

**UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
SEDE ATENAS**

MEDICINA VETERINARIA

**PREVALENCIA DEL NEMÁTODO *BAYLISASCARIS PROCYONIS* Y SU
RELACIÓN CON LAS VARIABLES DE ETAPA DE VIDA Y SEXO EN MAPACHES
(*PROCYON LOTOR*) DE CAUTIVERIO Y VIDA LIBRE DEL GRAN ÁREA
METROPOLITANA DE COSTA RICA**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE GRADO
EN MEDICINA VETERINARIA CON ÉNFASIS EN BUIATRÍA**

CARLOS FABIÁN FERNÁNDEZ MORA

ATENAS, COSTA RICA

2022

DECLARACIÓN JURADA

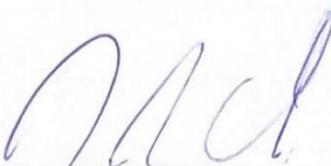
Yo Carlos Fabian Fernandez Mora portador de la cédula de identidad número 117140444 estudiante de la Universidad Técnica Nacional, UTN en la carrera de Medicina Veterinaria con Énfasis en Buiatría, conocedor (a) de las sanciones legales con que la Ley Penal de la República de Costa Rica castiga el falso testimonio y el delito de perjurio que pueda ocasionarse ante el (la) Director (a) de Carrera y quienes constituyen el Tribunal Examinador de este trabajo de investigación, juramos solemnemente que este trabajo de investigación es una obra original respetando las leyes y que ha sido elaborada siguiendo las disposiciones exigidas por la Universidad Técnica Nacional, UTN, así como con los derechos de autor.

En fe de lo anterior, firmamos en la ciudad de Atenas, a los 21 días del mes de setiembre, del año 2023

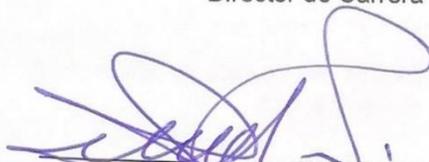
Carlos Fabian Fernandez Mora
117140444

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por el Tribunal Evaluador como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Medicina Veterinaria con Énfasis en Buiatría.



Josué Rivera Castillo
Director de Carrera



Mario Baldi Salas
Tutor del TFG



Janet Sandi Carmiol
Lector TFG



Randall Arguedas Porras
Lector TFG

RESUMEN

Título: Prevalencia del nemátodo *Baylisascaris procyonis* y su relación con las variables de etapa de vida y sexo en mapaches (*Procyon lotor*) de cautiverio y vida libre del Gran Área Metropolitana de Costa Rica.

Autor: Carlos Fabián Fernández Mora

El parásito *Baylisascaris procyonis* es un nemátodo gastrointestinal cuyo hospedero definitivo es el mapache (*Procyon lotor*). Además, es de carácter zoonótico, por lo que es de importancia para la salud pública y preventiva. El aumento de estos animales en zonas urbanas incrementa el riesgo de contagio, principalmente, en niños. El presente trabajo determinó la prevalencia del parásito en animales de vida libre y en cautiverio del Gran Área Metropolitana de Costa Rica, esto por medio de necropsias, técnicas coprológicas y diagnóstico molecular. La muestra de vida libre fue brindada por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Las necropsias fueron realizadas en las instalaciones del laboratorio de patología de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Costa Rica del Campus Benjamín Núñez, ubicado en Lagunilla de Heredia. Los muestreos de heces de los animales de cautiverio se realizan en diversos centros de rescate y zoológicos de Gran Área Metropolitana de Costa Rica, específicamente, en las provincias de Alajuela, Cartago, Heredia y San José. Se concluyó en que la prevalencia para los ejemplares de vida libre es de un 34 % y un 47 % para los ejemplares de cautiverio, lo que significa que la enfermedad está presente en el GAM, además mediante un modelo estadístico lineal generalizado, no se encontró relación entre la parasitosis y las variables, es decir que no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$).

