticos que circulan en la fauna silvestre,  
2261 so pena de la dificultad intrínseca de muestrear estos individuos. Alentamos también a  
2262 realizar más estudios parasitológicos en individuos de la vida silvestre, animales  
2263 peridomésticos, sinantrópicos y poblaciones humanas para identificar parasitosis de  
2264 importancia en la salud pública en pro de prevenir la diseminación y contagio de  
2265 parásitos potencialmente zooantroponóticos. Las especies emblemáticas acá  
2266 estudiadas constituyen también una eficiente estrategia para llamar la atención sobre la  
2267 investigación parasitológica bajo una perspectiva de Una Salud. Puesto que, para el  
2268 Neotrópico y las Américas la parasitología en fauna silvestre es un área aún en  
2269 expansión, la vigilancia constante de enfermedades parasitarias en animales silvestres  
2270 es imperativa para comprender su impacto en poblaciones humanas, de animales  
2271 peridomésticos y sinantrópicos. Finalmente, si bien el compendio actual generó nuevos  
2272 conocimientos parasitológicos de relevancia nacional e internacional se destacan  
2273 algunas perspectivas y vacíos en la información actualmente publicada que  
2274 investigaciones parasitológicas futuras podrían subsanar, tales como:

- 2275     ○ Realizar futuros muestreos en jaguarundis (*Herpailurus yagouaroundi*) a lo largo de  
2276       su distribución en las Américas, para esclarecer la potencial diversidad de nuevas

- 2277 especies de *Taenia* sp. en estos como hospedadores definitivos, así como en sus  
2278 hospedadores intermediarios herbívoros.
- 2279 ○ Para el inventario total de especies de felinos silvestres en el territorio nacional  
2280 colombiano no se tiene una línea base de las potenciales parasitosis en ellos  
2281 presentes. Por ende, evaluar parasitológicamente individuos de las especies  
2282 *Leopardus wiedii* y *L. tigrinus* favorecería a comprender mejor el panorama global y  
2283 estatus parasitológico de estos felinos silvestres en el país.
- 2284 ○ En el caso de los capibaras si bien acá se presentan resultados de algunos  
2285 parásitos en la especie *Hydrochoerus hydrochaeris*, a la fecha no hay reportes  
2286 parasitológicos en la literatura para la otra especie congénica *Hydrochoerus*  
2287 *isthmius*.
- 2288 ○ Continuar ahondando la información parasitológica tanto para roedores silvestres  
2289 como sinantrópicos bajo una perspectiva de Una salud.
- 2290 ○ Puesto que el ciclo biológico de *Gurllia paralysans* permanece sin resolver, dilucidar  
2291 el mismo mediante la evaluación de hospedadores intermediarios (gasterópodos  
2292 terrestres pulmonados) en las áreas de previos reportes en país, contribuiría a  
2293 esclarecer el panorama y distribución epidemiológica de esta parasitosis altamente  
2294 destendida.
- 2295 ○ Si bien se realizó una primera aproximación para comprender la seroprevalencia,  
2296 reactividad antigénica y presencia de anticuerpos a nivel nacional para  
2297 *Angiostrongylus vasorum* en caninos domésticos, no se conocen los potenciales  
2298 hospedadores definitivos silvestres de parasitosis en Colombia, ya que ellos actualn  
2299 como principales diseminadores y reservorios del parásito.
- 2300 ○ Sería importante identificar la presencia de *A. vasorum* y otras especies del género  
2301 *Angiostrongylus* sp. en hospedadores intermediarios (gasterópodos terrestres  
2302 pulmonados) en el país, puesto que algunas de estas especies poseen potencial de  
2303 transición zoonótica como es el caso de *A. cantonensis*. De esta forma no solo se



- 2304 entendería mejor el ciclo de vida de este parásito angiotrópico sino también se  
2305 esclarecería el riesgo epidemiológico de angiostrongiliasis humana en el país y su  
2306 consecuente implicación para la salud pública.
- 2307 ○ A pesar de expandir la previa distribución conocida de *Spirometra mansoni* al  
2308 continente americano como principal agente etiológicos de esparganosis en  
2309 humanos, la taxonomía a nivel tanto morfológico como molecular para esta especie  
2310 de la familia Diphylobothriidae aún permanece sin resolver totalmente. Puesto que  
2311 el entendimiento del ciclo de vida de esta especie de cestodo, su presencia en otros  
2312 vertebrados, así como su precisa morfología y posterior clasificación filogenética, se  
2313 hacen indispensables para entender mejor la repercusión que el reporte de este  
2314 parásito tiene en el continente americano.
- 2315 ○ Al ser una especie en peligro de extinción el manatí antillano (*Trichechus manatus*  
2316 *manatus*), para el cual se han venido presentando múltiples mortalidades a lo largo  
2317 de los años en el territorio nacional colombiano sin una aparente causa definida a la  
2318 fecha, se debería ahondar más en el posible rol de los parásitos como potencial  
2319 causa concomitante de muerte en estas especies. así como el posible intercambio  
2320 bidireccional de parásitos entre poblaciones neozoas de hipopótamos  
2321 (*Hippopotamus amphibius*) y de manatíes en el territorio nacional colombiano.
- 2322 ○ Se requiere profundizar en la relevancia para la salud pública a nivel nacional de  
2323 *Lagochilascaris cf. minor* y *Dipylidium caninum*, acá reportados en caninos  
2324 silvestres.
- 2325 ○ Tanto para las especies de animales silvestres acá muestreadas como para las  
2326 especies de mamíferos marinos de la **Tabla 1**. acá no incluidos, se hace evidente la  
2327 necesidad de comprender la parasitofauna en ellos presente mediante la generación  
2328 de una línea base de información parasitológica, con especial énfasis en los  
2329 ectoparásitos y hemoparásitos.

2330

## Referencias

2331

2332

2333 Acuña-Olea, F., Sacristán, I., Aguilar, E., García, S., López, M. J., Oyarzún-Ruiz, P., *et*  
2334 *al.* (2020). Gastrointestinal and cardiorespiratory endoparasites in the wild felid  
2335 guigna (*Leopardus guigna*) in Chile: Richness increases with latitude and first  
2336 records for the host species. *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.* 13, 13–21.  
2337 doi:10.1016/j.ijppaw.2020.07.013.

2338 Almeida, G. G., Coscarelli, D., Melo, M. N., Melo, A. L., and Pinto, H. A. (2016).  
2339 Molecular identification of *Spirometra* spp. (Cestoda: Diphylobothriidae) in some  
2340 wild animals from Brazil. *Parasitol. Int.* 65, 428–431.  
2341 doi:10.1016/j.parint.2016.05.014.

2342 Amin, O. M. (2013). Classification of the Acanthocephala. *Folia Parasitol. (Praha)*. 60,  
2343 273–305. doi:10.14411/fp.2013.031.

2344 Arbeláez-Cortés, E. (2013). Knowledge of Colombian biodiversity: published and  
2345 indexed. *Biodivers. Conserv.* 22, 2875–2906. doi:10.1007/s10531-013-0560-y.

2346 Archer, J., O'Halloran, L., Al-Shehri, H., Summers, S., Bhattacharyya, T., Kabaterine, N.  
2347 B., *et al.* (2020). Intestinal Schistosomiasis and Giardiasis Co-Infection in Sub-  
2348 Saharan Africa: Can a One Health Approach Improve Control of Each Waterborne  
2349 Parasite Simultaneously? *Trop. Med. Infect. Dis.* 5, 137.  
2350 doi:10.3390/tropicalmed5030137.

2351 Arrabal, J. P., Pérez, M. G., Arce, L. F., and Kamenetzky, L. (2020). First identification  
2352 and molecular phylogeny of *Sparganum proliferum* from endangered felid (*Panthera*  
2353 *onca*) and other wild definitive hosts in one of the regions with highest worldwide  
2354 biodiversity. *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.* 13, 142–149.  
2355 doi:10.1016/j.ijppaw.2020.09.002.

2356 Asada, J., Otagaki, H., Morita, M., Takeuchi, T., Sakai, Y., Konoshi, T., *et al.* (1962). A  
2357 case report on the human infection with *Plagiorchis muris* Tanabe, 1922 in Japan.