Palabras clave: Baylisascariasis, zoonosis, prevalencia, parásitos, mapache

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada en su totalidad a mis padres, dado que son el principal motivo por el que he llegado hasta esta instancia y siempre fueron un gran apoyo, en todo el sentido de la palabra. Ellos me dieron la oportunidad de estudiar y terminar esta carrera, la cual ha sido un gran reto emocional; sin ellos lo más probable es que no hubiera podido culminar este camino.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer al Dr. Mario Baldi por aceptar ser mi tutor y guiar cada paso de este trabajo con su gran conocimiento acerca del tema. Al Dr. Randall Arguedas y la Dra. Janet Sandí por ser lectores del trabajo y aportar de su experiencia para la realización de esta tesis. A los encargados de laboratorios de Patología, Parasitología y Bioquímica de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Costa Rica del Campus Benjamín Núñez Presbítero por permitirme realizar los diferentes procedimientos en sus instalaciones para elaborar el trabajo.

A los diversos centros de rescate y al MINAE por su aporte a la hora de conseguir las muestras necesarias y a la estudiante de medicina veterinaria Sara Sáenz por su ayuda al procesarlas. A la Dra. Carolina Víquez por colaborarme a conseguir el tema del presente trabajo, y por último a mis compañeros de generación Pablo, Beatriz, Kevin y Melissa, por todos los trabajos y prácticas que hicimos juntos que nos hicieron llegar a este punto.

Índice general

I. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Problema de investigación	13
1.2 Justificación	15
1.3 Antecedentes	16
1.4 Objetivos	19
1.4.1 Objetivo general	19
1.4.2 Objetivos específicos	19
II. MARCO TEÓRICO	20
2.1 Mapache (<i>P. lotor</i>)	20
2.2 Etiología de baylisascariasis	20
2.3 Ciclo de vida de <i>B. procyonis</i>	21
2.4 Signos clínicos	21
2.5 Prevención de la infección	22
2.6 Diagnóstico	22
2.6.1 <i>Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)</i>	23
2.6.2 <i>Técnica de flotación</i>	23
2.6.3 <i>Necropsia</i>	23
2.7 Morbilidad y mortalidad	24
2.8 Zoonosis	24
III. METODOLOGÍA	25
3.2 Muestra	25
3.3 Examen coprológico	25
3.4 Necropsia	26
3.5 Identificación macroscópica y microscópica del ascaridio	26
3.6 Extracción de ADN del huevecillo	27
3.7 Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)	27
3.8 Análisis estadístico	28
3.9 Cálculo de prevalencia	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1 Ejemplares de vida libre	29
4.2 Ejemplares de cautiverio	34

4.3 Relación de la presencia de <i>B. procyonis</i> con las variables de etapa de vida y sexo	37
4.3.1 <i>Etapa de vida</i>	37
4.3.2 <i>Sexo</i>	39
V. CONCLUSIONES	42
VI. RECOMENDACIONES	43
Referencias Bibliográficas	44
Anexos	51

Índice de tablas

Tabla 1 Etapa de vida y sexo de los mapaches de vida libre muestreados en el GAM, Costa Rica 2022-2023	29
Tabla 2 Conteo y características morfométricas de los nemátodos recolectados	32
Tabla 3 Porcentaje de infección por otros parásitos y su porcentaje de coinfección con B. procyonis.....	33
Tabla 4 Etapa de vida y sexo en los mapaches de cautiverio muestreados en el GAM, Costa Rica 2022-2023	35

Índice de figuras

Figura 1 PCR de asacaridios positivo a <i>B. procyonis</i>	30
Figura 2 Mapa del GAM señalando los cantones en los cuales se capturaron mapaches.....	31
Figura 3 Ejemplares machos y hembra de <i>B. procyonis</i> vistos en microscopía de luz.....	32
Figura 4 Huevecillo sospechoso a <i>B. procyonis</i> visto a 40x	35
Figura 5 PCR de ADN de huevecillos positivos a <i>B. procyonis</i>	36
Figura 6 Proporción de casos positivos por estadio en mapaches en cautiverio.	38
Figura 7 Proporción de casos positivos por estadio en mapaches en vida libre.	38
Figura 8 Proporción de casos positivos por género en mapaches en cautiverio.....	40
Figura 9 Proporción de casos positivos por género en mapaches en vida libre.....	40

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Fórmula para el cálculo de prevalencia.....	28
---	-----------

Índice de abreviaturas

PCR	Reacción en Cadena de la Polimerasa
GAM	Gran Área Metropolitana
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
UTN	Universidad Técnica Nacional
UNA	Universidad Nacional
LMV	Larva Migrans Visceral
LMO	Larva Migrans Ocular
LMN	Larva Migrans Nerviosa