- 2358            *Jap J Parasitol.* 11, 512–516.
- 2359    Avendaño, J. E., Bohórquez, C. I., Rosselli, L., Arzuza-Buelvas, D., Felipe, A., Cuervo,  
2360            A. M., *et al.* (2017). Ornitología Colombiana Lista de chequeo de las aves de  
2361            Colombia : Una síntesis del estado del conocimiento desde Hilty & Brown ( 1986 )  
2362            Artículo.
- 2363    Balakrishnan, V. S. (2017). Ending neglected tropical diseases. *Lancet Infect. Dis.* 17,  
2364            584–585. doi:10.1016/S1473-3099(17)30253-0.
- 2365    Barrera-Pérez, M., Manrique-Saide, P., Reyes-Novelo, E., Escobedo-Ortegón, J.,  
2366            Sánchez-Moreno, M., and Sánchez, C. (2012). *Lagochilascaris minor* Leiper, 1909  
2367            (Nematoda: Ascarididae) in Mexico: three clinical cases from the Peninsula of  
2368            Yucatan. *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo* 54, 315–317. doi:10.1590/S0036-  
2369            46652012000600005.
- 2370    Barrera-Ramírez, J., Prado, V., and Solheim, H. (2019). Life cycle assessment and  
2371            socioeconomic evaluation of the illicit crop substitution policy in Colombia. *J. Ind.*  
2372            *Ecol.*, 1–16. doi:10.1111/jiec.12917.
- 2373    Baskin, Y. (2006). Sea Sickness: The Upsurge in Marine Diseases. *Bioscience* 56, 464.  
2374            doi:10.1641/0006-3568(2006)56[464:sstuim]2.0.co;2.
- 2375    Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., and Wood, E.  
2376            F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km  
2377            resolution. *Sci. Data* 5, 180214. doi:10.1038/sdata.2018.214.
- 2378    Becker, D. J., Oloya, J., and Ezeamama, A. E. (2015). Household Socioeconomic and  
2379            Demographic Correlates of *Cryptosporidium* Seropositivity in the United States.  
2380            *PLoS Negl. Trop. Dis.* 9, e0004080. doi:10.1371/journal.pntd.0004080.
- 2381    Beugnet, F., Labuschagne, M., Vos, C. de, Crafford, D., and Fourie, J. (2018). Analysis  
2382            of *Dipylidium caninum* tapeworms from dogs and cats, or their respective fleas.  
2383            *Parasite* 25, 31. doi:10.1051/parasite/2018029.

- 2384 Bogatov, V. V., and Vainutis, K. S. (2022). About the Origin of the Family Allocreadiidae  
2385 (Trematoda: Plagiorchiida). *Dokl. Biol. Sci.* 502, 46–50.  
2386 doi:10.1134/S0012496622010021.
- 2387 Bolivar-Mejia, A., Alarcón-Olave, C., Calvo-Betancourt, L. S., Paniz-Mondolfi, A.,  
2388 Delgado, O., and Rodriguez-Morales, A. J. (2014). Toxocariasis in the Americas:  
2389 Burden and Disease Control. *Curr. Trop. Med. Reports* 1, 62–68.  
2390 doi:10.1007/s40475-013-0010-7.
- 2391 Borges, J. C. G., Lima, D. D. S., Calera, B. M., Marmontel, M., Da Silva, E. M., De  
2392 Oliveira Moreira, A. L., et al. (2018). *Cryptosporidium* spp. and *Giardia* sp. in  
2393 Neotropical river otters ( *Lontra longicaudis* ) and giant otters ( *Pteronura*  
2394 *brasiliensis* ) in northern Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* 98, 2153–2157.  
2395 doi:10.1017/S0025315417001709.
- 2396 Borgsteede, F. H. (1996). The effect of parasites on wildlife. *Vet. Q.* 18 Suppl 3, S138-  
2397 40.
- 2398 Bossart, G. D. (2011a). Marine Mammals as Sentinel Species for Oceans and Human  
2399 Health. *Vet. Pathol.* 48, 676–690. doi:10.1177/0300985810388525.
- 2400 Bossart, G. D. (2011b). Marine Mammals as Sentinel Species for Oceans and Human  
2401 Health. *Vet. Pathol.* 48, 676–690. doi:10.1177/0300985810388525.
- 2402 Bowman, D. D. (2020). “History of *Toxocara* and the associated larva migrans,” in, 17–  
2403 38. doi:10.1016/bs.apar.2020.01.037.
- 2404 Brabec, J., Uribe, M., Chaparro-Gutiérrez, J. J., and Hermosilla, C. (2022). Presence of  
2405 *Spirometra mansoni* , Causative Agent of Sparganosis, in South America. *Emerg.*  
2406 *Infect. Dis.* 28, 2347–2350. doi:10.3201/eid2811.220529.
- 2407 Byard, R. W. (2019). Lethal strongyloidiasis – Diagnostic and forensic issues. *J.*  
2408 *Forensic Leg. Med.* 62, 103–106. doi:10.1016/j.jflm.2019.01.014.

- 2409 Calvopiña, M., Guevara, A. G., Herrera, M., Serrano, M., and Guderian, R. H. (1998).  
2410 Treatment of human lagochilascariasis with ivermectin: first case report from  
2411 Ecuador. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 92, 223–4. doi:10.1016/s0035-  
2412 9203(98)90756-8.
- 2413 Camacho, M., Araújo, A., Morrow, J., Buikstra, J., and Reinhard, K. (2018). Recovering  
2414 parasites from mummies and coprolites: an epidemiological approach. *Parasit.*  
2415 *Vectors* 11, 248. doi:10.1186/s13071-018-2729-4.
- 2416 Campos, D. M. B., Barbosa, A. P., Oliveira, J. A. de, Tavares, G. G., Cravo, P. V. L., and  
2417 Ostermayer, A. L. (2017). Human lagochilascariasis—A rare helminthic disease.  
2418 *PLoS Negl. Trop. Dis.* 11, e0005510. doi:10.1371/journal.pntd.0005510.
- 2419 Catalano, S., Nadler, S. A., Fall, C. B., Marsh, K. J., Léger, E., Sène, M., *et al.* (2019).  
2420 Plagiorchis sp. in small mammals of Senegal and the potential emergence of a  
2421 zoonotic trematodiasis. *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.* 8, 164–170.  
2422 doi:10.1016/j.ijppaw.2019.02.003.
- 2423 Chai, J.-Y., Shin, E.-H., Lee, S.-H., and Rim, H.-J. (2009). Foodborne Intestinal Flukes in  
2424 Southeast Asia. *Korean J. Parasitol.* 47, S69. doi:10.3347/kjp.2009.47.S.S69.
- 2425 Chai, J. Y., and Lee, S. H. (2002). Food-borne intestinal trematode infections in the  
2426 Republic of Korea. *Parasitol. Int.* 51, 129–154. doi:10.1016/S1383-5769(02)00008-  
2427 9.
- 2428 Checkley, W., White, A. C., Jaganath, D., Arrowood, M. J., Chalmers, R. M., Chen, X.-  
2429 M., *et al.* (2015). A review of the global burden, novel diagnostics, therapeutics, and  
2430 vaccine targets for *Cryptosporidium*. *Lancet Infect. Dis.* 15, 85–94.  
2431 doi:10.1016/S1473-3099(14)70772-8.
- 2432 Childs, J. E., Mackenzie, J. S., and Richt, J. A. eds. (2007). *Wildlife and Emerging*  
2433 *Zoonotic Diseases: The Biology, Circumstances and Consequences of Cross-*  
2434 *Species Transmission*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg

- 2435           doi:10.1007/978-3-540-70962-6.
- 2436   Chong, H. F., Al Hammoud, R., and Chang, M. L. (2020). Presumptive *Dipylidium*  
2437       *caninum* Infection in a Toddler. *Case Rep. Pediatr.* 2020, 1–3.  
2438       doi:10.1155/2020/4716124.
- 2439   Choy, R. K. M., and Huston, C. D. (2020). Cryptosporidiosis should be designated as a  
2440       tropical disease by the US Food and Drug Administration. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 14,  
2441       e0008252. doi:10.1371/journal.pntd.0008252.
- 2442   Cleveland, C. A., Garrett, K. B., Cozad, R. A., Williams, B. M., Murray, M. H., and  
2443       Yabsley, M. J. (2018). The wild world of Guinea Worms: A review of the genus  
2444       *Dracunculus* in wildlife. *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.* 7, 289–300.  
2445       doi:10.1016/j.ijppaw.2018.07.002.
- 2446   Cunningham, A. A., Daszak, P., and Wood, J. L. N. (2017). One health, emerging  
2447       infectious diseases and wildlife: Two decades of progress? *Philos. Trans. R. Soc. B*  
2448       *Biol. Sci.* 372. doi:10.1098/rstb.2016.0167.
- 2449   Dacal, E., Köster, P. C., and Carmena, D. (2020). Diagnóstico molecular de parasitosis  
2450       intestinales. *Enferm. Infec. Microbiol. Clin.* 38, 24–31.  
2451       doi:10.1016/j.eimc.2020.02.005.
- 2452   Dantas-Torres, F. (2021). Parasites & Vectors: 13 years devoted to parasitology  
2453       and tropical medicine. *Parasit. Vectors* 14, 440. doi:10.1186/s13071-021-04965-2.
- 2454   Day, M. J. (2016). Pet-Related Infections. *Am. Fam. Physician* 94, 794–802. Available  
2455       at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27929279>.
- 2456   de Castro Costa, A., Solari, A., da Silva, S. F. S. M., Martin, G., Camacho, M., Duarte,  
2457       A. N., *et al.* (2019). Ancient Parasite Analysis and Zoonotic Potential of *Spirometra*  
2458       sp. in Two Related Sites from Pernambuco, Brazil. *J. Parasitol.* 105, 755–759.  
2459       doi:31599696.