I. INTRODUCCIÓN

Los mapaches son mamíferos omnívoros nativos de América del Norte y Central e introducidos en Europa, estos animales están en constante contacto con el ser humano y es cada vez más típico encontrarlos en zonas urbanas buscando alimento y refugio (French et al., 2019). Por su parte, el *Baylisascaris procyonis* es un nemátodo cuyo huésped definitivo es el mapache (*Procyon lotor*), en estos se aloja en el intestino delgado y no suelen causar sintomatología clínica; sin embargo, en los hospederos accidentales (seres humanos), principalmente, podría migrar hacia el sistema nervioso, ojo u órganos viscerales; estos hospederos incidentales podrían infectarse al consumir los huevecillos presentes en las heces de los mapaches (Graeff et al., 2016; Dunbar et al., 2019).

En el presente trabajo, se determinará la presencia y la prevalencia de este parásito en el Gran Área Metropolitana, mediante el diagnóstico molecular (PCR) de los animales que resulten sospechosos en la evaluación coprológica (cautiverio) y necropsia (vida libre). Dicha labor brinda información de gran importancia para la medicina preventiva y la salud pública, pues permite conocer la situación actual del país y al mismo tiempo ayuda a tomar medidas de prevención contra la infección incidental.

1.1 Problema de investigación

En Costa Rica, suele ser común el avistamiento de fauna silvestre en zonas urbanas, entre los más comunes se encuentra el mapache (Ramírez et al., 2012; Vargas et al., 2012), esto es preocupante por el hecho que estos animales son huéspedes definitivos y portadores del nemátodo *Baylisascaris procyonis*. En los mapaches, no hay una sintomatología clínica relevante (principalmente en adultos), es un parásito zoonótico, el cual si llega a afectar al ser humano podría provocar

problemas neuronales, visuales o sistémicos en general, pues la larva suele migrar a estos tejidos, en algunos casos incluso podría provocar la muerte (Wise et al., 2005; Baldi et al., 2016; Baldi et al., 2017; Dunbar et al., 2019). La identificación del parásito en estos animales brinda mucha información, pues un mapache infectado podría excretar hasta 26.000 huevecillos de *B. procyonis* por gramo de heces (French et al., 2019; Pope et al. 2021).

El riesgo de larva migrans visceral es una preocupación, pues suele afectar a niños menores de 2 años al causar signos nerviosos inespecíficos que dificultan su diagnóstico, algunos de estos serían: letargia, debilidad generalizada, problemas de coordinación, convulsiones e incluso el coma (Graeff et al., 2016; Sircar et al., 2016). La larva *B. procyonis* también podría ocasionar larva migrans ocular, generalmente, afecta de manera unilateral y provoca vitritis, uveítis, granulomas oculares, entre otros signos que se podrían complicar hasta el punto de que se da la pérdida de la visión. Entre el 2005 y el 2014 se reportaron 135 casos de larva migrans en niños (en Costa Rica); sin embargo, se utilizó un método diagnóstico serológico que no identifica la especie de ascaridio causante de la patología y el *B. procyonis* no es el único que podría provocar larva migrans (Baldi et al., 2016; Baldi y Walzer, 2018).

También es un problema la poca información que hay sobre la prevalencia de este nemátodo en los países tropicales. Al realizar una revisión de la literatura, la mayoría de los estudios en cuanto a prevalencia de *B. procyonis* fueron realizados en Estados Unidos, Canadá y Europa; y si bien el mapache es un mamífero común en esos países, su distribución también abarca a los países tropicales de Centro y Sur de América, así como otros países latinoamericanos (Bauer, 2011; Kazacos et al., 2013; Duscher et al., 2021).

1.2 Justificación

Este parásito intestinal es de gran relevancia para la salud pública, pues corresponde a un zoonótico e incluso podría afectar a especies domésticas como el perro. La presencia de éste es preocupante debido a la constante interacción entre los mapaches y los seres humanos. Como se mencionó, en un período de casi 10 años, se encontraron varios casos de larva migrans en niños; sin embargo, el método diagnóstico no permite dilucidar la especie de ascaridio que provocó este padecimiento. El presente trabajo determinará la presencia de este parásito y su prevalencia en el GAM, lo que podría permitir, en el área de una salud, relacionar estos casos con una zoonosis por parte de este parásito (Baldi et al., 2016; Baldi y Walzer, 2018).

Si se detectan animales positivos se podría evaluar el riesgo que corren las personas que tienen un mayor contacto con las heces de estos animales. De igual manera, en los centros de cautiverio se podría pensar en los trabajadores que tienen constante contacto con mapaches y el riesgo que conlleva el tener un animal positivo en ese lugar (Sapp, 2018; Rainwater et al., 2017; French et al., 2019; Pope et al., 2021).

La necesidad de realizar diagnóstico molecular (PCR) también es justificable, dado que sería la prueba de oro para lograr obtener el diagnóstico. Los huevecillos que se podrían encontrar en los exámenes de heces por flotación podrían confundirse con otras especies de nemátodos. Cabe mencionar que durante la necropsia tampoco se puede realizar un diagnóstico con solo observar el parásito, por lo menos en humanos los diagnósticos serológicos (IgG) tampoco son específicos; por lo que solamente el PCR puede decir si se trata de *B. procyonis* (Dangoudoubiyam et al., 2011; Baldi et al., 2016).

En el país, actualmente, solo existe un estudio relacionado con la prevalencia de este parásito, la cual se estableció en 50 % (Baldi et al., 2016). Sin embargo, este estudio fue realizado solo en animales de vida libre, así que no se sabe la prevalencia de este parásito en los mapaches de cautiverio. Además, se utilizaron 20 animales donde lo ideal sería realizar una muestra más robusta para poder establecer una prevalencia más exacta, tanto en los animales de vida libre como en los de cautiverio.

1.3 Antecedentes

En Estados Unidos, específicamente, en el estado de Pensilvania, Cottrel et al. (2014) entre el 2010 y 2011 realizaron un estudio en el que muestrearon un total de 472 animales de vida libre de los cuales 89 pertenecen al año 2010 y eran individuos vivos. Los otros 383 fueron del año 2011 y eran mapaches muertos en carretera o atrapados y eutanasiados. Se realizó la técnica de flotación de heces; en los mapaches del 2010 se encontró una prevalencia de 38.2 %, mientras que en los individuos del 2011 hubo una prevalencia de 32.9 %. En ningún caso hubo mayor prevalencia según sexo; no obstante, si fue mayor en los individuos jóvenes, los cuales tuvieron un 43.1 % a comparación con los adultos que fue de 27.8 %.

En Guatemala, Dávila (2014) realizó un estudio para detectar diversos helmintos gastrointestinales, entre ellos *Baylisascaris procyonis*, en prociónidos como lo son el mapache (*Procyon lotor*), el pizote o coatí (*Nasua narica*) y la martilla o kinkajú (*Potos flavus*); la mayoría de cautiverio. En este caso muestrearon a 17 mapaches adultos (10 hembras y 7 machos). Una vez recolectadas las heces se procesaron en un lapso de 5 horas. En el laboratorio, se realizó flotación con solución hipersaturada; sin embargo, todos los animales resultaron negativos, tanto los mapaches como el resto de los prociónidos. Se sospecha que el resultado se debe a

que los centros en los que se encontraban estos animales cumplían con limpieza diaria de los recintos, lo cual disminuye la posibilidad de infección.

A pesar de que los mapaches son nativos de América, estos fueron introducidos a Europa, Alemania, en la década de 1930. Rentería et al. (2018) realizaron un estudio entre el 2017 y el 2018 para determinar la presencia de este parásito. Se utilizó una muestra de 32 mapaches donde todos fueron cazados y, posteriormente, se les realizó necropsia. Se buscó a los parásitos adultos en el tracto gastrointestinal para luego enviar una muestra del tejido de los nematodos para su confirmación por medio de PCR. Se encontró una prevalencia del 75 %, en la cual no hubo diferencia entre machos y hembras, ni entre jóvenes y adultos.

En Carolina del Norte (Estados Unidos), se realizaron varios muestreos de letrinas (sitios donde los mapaches suelen defecar) en el zoológico de este estado, entre el año 2018-2019. En total se encontraron 41 letrinas de las cuales se obtuvieron 112 muestras de heces (las más frescas). Estas fueron procesadas en menos de 24 horas en el laboratorio donde se utilizó el método de flotación con solución de Sheather, todas las muestras resultaron negativas para *B. procyonis*. En este mismo zoológico, se había realizado necropsias con el fin de encontrar este parásito y de igual manera resultaron negativas (Louis et al., 2020).