- 2460 Destoumieux-Garzón, D., Mavingui, P., Boetsch, G., Boissier, J., Darriet, F., Duboz, P.,  
2461 *et al.* (2018). The One Health Concept: 10 Years Old and a Long Road Ahead.  
2462 *Front. Vet. Sci.* 5. doi:10.3389/fvets.2018.00014.
- 2463 Dixon, B. R. (2009). The role of livestock in the foodborne transmission of *Giardia*  
2464 *duodenalis* and *Cryptosporidium* spp. to humans. *Giardia Cryptosporidium From*  
2465 *Mol. to Dis.*, 107–122. doi:10.1079/9781845933913.0107.
- 2466 DoNascimento, C., Herrera-Collazos, E. E., Herrera-R., G. A., Ortega-Lara, A., Villa-  
2467 Navarro, F. A., Usma Oviedo, J. S., *et al.* (2017). Checklist of the freshwater fishes  
2468 of Colombia: a Darwin Core alternative to the updating problem. *Zookeys* 708, 25–  
2469 138. doi:10.3897/zookeys.708.13897.
- 2470 Draper, J. W. (1963). Infection with *Lagochilascaris minor*. *BMJ* 1, 931–932.  
2471 doi:10.1136/bmj.1.5335.931.
- 2472 Dubey, J. P. (2018). A review of *Cystoisospora felis* and *C. rivolta*-induced coccidiosis in  
2473 cats. *Vet. Parasitol.* 263, 34–48. doi:10.1016/j.vetpar.2018.09.016.
- 2474 Ebmer, D., Navarrete, M. J., Muñoz, P., Flores, L. M., Gärtner, U., Brabec, J., *et al.*  
2475 (2020). Anthropozoonotic Parasites Circulating in Synanthropic and Pacific Colonies  
2476 of South American Sea Lions (*Otaria flavescens*): Non-invasive Techniques Data  
2477 and a Review of the Literature. *Front. Mar. Sci.* 7. doi:10.3389/fmars.2020.543829.
- 2478 El Bizri, H. R., Morcatty, T. Q., Valsecchi, J., Mayor, P., Ribeiro, J. E. S., Vasconcelos  
2479 Neto, C. F. A., *et al.* (2020). Urban wild meat consumption and trade in central  
2480 Amazonia. *Conserv. Biol.* 34, 438–448. doi:10.1111/cobi.13420.
- 2481 Elsheikha, H. M., Regan, C. S., and Clark, C. G. (2018). Novel Entamoeba Findings in  
2482 Nonhuman Primates. *Trends Parasitol.* 34, 283–294. doi:10.1016/j.pt.2017.12.008.
- 2483 Evans, B. R., and Leighton, F. A. (2014). A history of One Health. *Rev. Sci. Tech. l'OIE*  
2484 33, 413–420. doi:10.20506/rst.33.2.2298.

- 2485 Feng, S., Chang, H., Wang, Y., Huang, C., Han, S., and He, H. (2020). Molecular  
2486 Characterization of *Cryptosporidium* spp. in Brandt's Vole in China. *Front. Vet. Sci.*  
2487 7, 300. doi:10.3389/fvets.2020.00300.
- 2488 Franssen, F., Swart, A., van Knapen, F., and van der Giessen, J. (2016). Helminth  
2489 parasites in black rats (*Rattus rattus*) and brown rats (*Rattus norvegicus*) from  
2490 different environments in the Netherlands. *Infect. Ecol. Epidemiol.* 6, 31413.  
2491 doi:10.3402/iee.v6.31413.
- 2492 Fricke, E. C., Hsieh, C., Middleton, O., Gorczynski, D., Cappello, C. D., Sanisidro, O., et  
2493 al. (2022). Collapse of terrestrial mammal food webs since the Late Pleistocene.  
2494 *Science (80-. )*. 377, 1008–1011. doi:10.1126/science.abn4012.
- 2495 Fried, B., Graczyk, T. K., and Tamang, L. (2004). Food-borne intestinal trematodiasis in  
2496 humans. *Parasitol. Res.* 93, 159–170. doi:10.1007/s00436-004-1112-x.
- 2497 Galán-Puchades, M. T. (2019). Diagnosis and treatment of human sparganosis. *Lancet*  
2498 *Infect. Dis.* 19, 465. doi:10.1016/S1473-3099(19)30166-5.
- 2499 García-Livia, K., Martín-Alonso, A., and Foronda, P. (2020). Diversity of *Cryptosporidium*  
2500 spp. in wild rodents from the Canary Islands, Spain. *Parasit. Vectors* 13, 445.  
2501 doi:10.1186/s13071-020-04330-9.
- 2502 Gaydos, J. K., Miller, W. A., Gilardi, K. V. K., Melli, A., Schwantje, H., Engelstoft, C., et  
2503 al. (2007). *Cryptosporidium* and *Giardia* in marine-foraging river otters (*Lontra*  
2504 *canadensis*) from the Puget Sound Georgia Basin ecosystem. *J. Parasitol.* 93, 198–  
2505 202. doi:10.1645/GE-928R.1.
- 2506 Giarratana, F., Nalbone, L., Napoli, E., Lanzo, V., and Panebianco, A. (2021).  
2507 Prevalence of *Balantidium coli* (Malmsten, 1857) infection in swine reared in South  
2508 Italy: A widespread neglected zoonosis. *Vet. World* 14, 1044–1049.  
2509 doi:10.14202/vetworld.2021.1044-1049.
- 2510 Gibson, A. K., Drown, D. M., and Lively, C. M. (2015). The Red Queen's Race: An



- 2511 Experimental Card Game to Teach Coevolution. *Evol. Educ. Outreach* 8, 10.  
2512 doi:10.1186/s12052-015-0039-2.
- 2513 Gomez-Puerta, L. A., Yucra, D., Lopez-Urbina, M. T., and Gonzalez, A. E. (2017). The  
2514 alpaca ( *Vicugna pacos* ) as a natural intermediate host of *Taenia omissa* (Cestoda:  
2515 Taeniidae). *Vet. Parasitol.* 246, 93–95. doi:10.1016/j.vetpar.2017.09.007.
- 2516 González-Astudillo, V., and Gillespie, T. R. (2016). Bibliography to Current Knowledge of  
2517 Studies of Pathogens in Colombian Mammals. *J. Parasite Biodivers.*, 1–13.  
2518 doi:10.13014/K2057CV6.Copyright.
- 2519 Goyes, D. R., and Sollund, R. (2016). Contesting and contextualising CITES: Wildlife  
2520 trafficking in Colombia and Brazil. *Int. J. Crime, Justice Soc. Democr.* 5, 87–102.  
2521 doi:10.5204/ijcjsd.v5i4.331.
- 2522 Grogan, L. F., Berger, L., Rose, K., Grillo, V., Cashins, S. D., and Skerratt, L. F. (2014).  
2523 Surveillance for Emerging Biodiversity Diseases of Wildlife. *PLoS Pathog.* 10,  
2524 e1004015. doi:10.1371/journal.ppat.1004015.
- 2525 Grove, D. I. (1996). “Human Strongyloidiasis,” in, 251–309. doi:10.1016/S0065-  
2526 308X(08)60036-6.
- 2527 Gutema, F. D., Yohannes, G. W., Abdi, R. D., Abuna, F., Ayana, D., Waktole, H., *et al.*  
2528 (2020). *Dipylidium caninum* Infection in Dogs and Humans in Bishoftu Town,  
2529 Ethiopia. *Diseases* 9, 1. doi:10.3390/diseases9010001.
- 2530 Hamilton, W. D., Axelrod, R., and Tanese, R. (1990). Sexual reproduction as an  
2531 adaptation to resist parasites (a review). *Proc. Natl. Acad. Sci.* 87, 3566–3573.  
2532 doi:10.1073/pnas.87.9.3566.
- 2533 Han, B. A., Kramer, A. M., and Drake, J. M. (2016). Global Patterns of Zoonotic Disease  
2534 in Mammals. *Trends Parasitol.* 32, 565–577. doi:10.1016/j.pt.2016.04.007.
- 2535 Hermosilla, C., Silva, L. M. R., Prieto, R., Kleinertz, S., Taubert, A., and Silva, M. A.

- 2536 (2015). Endo- and ectoparasites of large whales (Cetartiodactyla: Balaenopteridae,  
2537 Physeteridae): Overcoming difficulties in obtaining appropriate samples by non- and  
2538 minimally-invasive methods. *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.* 4, 414–420.  
2539 doi:10.1016/j.ijppaw.2015.11.002.
- 2540 Hernández-González, A., Saavedra, C., Gago, J., Covelo, P., Santos, M. B., and Pierce,  
2541 G. J. (2018). Microplastics in the stomach contents of common dolphin (*Delphinus*  
2542 *delphis*) stranded on the Galician coasts (NW Spain, 2005–2010). *Mar. Pollut. Bull.*  
2543 137, 526–532. doi:10.1016/j.marpolbul.2018.10.026.
- 2544 Hoarau, A. O. G., Mavingui, P., and Lebarbenchon, C. (2020). Coinfections in wildlife:  
2545 Focus on a neglected aspect of infectious disease epidemiology. *PLOS Pathog.* 16,  
2546 e1008790. doi:10.1371/journal.ppat.1008790.
- 2547 Hogan, C. A., and Schwenk, H. (2019). *Dipylidium caninum* Infection. *N. Engl. J. Med.*  
2548 380, e39. doi:10.1056/NEJMicm1813985.
- 2549 Hong, S. J., Woo, H. C., and Chai, J. Y. (1996). A human case of *Plagiorchis muris*  
2550 (Tanabe, 1922: Digenea) infection in the Republic of Korea: Freshwater fish as a  
2551 possible source of infection. *J. Parasitol.* 82, 647–649. doi:10.2307/3283795.
- 2552 Hunt, T., Ziccardi, M., Gulland, F., Yochem, P., Hird, D., Rowles, T., *et al.* (2008). Health  
2553 risks for marine mammal workers. *Dis. Aquat. Organ.* 81, 81–92.  
2554 doi:10.3354/dao01942.
- 2555 Ihekweazu, C., Michael, C. A., Nguku, P. M., Waziri, N. E., Habib, A. G., Muturi, M., *et*  
2556 *al.* (2021). Prioritization of zoonotic diseases of public health significance in Nigeria  
2557 using the one-health approach. *One Heal.* 13, 100257.  
2558 doi:10.1016/j.onehlt.2021.100257.
- 2559 Iwu, C. D., Korsten, L., and Okoh, A. I. (2020). The incidence of antibiotic resistance  
2560 within and beyond the agricultural ecosystem: A concern for public health.  
2561 *Microbiologyopen* 9. doi:10.1002/mbo3.1035.

- 2562 Jaramillo, O. L. (2015). Helminths in feces of a neotropical  
2563 (Lontra longicaudis) free-living population in the lower Río Sinú, Córdoba, Colombia.
- 2564 Jepson, P. D., Deaville, R., Barber, J. L., Aguilar, À., Borrell, A., Murphy, S., *et al.*  
2565 (2016). PCB pollution continues to impact populations of orcas and other dolphins  
2566 in European waters. *Sci. Rep.* 6, 1–17. doi:10.1038/srep18573.
- 2567 Johnson, P., Calhoun, D. M., Moss, W. E., McDevitt-Galles, T., Riepe, T. B., Hallas, J.  
2568 M., *et al.* (2021). The cost of travel: How dispersal ability limits local adaptation in  
2569 host–parasite interactions. *J. Evol. Biol.* 34, 512–524. doi:10.1111/jeb.13754.
- 2570 Kantzanou, M., Karalexi, M. A., Vrioni, G., and Tsakris, A. (2021). Prevalence of  
2571 Intestinal Parasitic Infections among Children in Europe over the Last Five Years.  
2572 *Trop. Med. Infect. Dis.* 6, 160. doi:10.3390/tropicalmed6030160.
- 2573 Karesh, W. B., Dobson, A., Lloyd-Smith, J. O., Lubroth, J., Dixon, M. A., Bennett, M., *et*  
2574 *al.* (2012). Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories. *Lancet* 380, 1936–  
2575 1945. doi:10.1016/S0140-6736(12)61678-X.
- 2576 Ketzis, J. K., and Lucio-Forster, A. (2020). *Toxocara canis* and *Toxocara cati* in  
2577 domestic dogs and cats in the United States, Mexico, Central America and the  
2578 Caribbean: A review. *Adv. Parasitol.* 109, 655–714.  
2579 doi:10.1016/bs.apar.2020.01.027.
- 2580 Korpe, P. S., Valencia, C., Haque, R., Mahfuz, M., McGrath, M., Houpt, E., *et al.* (2018).  
2581 Epidemiology and Risk Factors for Cryptosporidiosis in Children From 8 Low-  
2582 income Sites: Results From the MAL-ED Study. *Clin. Infect. Dis.*  
2583 doi:10.1093/cid/ciy355.
- 2584 Krolewiecki, A., and Nutman, T. B. (2019). Strongyloidiasis: A Neglected Tropical  
2585 Disease. *Infect. Dis. Clin. North Am.* 33, 135–151. doi:10.1016/j.idc.2018.10.006.
- 2586 Kruse, H., Kirkemo, A.-M., and Handeland, K. (2004). Wildlife as Source of Zoonotic  
2587 Infections. *Emerg. Infect. Dis.* 10, 2067–2072. doi:10.3201/eid1012.040707.

- 2588 Kuchta, R., Kołodziej-Sobocińska, M., Brabec, J., Młocicki, D., Sałamatin, R., and  
2589 Scholz, T. (2021). Sparganosis ( *Spirometra* ) in Europe in the Molecular Era. *Clin.*  
2590 *Infect. Dis.* 72, 882–890. doi:10.1093/cid/ciaa1036.
- 2591 Kuchta, R., Scholz, T., Brabec, J., and Narduzzi-Wicht, B. (2015). “Chapter 17.  
2592 *Diphyllobothrium*, *Diplogonoporus* and *Spirometra*,” in *Biology of Foodborne*  
2593 *Parasites. Section III: important foodborne helminths*, eds. L. Xiao, U. Ryan, and Y.  
2594 Feng (CRC Press), 299–326. doi:10.1201/b18317.
- 2595 Kull, K. (2014). Zoosemiotics is the study of animal forms of knowing. *Semiotica* 2014.  
2596 doi:10.1515/sem-2013-0101.
- 2597 Kutz, S. J., Thompson, R. C. A., and Polley, L. (2009). Wildlife with *Giardia*: Villain, or  
2598 victim and vector? *Giardia Cryptosporidium From Mol. to Dis.*, 94–106.  
2599 doi:10.1079/9781845933913.0094.
- 2600 Labuschagne, M., Beugnet, F., Rehbein, S., Guillot, J., Fourie, J., and Crafford, D.  
2601 (2018). Analysis of *Dipylidium caninum* tapeworms from dogs and cats, or their  
2602 respective fleas. *Parasite* 25, 30. doi:10.1051/parasite/2018028.
- 2603 Le Bailly, M., and Araújo, A. (2016). Past Intestinal Parasites. *Microbiol. Spectr.* 4.  
2604 doi:10.1128/microbiolspec.PoH-0013-2015.
- 2605 Li, J., Cui, Z., Li, X., and Zhang, L. (2021). Review of zoonotic amebiasis: Epidemiology,  
2606 clinical signs, diagnosis, treatment, prevention and control. *Res. Vet. Sci.* 136, 174–  
2607 181. doi:10.1016/j.rvsc.2021.02.021.
- 2608 Li, J., Wang, Z., Karim, M. R., and Zhang, L. (2020). Detection of human intestinal  
2609 protozoan parasites in vegetables and fruits: a review. *Parasit. Vectors* 13, 380.  
2610 doi:10.1186/s13071-020-04255-3.
- 2611 Lim, Y. A. L., and Nissapatorn, V. (2017). Transmission of waterborne parasites in the  
2612 Association of Southeast Asian Nations (ASEAN): Overview and direction forward.  
2613 *Food Waterborne Parasitol.* 8–9, 75–83. doi:10.1016/j.fawpar.2017.08.001.