Pope et al. (2021) capturaron un total de 50 mapaches entre el 2018 y el 2019, en el estado de Texas, Estados Unidos. Los mapaches fueron anestesiados y, seguidamente, eutanasiados para poder realizarles una necropsia de la cual se tomaron muestras de intestino y se realizó un método de sedimentación-flotación con solución de Sheather. Se obtuvo una prevalencia del 46 % sin diferencia entre sexo, pero sí en la edad. El resultado arrojó que los animales jóvenes presentaban una

carga mayor que los adultos, también se demostró que la mayoría de los mapaches que resultaron positivos eran los que vivían en zonas que tienen mayor contacto con el ser humano.

En Costa Rica, durante el año 2010 Vargas et al. (2012) realizaron un estudio con el fin de evaluar si las personas de la provincia de Cartago conocían si había presencia de mapaches en la zona y la razón por la cual esta especie permanecía en el lugar. Para esto se aplicaron 49 encuestas en diversas zonas de la región, así como la colocación de estaciones con cebo para poder detectar huellas de estos animales. Se registró que un 63.37 % de las personas entrevistadas habían avistado mapaches y de esas un 77.42 % los veían todos los días, esto evidencia que los mapaches son animales que cada vez son más comunes en el GAM, por lo que está latente la preocupación de que la presencia de *B. procyonis* aumente.

A nivel nacional, por parte de Baldi et al. (2016), se realizó un estudio con el fin de calcular la prevalencia. La investigación contó con ayuda del MINAE, quienes proveyeron los animales (previamente capturados en 8 sectores del GAM). A estos mapaches se les realizó exámenes de flotación Sheather para poder identificar huevecillos, también se les practicó necropsia a los huevecillos sospechosos y a los nemátodos encontrados se les realizó PCR, esto para confirmar que se tratara de *B. procyonis*. Los resultados fueron positivos en 10 de 20 mapaches, por lo que se calcula una prevalencia del 50 %.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar la prevalencia del nemátodo *Baylisascaris procyonis* mediante diagnóstico molecular (PCR) y su relación con las variables de etapa de vida y sexo en mapaches (*Procyon lotor*) de vida libre y cautiverio del Gran Área Metropolitana de Costa Rica.

1.4.2 Objetivos específicos

Identificar huevecillos y nemátodos mediante la técnica de flotación Sheather y necropsia, respectivamente, para la determinación del diagnóstico presuntivo de *B. procyonis*.

Confirmar la presencia de *B. procyonis* en los mapaches de vida libre y cautiverio mediante diagnóstico molecular (PCR) de los huevecillos y nemátodos sospechosos, para el cálculo de la prevalencia de la enfermedad.

Asociar las variables de etapa de vida (jóvenes y adultos) y sexo (hembras y machos) de los mapaches con la presencia de *B. procyonis* mediante la prueba de glm, para la determinación de la relación de estas con la enfermedad.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Mapache (*P. lotor*)

Son mamíferos omnívoros del orden Carnivora y familia Procyonidae. Además, son nativos de América del Norte y Central, actualmente, habitan en Europa y Asia por introducción del ser humano. Son animales que se adaptan bien a diferentes climas y condiciones ambientales, dado que pueden vivir en gran variedad de nichos ecológicos desde selvas y bosques hasta costas y ciudades (Zeveloff, 2002). De hecho, se puede considerar como fauna urbana, debido a lo común que es encontrarlos en las ciudades. Según Luniak (2004) el constante contacto con el ser humano ha hecho que este animal haya modificado su dieta, originalmente, carnívora. Se han desarrollado como omnívoros debido a su gran capacidad de adaptabilidad. El aumento en la población de mapaches es preocupante, pues son portadores de enfermedades zoonóticas y también como especie invasora (cuando son introducidos) se comportan como depredadores de fauna nativa (Zeveloff, 2002; Parsons et al., 2013).

2.2 Etiología de baylisascariasis

El *Baylisascaris procyonis* es un parásito nemátodo perteneciente a la familia Ascarididae, cuyo huésped definitivo es el mapache. En ocasiones puede afectar a otros mamíferos como el perro doméstico y al ser humano. En este último, la larva suele migrar a otros tejidos como el ocular y el nervioso; mientras que en los mapaches infecta el sistema gastrointestinal (intestino delgado) y suele ser asintomático (Kazacos, 2001). Hay otras especies de importancia veterinaria como *B. melis* y *B. columnaris*, las cuales afectan al tejón europeo y al zorrino, respectivamente. En el continente americano, el principal responsable de causar la

enfermedad de baylisascariasis es el *B. procyonis* (IICAB, 2009; Kazacos et al., 2013; Gaeff et al., 2016).