- 2614 Little, M. D., and Botero, D. (1984). Two Cases of Human *Lagochilascaris* Infection in  
2615 Colombia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 33, 381–386. doi:10.4269/ajtmh.1984.33.381.
- 2616 López-Osorio, S., Penagos-Tabares, F., and Chaparro-Gutiérrez, J. J. (2020).  
2617 Prevalence of *Toxocara* spp. in dogs and cats in South America (excluding Brazil).  
2618 *Adv. Parasitol.* 109, 743–778. doi:10.1016/bs.apar.2020.01.029.
- 2619 Lusher, A. L., Hernández-Milian, G., Berrow, S., Rogan, E., and O'Connor, I. (2018).  
2620 Incidence of marine debris in cetaceans stranded and bycaught in Ireland: Recent  
2621 findings and a review of historical knowledge. *Environ. Pollut.* 232, 467–476.  
2622 doi:10.1016/j.envpol.2017.09.070.
- 2623 Lv, C., Zhang, L., Wang, R., Jian, F., Zhang, S., Ning, C., *et al.* (2009). *Cryptosporidium*  
2624 spp. in Wild, Laboratory, and Pet Rodents in China: Prevalence and Molecular  
2625 Characterization. *Appl. Environ. Microbiol.* 75, 7692–7699.  
2626 doi:10.1128/AEM.01386-09.
- 2627 Maciag, L., Morgan, E. R., and Holland, C. (2022). *Toxocara*: time to let cati 'out of the  
2628 bag.' *Trends Parasitol.* 38, 280–289. doi:10.1016/j.pt.2021.12.006.
- 2629 Mackenstedt, U., Jenkins, D., and Romig, T. (2015). The role of wildlife in the  
2630 transmission of parasitic zoonoses in peri-urban and urban areas. *Int. J. Parasitol.*  
2631 *Parasites Wildl.* 4, 71–79. doi:10.1016/j.ijppaw.2015.01.006.
- 2632 Mackenzie, J. S., and Jeggo, M. (2019). The One Health Approach—Why Is It So  
2633 Important? *Trop. Med. Infect. Dis.* 4, 88. doi:10.3390/tropicalmed4020088.
- 2634 Magouras, I., Brookes, V. J., Jori, F., Martin, A., Pfeiffer, D. U., and Dürr, S. (2020).  
2635 Emerging Zoonotic Diseases: Should We Rethink the Animal–Human Interface?  
2636 *Front. Vet. Sci.* 7. doi:10.3389/fvets.2020.582743.
- 2637 Martinez, M. E. (2018). The calendar of epidemics: Seasonal cycles of infectious  
2638 diseases. *PLOS Pathog.* 14, e1007327. doi:10.1371/journal.ppat.1007327.

- 2639 McMullen, D. B. (1937). An Experimental Infection of *Plagiorchis muris* in Man. *J.*  
2640 *Parasitol.* 23, 113. doi:10.2307/3272048.
- 2641 Meireles, M. V., Soares, R. M., Bonello, F., and Gennari, S. M. (2007). Natural infection  
2642 with zoonotic subtype of *Cryptosporidium parvum* in Capybara (*Hydrochoerus*  
2643 *hydrochaeris*) from Brazil. *Vet. Parasitol.* 147, 166–170.  
2644 doi:10.1016/j.vetpar.2007.03.034.
- 2645 Mitchell, P. D. (2017). Human parasites in the Roman World: health consequences of  
2646 conquering an empire. *Parasitology* 144, 48–58. doi:10.1017/S0031182015001651.
- 2647 Moncada, L. I., Alvarez, C. A., Castellanos, C., Caceres, E., Nicholls, S., and Corredor,  
2648 A. (1998). *Lagochilascaris minor* in a patient from the Colombian amazon: a case  
2649 report. *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo* 40, 387–9. doi:10.1590/s0036-  
2650 46651998000600009.
- 2651 Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., Simpson, A. G. B., and Worm, B. (2011). How Many  
2652 Species Are There on Earth and in the Ocean? *PLOS Biol.* 9, e1001127. Available  
2653 at: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>.
- 2654 Mueller, J. F., Miranda Froes, O., and Fernandez, T. (1975). On the occurrence of  
2655 *Spirometra mansonioides* in South America. *J. Parasitol.* 61, 774–775.  
2656 doi:10.2307/3279487.
- 2657 Mumcuoglu, K. Y. (2008). “Human lice: *Pediculus* and *Pthirus*,” in *Paleomicrobiology*  
2658 (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg), 215–222. doi:10.1007/978-3-540-  
2659 75855-6\_13.
- 2660 Myers, D. A. (2006). Common Procedures and Concerns with Wildlife. *Vet. Clin. North*  
2661 *Am. Exot. Anim. Pract.* 9, 437–460. doi:10.1016/j.cvex.2006.03.005.
- 2662 Nelms, S. E., Barnett, J., Brownlow, A., Davison, N. J., Deaville, R., Galloway, T. S., et  
2663 al. (2019). Microplastics in marine mammals stranded around the British coast:  
2664 ubiquitous but transitory? *Sci. Rep.* 9, 1075. doi:10.1038/s41598-018-37428-3.

- 2665 Nelms, S. E., Galloway, T. S., Godley, B. J., Jarvis, D. S., and Lindeque, P. K. (2018).  
2666 Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environ. Pollut.*  
2667 238, 999–1007. doi:10.1016/j.envpol.2018.02.016.
- 2668 Neves, D. P. (2016). “Parasitologia Humana,” in *Parasitologia Humana*, eds. D. Neves,  
2669 A. Melo, P. Linardi, and R. Vitor (São Paulo: Atheneu), 514–523. Available at:  
2670 [http://tga.blv.ifmt.edu.br/media/filer\\_public/31/76/3176ffaa-16bb-4615-b066-](http://tga.blv.ifmt.edu.br/media/filer_public/31/76/3176ffaa-16bb-4615-b066-a81a5344d823/neves_-_parasitologia_humana_-_13ed_-_2016.pdf)  
2671 [a81a5344d823/neves\\_-\\_parasitologia\\_humana\\_-\\_13ed\\_-\\_2016.pdf](http://tga.blv.ifmt.edu.br/media/filer_public/31/76/3176ffaa-16bb-4615-b066-a81a5344d823/neves_-_parasitologia_humana_-_13ed_-_2016.pdf) [Accessed  
2672 December 9, 2020].
- 2673 Nicholson, C. W., Campagnolo, E. R., Boktor, S. W., and Butler, C. L. (2020). Zoonotic  
2674 disease awareness survey of backyard poultry and swine owners in southcentral  
2675 Pennsylvania. *Zoonoses Public Health* 67, 280–290. doi:10.1111/zph.12686.
- 2676 Nilles-Bije, M. L., and Rivera, W. L. (2010). Ultrastructural and molecular  
2677 characterization of *Balantidium coli* isolated in the Philippines. *Parasitol. Res.* 106,  
2678 387–394. doi:10.1007/s00436-009-1673-9.
- 2679 Nogueira-Filho, S. L. G., and da Cunha Nogueira, S. S. (2018). Capybara meat: An  
2680 extraordinary resource for food security in South America. *Meat Sci.* 145, 329–333.  
2681 doi:10.1016/j.meatsci.2018.07.010.
- 2682 Nutman, T. B. (2017). Human infection with *Strongyloides stercoralis* and other related  
2683 *Strongyloides* species. *Parasitology* 144, 263–273.  
2684 doi:10.1017/S0031182016000834.
- 2685 Ollé-Goig, J. E., Recacoechea, M., and Feeley, T. (1996). First case of *Lagochilascaris*  
2686 *minor* infection in Bolivia. *Trop. Med. Int. Health* 1, 851–3. doi:10.1111/j.1365-  
2687 3156.1996.tb00121.x.
- 2688 Oostburg, B. F. (1992). The sixth case of *Lagochilascariasis minor* in Surinam. *Trop.*  
2689 *Geogr. Med.* 44, 154–9. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1496709>.
- 2690 Orihuela, R., Botto, C., Delgado, O., Ortiz, A., Suárez, J. A., and Argüello, C. (1987).

- 2691 Human lagochilascariasis in Venezuela: description of a fatal case. *Rev. Soc. Bras.*  
2692 *Med. Trop.* 20, 217–21. doi:10.1590/s0037-86821987000400007.
- 2693 Orrell, T. (2017). NMNH Extant Specimen Records. *Natl. Museum Nat. Hist. Smithson.*  
2694 *Inst.* doi:10.15468/hnhrg3.
- 2695 Peng, Z.-W., Ning, Y., Liu, D., Sun, Y., Wang, L.-X., Zhai, Q.-A., *et al.* (2020). Ascarid  
2696 infection in wild Amur tigers (*Panthera tigris altaica*) in China. *BMC Vet. Res.* 16, 86.  
2697 doi:10.1186/s12917-020-02296-5.
- 2698 Perz, J. F., and Le Blancq, S. M. (2001). *Cryptosporidium parvum* Infection Involving  
2699 Novel Genotypes in Wildlife from Lower New York State. *Appl. Environ. Microbiol.*  
2700 67, 1154–1162. doi:10.1128/AEM.67.3.1154-1162.2001.
- 2701 Petriello, M. A., and Stronza, A. L. (2019). Campesino hunting and conservation in Latin  
2702 America. *Conserv. Biol.* 0. doi:10.1111/cobi.13396.
- 2703 Petriello, M. A., Martínez, J. G., Mondini, M., and Fugassa, M. H. (2019). Ancient parasitic  
2704 DNA reveals *Toxascaris leonina* presence in Final Pleistocene of South America.  
2705 *Parasitology* 146, 1284–1288. doi:10.1017/S0031182019000787.
- 2706 Pfeffer, M., and Dobler, G. (2010). Emergence of zoonotic arboviruses by animal trade  
2707 and migration. *Parasit. Vectors* 3, 35. doi:10.1186/1756-3305-3-35.
- 2708 Platts-Mills, J. A., Babji, S., Bodhidatta, L., Gratz, J., Haque, R., Havt, A., *et al.* (2015).  
2709 Pathogen-specific burdens of community diarrhoea in developing countries: a  
2710 multisite birth cohort study (MAL-ED). *Lancet Glob. Heal.* 3, e564–e575.  
2711 doi:10.1016/S2214-109X(15)00151-5.
- 2712 Pomajbíková, K., Oborník, M., Horák, A., Petrželková, K. J., Grim, J. N., Levecke, B., *et*  
2713 *al.* (2013). Novel Insights into the Genetic Diversity of *Balantidium* and *Balantidium*-  
2714 like Cyst-forming Ciliates. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 7, e2140.  
2715 doi:10.1371/journal.pntd.0002140.



- 2716 Ponce-Gordo, F., and García-Rodríguez, J. J. (2021). *Balantioides coli*. *Res. Vet. Sci.*  
2717 135, 424–431. doi:10.1016/j.rvsc.2020.10.028.
- 2718 Rahman, M. T., Sobur, M. A., Islam, M. S., Levy, S., Hossain, M. J., El Zowalaty, M. E.,  
2719 *et al.* (2020). Zoonotic Diseases: Etiology, Impact, and Control. *Microorganisms* 8,  
2720 1405. doi:10.3390/microorganisms8091405.
- 2721 Ramírez-Chaves, H., Suárez-Castro, A., and González-Maya, J. F. (2016). Cambios  
2722 recientes a la lista de los mamíferos de Colombia. *Notas Mastozoológicas* 3, 1–20.
- 2723 Rasnitsyn, A. P., and Zherikhin, V. V. (1999). First fossil chewing louse from the Lower  
2724 Cretaceous of Baissa, Transbaikalia (Insecta, Pediculida = Phthiraptera,[sic]  
2725 Saurodectidae fam. n.). in.
- 2726 Rendón-Franco, E., Muñoz-García, C. I., Romero-Callejas, E., Moreno-Torres, K. I., and  
2727 Suzán, G. (2014). Effect of host species diversity on multiparasite systems in rodent  
2728 communities. *Parasitol. Res.* 113, 447–450. doi:10.1007/s00436-013-3735-2.
- 2729 Rogan, M. T., Craig, P. S., Hide, G., Heath, S., Pickles, A., and Storey, D. M. (2007).  
2730 The occurrence of the trematode *Plagiorchis muris* in the wood mouse *Apodemus*  
2731 *sylvaticus* in North Yorkshire, UK. *J. Helminthol.* 81, 57–62.  
2732 doi:10.1017/S0022149X07214105.
- 2733 Roig O. R, J. L., Roig-Ocampos Forteza, J. L., Granato, L., and Poletti Serafini, D.  
2734 (2010). Otomastoidite com fístula retroauricular direita por *Lagochilascaris minor*.  
2735 *Braz. J. Otorhinolaryngol.* 76, 407–407. doi:10.1590/S1808-86942010000300025.
- 2736 Roth, S., Balvín, O., Siva-Jothy, M. T., Di Iorio, O., Benda, P., Calva, O., *et al.* (2019).  
2737 Bedbugs Evolved before Their Bat Hosts and Did Not Co-speciate with Ancient  
2738 Humans. *Curr. Biol.* 29, 1847-1853.e4. doi:10.1016/j.cub.2019.04.048.
- 2739 Rousseau, J., Castro, A., Novo, T., and Maia, C. (2022). *Dipylidium caninum* in the  
2740 twenty-first century: epidemiological studies and reported cases in companion  
2741 animals and humans. *Parasit. Vectors* 15, 131. doi:10.1186/s13071-022-05243-5.

- 2742 Ryan, U. M., Feng, Y., Fayer, R., and Xiao, L. (2021). Taxonomy and molecular  
2743 epidemiology of *Cryptosporidium* and *Giardia* – a 50 year perspective (1971–2021).  
2744 *Int. J. Parasitol.* doi:10.1016/j.ijpara.2021.08.007.
- 2745 Ryser-Degiorgis, M.-P. (2013). Wildlife health investigations: needs, challenges and  
2746 recommendations. *BMC Vet. Res.* 9, 223. doi:10.1186/1746-6148-9-223.
- 2747 Sazmand, A. (2021). Paleoparasitology and archaeoparasitology in Iran: A retrospective  
2748 in differential diagnosis. *Int. J. Paleopathol.* 32, 50–60.  
2749 doi:10.1016/j.ijpp.2020.11.005.
- 2750 Schall, J. J. (1990). Virulence of lizard malaria: the evolutionary ecology of an ancient  
2751 parasite—host association. *Parasitology* 100, S35–S52.  
2752 doi:10.1017/S0031182000073005.
- 2753 Schuster, F. L., and Ramirez-Avila, L. (2008). Current world status of *Balantidium coli*.  
2754 *Clin. Microbiol. Rev.* 21, 626–38. doi:10.1128/CMR.00021-08.
- 2755 Sianto, L., de Souza, M. V., Chame, M., da Luz, M. de F., Guidon, N., Pessis, A.-M., et  
2756 al. (2014). Helminths in feline coprolites up to 9000years in the Brazilian Northeast.  
2757 *Parasitol. Int.* 63, 851–857. doi:10.1016/j.parint.2014.08.002.
- 2758 Silva, E. (2013). Departamento de Engenharia Florestal - DEF A Capivara : uma ampla  
2759 revisão sobre este animal tão importante VIÇOSA - MG.
- 2760 Smiroldo, G., Balestrieri, A., Pini, E., and Tremolada, P. (2019). Anthropogenically  
2761 altered trophic webs: alien catfish and microplastics in the diet of Eurasian otters.  
2762 *Mammal Res.* 64, 165–174. doi:10.1007/s13364-018-00412-3.
- 2763 Stenger, B. L. S., Clark, M. E., Kváč, M., Khan, E., Giddings, C. W., Dyer, N. W., et al.  
2764 (2015). Highly divergent 18S rRNA gene paralogs in a *Cryptosporidium* genotype  
2765 from eastern chipmunks (*Tamias striatus*). *Infect. Genet. Evol.* 32, 113–123.  
2766 doi:10.1016/j.meegid.2015.03.003.

- 2767 Subalusky, A. L., Anderson, E. P., Jiménez, G., Post, D. M., Lopez, D. E., García-R., S.,  
2768 *et al.* (2021). Potential ecological and socio-economic effects of a novel  
2769 megaherbivore introduction: the hippopotamus in Colombia. *Oryx* 55, 105–113.  
2770 doi:10.1017/S0030605318001588.
- 2771 Suleman, Ma, J., Khan, M. S., Tkach, V. V., Muhammad, N., Zhang, D., *et al.* (2019).  
2772 Characterization of the complete mitochondrial genome of *Plagiorchis maculosus*  
2773 (Digenea, Plagiorchiidae), Representative of a taxonomically complex digenean  
2774 family. *Parasitol. Int.* 71, 99–105. doi:10.1016/j.parint.2019.04.001.
- 2775 Tanowitz, H. B., and Machado, F. S. (2013). “Other helminthic infections,” in *Handbook*  
2776 *of clinical neurology*, 263–268. doi:10.1016/B978-0-444-53490-3.00021-2.
- 2777 Taylor, L. H., Latham, S. M., and Woolhouse, M. E. J. (2001). Risk factors for human  
2778 disease emergence. *Philos. Trans. R. Soc. London. Ser. B Biol. Sci.* 356, 983–989.  
2779 doi:10.1098/rstb.2001.0888.
- 2780 Tinsley, R. C., and Tinsley, M. C. (2016). Tracing ancient evolutionary divergence in  
2781 parasites. *Parasitology* 143, 1902–1916. doi:10.1017/S0031182016001347.
- 2782 Trujillo-González, F., Mosquera-Guerra, F., and Franco, N. (2019). Delfines de río:  
2783 especies indicadoras del estado de salud de los ecosistemas acuáticos de la  
2784 Amazonia y la Orinoquia. *Rev. la Acad. Colomb. Ciencias Exactas, Físicas y Nat.*  
2785 43, 199. doi:10.18257/raccefyn.765.
- 2786 Unda, M., and Etter, A. (2019). Conservation opportunities of the land restitution  
2787 program areas in the colombian post-conflict period. *Sustain.* 11.  
2788 doi:10.3390/su11072048.
- 2789 Uribe-Soto, M. (2018). Detección de Orthomyxovirus en quirópteros colombianos.  
2790 Available at: <http://bdigital.unal.edu.co/63238/1/1037601528.2015.pdf>.
- 2791 Uribe, M., Brabec, J., Chaparro-Gutiérrez, J. J., and Hermosilla, C. (2023). Neglected  
2792 zoonotic helminthiases in wild canids: new insights from South America. *Front. Vet.*

- 2793            *Sci.* 10. doi:10.3389/fvets.2023.1235182.
- 2794    Uribe, M., Hermosilla, C., Rodríguez-Durán, A., Vélez, J., López-Osorio, S., Chaparro-  
2795            Gutiérrez, J. J., *et al.* (2021a). Parasites Circulating in Wild Synanthropic Capybaras  
2796            (*Hydrochoerus hydrochaeris*): A One Health Approach. *Pathogens* 10, 1152.  
2797            doi:10.3390/pathogens10091152.
- 2798    Uribe, M., Payán, E., Brabec, J., Vélez, J., Taubert, A., Chaparro-Gutiérrez, J. J., *et al.*  
2799            (2021b). Intestinal Parasites of Neotropical Wild Jaguars, Pumas, Ocelots, and  
2800            Jaguarundis in Colombia: Old Friends Brought Back from Oblivion and New  
2801            Insights. *Pathogens* 10, 822. doi:10.3390/pathogens10070822.
- 2802    Uribe, M., Rodríguez-Posada, M. E., and Ramirez-Nieto, G. C. (2022). Molecular  
2803            Evidence of Orthomyxovirus Presence in Colombian Neotropical Bats. *Front.*  
2804            *Microbiol.* 13. doi:10.3389/fmicb.2022.845546.
- 2805    Vélez, J., Hirzmann, J., Arévalo-González, K., Lange, M. K., Seipp, A., Gärtner, U., *et al.*  
2806            (2019). Parasite fauna of wild Antillean manatees (*Trichechus manatus manatus*) of  
2807            the Andean Region, Colombia. *Parasites and Vectors* 12, 7–11.  
2808            doi:10.1186/s13071-019-3448-1.
- 2809    Vélez, J., Hirzmann, J., Lange, M. K., Chaparro-Gutiérrez, J. J., Taubert, A., and  
2810            Hermosilla, C. (2018). Occurrence of endoparasites in wild Antillean manatees  
2811            (*Trichechus manatus manatus*) in Colombia. *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.* 7, 54–  
2812            57. doi:10.1016/j.ijppaw.2018.01.006.
- 2813    Waikagul, J. (2006). Southeast Asian tropical medicine and parasitology network.  
2814            *Parasitol. Int.* 55, S297–S300. doi:10.1016/j.parint.2005.11.044.
- 2815    Waltzek, T. B., Cortés-Hinojosa, G., Wellehan, J. F. X., and Gray, G. C. (2012). Marine  
2816            mammal zoonoses: A review of disease manifestations. *Zoonoses Public Health* 59,  
2817            521–535. doi:10.1111/j.1863-2378.2012.01492.x.
- 2818    White, P. S., Arslan, D., Kim, D., Penley, M., and Morran, L. (2021). Host genetic drift

- 2819 and adaptation in the evolution and maintenance of parasite resistance. *J. Evol.*  
2820 *Biol.* 34, 845–851. doi:10.1111/jeb.13785.
- 2821 Wikman-Jorgensen, P., Requena-Méndez, A., and Llenas-García, J. (2021). A Review  
2822 on Strongyloidiasis in Pregnant Women. *Res. Rep. Trop. Med.* 12, 219–225.  
2823 doi:10.2147/RRTM.S282268.
- 2824 Wild, G., Gardner, A., and West, S. A. (2009). Adaptation and the evolution of parasite  
2825 virulence in a connected world. *Nature* 459, 983–986. doi:10.1038/nature08071.
- 2826 Wood, J. R. (2018). DNA barcoding of ancient parasites. *Parasitology* 145, 646–655.  
2827 doi:10.1017/S0031182018000380.
- 2828 Wu, T., and Bowman, D. D. (2020). Visceral larval migrans of *Toxocara canis* and  
2829 *Toxocara cati* in non-canid and non-felid hosts. *Adv. Parasitol.* 109, 63–88.  
2830 doi:10.1016/bs.apar.2020.02.001.
- 2831 Youn, H. (2009). Review of zoonotic parasites in medical and veterinary fields in the  
2832 Republic of Korea. *Korean J. Parasitol.* 47, S133. doi:10.3347/kjp.2009.47.S.S133.
- 2833 Yu, P., Rong, J., Zhang, Y., and Du, J. (2020). Dysentery Caused by *Balantidium coli* in  
2834 China. *Korean J. Parasitol.* 58, 47–49. doi:10.3347/kjp.2020.58.1.47.
- 2835 Zambrano, L. D., Levy, K., Menezes, N. P., and Freeman, M. C. (2014). Human diarrhea  
2836 infections associated with domestic animal husbandry: a systematic review and  
2837 meta-analysis. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 108, 313–325.  
2838 doi:10.1093/trstmh/tru056.
- 2839 Ziegler, P. E., Wade, S. E., Schaaf, S. L., Stern, D. A., Nadareski, C. A., and  
2840 Mohammed, H. O. (2007). Prevalence of *Cryptosporidium* species in wildlife  
2841 populations within a watershed landscape in southeastern New York State. *Vet.*  
2842 *Parasitol.* 147, 176–184. doi:10.1016/j.vetpar.2007.03.024.

2843

2844

## Anexos

2845

### 2846 **Financiación**

2847           Financiación Capítulo 1: The project where samples were collected from wild  
2848 felids was funded by ALBAN Postgraduate Scholarship, Liz Claiborne and Art Ortenberg  
2849 Foundation and the Kaplan Scholarship, “Panthera”. Molecular characterization of the  
2850 specimens was funded by Czech Science Foundation Project No. 19-28399X. The APC  
2851 was funded by the Justus Liebig University Giessen.

2852

2853           Financiación Capítulo 2: The parasitological analysis was funded by the  
2854 Universidad de Antioquia, through the Strategy of Consolidation (CODI 2018-2019).

2855

2856           Financiación Capítulo 3: The APC was funded by the CIBAV Research Group-  
2857 Centro de Investigaciones Básicas y Aplicadas en Veterinaria (COL0153246)  
2858 Universidad de Antioquia, Consolidation Strategy 2018–2019.

2859

2860           Financiación Capítulo 4: The APC was funded by the CIBAV Research Group-  
2861 Centro de Investigaciones Básicas y Aplicadas en Veterinaria (COL0153246),  
2862 Universidad de Antioquia, Consolidation Strategy 2018–2019.

2863

2864           Financiación Capítulo 5: This work was supported by the Czech Science  
2865 Foundation project no. 19-28399X. The CIBAV research group thanks to the Strategy of  
2866 consolidation of Research Groups CODI 2018-2019, University of Antioquia, Medellín,  
2867 Colombia.

2868

2869           Financiación Capítulo 6: The project where samples were collected was funded  
2870 by CIBAV Research Group-Centro de Investigaciones Básicas y Aplicadas en  
2871 Veterinaria (COL0153246) Universidad de Antioquia, Consolidation Strategy 2018-2019.  
2872 Molecular characterization of the specimens was funded by Czech Science Foundation  
2873 Project No. 19-28399X. The APC was funded by Justus Liebig University Giessen. We  
2874 would like to extend our thanks to the Bicentennial Doctoral Excellence Scholarship

2875 Program of Colombia ("Programa de becas de excelencia doctoral del bicentenario") for  
2876 financial support to the PhD-student M.U.

2877

2878 Financiación Capítulo 7: This work was supported by the Justus Liebig University  
2879 Giessen, the Czech Science Foundation. The APC will be fund by the Justus Liebig  
2880 University Giessen.

2881

### 2882 **Material Suplementario**

2883 Material Suplementario Capítulo 1: The following material is available online at  
2884 <https://www.mdpi.com/article/10.3390/pathogens10070822/s1>, Video S1: 3D model of *T.*  
2885 *omissa* rostellar large hook, Video S2: 3D model of *T. omissa* rostellar small hook.

2886

2887 Material Suplementario Capítulo 2: The following are available online at  
2888 <https://www.mdpi.com/article/10.3390/pathogens10091152/s1>, Figure S1: Adult  
2889 specimen of *Hippocrepis hippocrepis* (Trematoda: Notocotylidae) found in capybara  
2890 manure pellet piles collected in a flooded area of La Maporita. Scale bar: 2 mm, Figure  
2891 S2: Cycloposthiidae cyst (47.28  $\mu\text{m}$   $\times$  33.03  $\mu\text{m}$ ), notice adoral ciliary zone (white  
2892 arrowhead), vestibulum (red arrowhead), and cytoproct (black arrowhead). Scale bar: 10  
2893  $\mu\text{m}$ , Video S1: Biopercular plugged *Echinocoleus hydrochoeri* egg, Video S2:  
2894 Biflagellate egg of *Hippocrepis hippocrepis*.

2895

2896 Material Suplementario Capítulo 3: The following are available online at  
2897 <https://www.mdpi.com/article/10.3390/pathogens10121601/s1>, Table S1: Gastropod  
2898 species as potential intermediate hosts for *G. paralysans* in Colombia.

2899

2900 Material Suplementario Capítulo 4: The following supporting information can be  
2901 downloaded at: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/microorganisms10081565/s1>,  
2902 Table S1: Dog serum database.

2903

2904 Material Suplementario Capítulo 5: The following supporting information can be  
2905 downloaded at: <http://doi.org/10.3201/eid2811.220529>, Appendix and Methods.

2906

2907 Material Suplementario Conferencia Internacional

2908 Esta información suplementaria se basa en el poster titulado “Wide  
2909 Gastrointestinal Parasite Survey in World`s Largest Extant Semiaquatic Rodent  
2910 *Hydrochoerus hydrochaeris* (Linnaeus 1766)” que fue presentado en la *28th*  
2911 *International Conference of the World Association for the Advancement of Veterinary*  
2912 *Parasitology Dublin, Ireland July 19th-22nd*. A continuación de adjunta le mismo:



## A Wide Gastrointestinal Parasite Survey in World's Largest Extant Semiaquatic Rodent *Hydrochoerus hydrochaeris* (Linnaeus 1766)

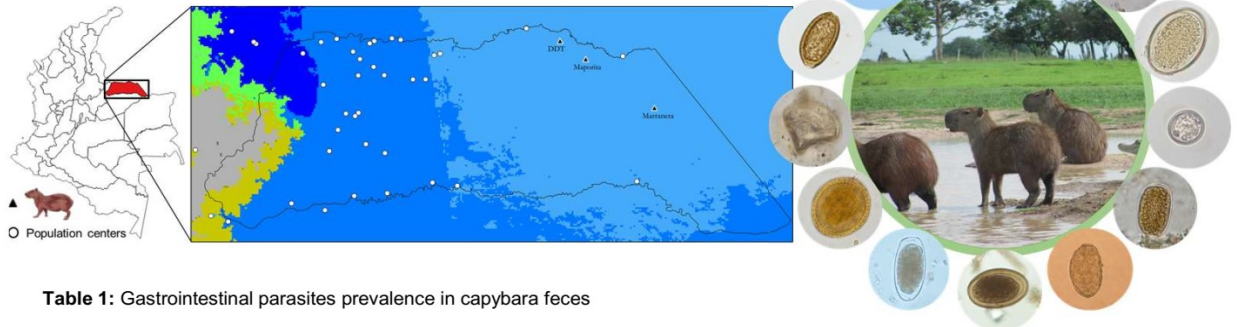
Manuel Uribe <sup>1,2</sup>, Juan Vélez <sup>1,2</sup>, Arlex Rodríguez-Durán <sup>3</sup>, Jesús Cortés-Vecino <sup>3</sup>, Sara López-Osorio <sup>1,2</sup>, Anja Taubert<sup>1</sup>, Carlos Herмосilla <sup>1</sup>, Jenny Chaparro-Gutiérrez <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Parasitology, Justus Liebig University Giessen, Germany. <sup>2</sup> CIBAV Research Group, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. <sup>3</sup> Grupo de Investigación Parasitología Veterinaria, Universidad Nacional de Colombia.

Free-ranging capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) are affected by wide range of proto- and metazoan, including zoonotic water-, food- and gastropod-borne parasitoses as opportunistic neozoa infections in semi-aquatic ecosystems. Overlapping of capybara's natural ecological habitats with human/domestic animal activities, as seen in the Orinoquia region, have unfortunately increased in last decades. Three wild capybara populations located in Colombian Orinoco savannah were studied for occurrence of gastrointestinal parasite infections. A total of 46 faecal samples were collected from free-ranging capybaras close to cattle farms. Applying standard parasitological techniques, coproELISAs for detection of *Cryptosporidium*- and *Giardia*-specific antigens, PCRs and macroscopical analyses, the study revealed infections of 16 different parasite taxa.

Six zoonotic parasites were identified, i. e. *Cryptosporidium* sp., *Entamoeba* sp., *Neobalantidium coli*, *Lagochilascaris cf. minor*, *Strongyloides* sp., and *Plagiorchis muris*). Identified *P. muris* trematode represent the first report within South America and likewise constituting the first host record. Alongside, presence of the ascarid species *Lagochilascaris cf. minor* expands previous distribution range of emerging lagochilascariasis in the Americas. Overall, parasitological findings include four new host records (*Lagochilascaris* sp., *Plagiorchis muris*, *Neobalantidium coli*, and *Entamoeba* sp.). Present findings constitute a baseline data for future monitoring studies targeting impact of anthropogenic changes on capybara's population health conditions and thereby contributing to protection of these semi-aquatic giant rodents tightly linked to activities of domestic animals and humans.

**Figure 1.** Precise geographic location of sampling zones.



**Table 1:** Gastrointestinal parasites prevalence in capybara feces

Phylum	Parasite	Stage	Technique	Bocas del Arauca	Cinaruco	La Maporita	Total Prevalence		
				n = 15	n = 8	n = 23			
Protozoa	Apicomplexa	<i>Cryptosporidium</i> sp.	Oocysts	coproELISA	13.3	75	34.8	34.8 (16/46)	
		<i>Eimeria trinidadensis</i>	Oocysts	SAF	13.3	25	26.1	21.7 (10/46)	
	Amoebozoa	<i>Entamoeba</i> sp.	Cysts	SAF	26.7	25	8.7	17.4 (8/46)	
		Ciliophora	<i>Neobalantidium coli</i>	Cysts	SAF	6.7	-	4.3	4.3 (2/46)
			<i>Cyclophostium</i> sp.	Cysts	SAF	40	-	17.4	21.7 (10/46)
Metazoa	Platyhelminthes	Class: Nematoda	Ascarididae	Eggs	SAF	20	25	34.8	28.3 (13/46)
			<i>Lagochilascaris</i> -like	Eggs	SAF	13.3	-	-	4.3 (2/46)
			<i>Echinocoleus hydrochoeri</i>	Eggs	CF/SAF	46.7	87.5	56.5	58.7 (27/46)
			<i>Protozophaga obesa</i>	Eggs/Larvae/Adult	SS/CF/SAF	20	12.5	17.4	17.4 (8/46)
			<i>Strongyloides</i> sp.	Larvae	SAF	46.7	25	43.5	41.3 (19/46)
			Ancylostomatidae	Eggs	CF/SAF	53.3	25	39.1	41.3 (19/46)
	Class: Cestoda	<i>Monoecocystus</i> sp.	Taeniid	Eggs	CF/SAF	6.7	-	8.7	6.5 (3/46)
				Eggs	CF/SAF	-	12.5	-	2.2 (1/46)
	Class: Trematoda	<i>Hippocrepis hippocrepis</i>	Eggs/Adult	SF/SS/SAF	26.7	12.5	13	17.4 (8/46)	
		<i>Plagiorchis muris</i>	Adult	Sequencing	6.7	-	-	2.2 (1/46)	
		<i>Taxorchis schistocotyle</i>	Eggs	SS/SAF	40	75	34.8	43.5 (20/46)	

Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future köppen-geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5(1), 180214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

Meireles, M. V., Soares, R. M., Bonello, F., & Gennari, S. M. (2007). Natural infection with zoonotic subtype of *Cryptosporidium parvum* in Capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) from Brazil. *Veterinary Parasitology*, 147(1-2), 166-170. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.03.034>

Tkach, V. V., Littlewood, D. T. J., Olson, P. D., Kinsella, J. M., & Swiderski, Z. (2003). Molecular phylogenetic analysis of the Microphalloidea Ward, 1901 (Trematoda: Digenea). *Systematic Parasitology*, 56(1), 1-15. <https://doi.org/10.1023/A:1025546001611>

Vucetich, M. G., Deschamps, C. M., & Pérez, M. E. (2012). Paleontology, Evolution and Systematics of Capybara. In *Capybara: Biology, Use and Conservation of an Exceptional Neotropical Species* (pp. 39-59). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4000-0>

2914 **Reglamento de las revistas / Author guidelines:**

2915

2916 *Pathogens*; ISSN: 2076-0817:

2917 <https://www.mdpi.com/journal/pathogens/instructions>

2918

2919 *Microorganisms*; ISSN: 2076-2607:

2920 <https://www.mdpi.com/journal/microorganisms/instructions>

2921

2922 *Emerging Infectious Diseases*; ISSN 1080-6040 (Impreso) / 1080-6059 (Digital):

2923 <https://wwwnc.cdc.gov/eid/page/submit-manuscript>

2924

2925 *Frontiers in Veterinary Science*; ISSN 2297-6477:

2926 <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/for-authors/author-guidelines>

2927

2928 *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*; ISSN: 2213-2244:

2929 <https://www.elsevier.com/journals/international-journal-for-parasitology-parasites-and-wildlife/2213-2244/guide-for-authors>

2930