2.3 Ciclo de vida de *B. procyonis*

Los huevecillos salen de las heces de los mapaches, estos se van a mantener en el medio ambiente de 2-4 semanas hasta llegar a ser un huevecillo embrionado, en este momento los mapaches y otros huéspedes definitivos como el perro doméstico y demás prociónidos se pueden infectar. Dicha infección se puede efectuar de dos maneras: en primer lugar, al ingerir directamente el huevecillo; en segundo lugar, al depredar a mamíferos pequeños (huéspedes paraténicos) que consumieron el huevecillo del medio ambiente y poseen larvas enquistadas en sus tejidos, una vez consumidos, el huevo embrionado termina en convertirse en gusano adulto (en el intestino del mapache) y comienza a producir nuevos huevecillos (Kazacos et al., 2013).

2.4 Signos clínicos

Los mapaches adultos suelen ser asintomáticos; sin embargo, los individuos jóvenes con una carga parasitaria muy alta podrían presentar obstrucción gastrointestinal. En el caso de otros huéspedes definitivos como los perros domésticos, estos tampoco suelen presentar síntomas; no obstante, se han visto algunos casos en los que la larva puede migrar a su sistema nervioso (similar a lo que ocasiona en los huéspedes accidentales). En los humanos que se infectan por consumir los huevecillos ocurre la “larva migrans”, es decir, que la larva no se va a mantener en el sistema gastrointestinal, sino que migra hacia otros tejidos como el nervioso y el ocular. En dichos casos, los principales signos que se presentan son neurológicos como convulsiones y problemas de coordinación (Kazacos, 2013; Hazlett, 2018; Sapp et al., 2020).

2.5 Prevención de la infección

La zoonosis causada por el consumo de larvas de ascaridios como el *B. procyonis* ha sido tema importante en la salud pública. Entre las poblaciones más susceptibles se encuentran los trabajadores que manejan vida silvestre en centros de rescate y zoológicos. Una buena limpieza de las instalaciones y un buen manejo de los desechos e higiene personal son las principales maneras de evitar una infección por parte de estos parásitos. Han existido estudios en los que se aíslan hongos (*Mucor circinelloides*) que tienen un efecto ovicida bastante eficiente en los huevecillos de ascaridios. Al ser considerada como una enfermedad zoonótica transmitida por el suelo es recomendable evitar el contacto con la tierra en zonas donde hay presencia de mapaches, principalmente, los niños menores a 2 años (IICAB, 2009; Hernández et al., 2014).

2.6 Diagnóstico

El diagnóstico en los mapaches y perros suele realizarse identificando los huevecillos en los exámenes coprológicos; no obstante, se podrían dar falsos positivos, ya que son muy similares a los huevecillos de otros ascaridios como *Toxocara canis*. Otro método de diagnóstico es el post mortem, esto por medio de una necropsia que puede identificar los parásitos adultos en el tracto gastrointestinal (intestino delgado). La prueba de oro es la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) (Kazacos, 2013; Baldi et al., 2016).

En las personas se realizan pruebas serológicas para detectar anticuerpos (IgG); sin embargo, no son específicos para *B. procyonis*. En ocasiones se puede observar alguna larva en el ojo durante una examinación ocular, esto indica larva migrans, pero no cuál parásito lo ocasionó. De igual manera, en una autopsia se puede tomar biopsia del cerebro y mandarlo tanto a histopatología como a diagnóstico

molecular para identificar el parásito (Dangoudoubiyam et al., 2011; Kazacos, 2013; Baldi et al., 2016; Baldi y Walzer, 2018).

2.6.1 Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)

El PCR convencional es un método ideal para poder diagnosticar infecciones parasitarias. El PCR a tiempo real posee una mayor sensibilidad y ha ido sustituyendo al convencional, pero este último sigue siendo eficiente para detectar la presencia del ADN del parásito, tanto en los huevecillos embrionados y no embrionados como en el tejido de las larvas (L3) y el nemátodo adulto. Para el *B. procyonis* se ha designado un primer específico para la amplificación de ADN de 146 pares de bases del citocromo oxidasa 2 mitocondrial para el género de este parásito (Dangoudoubiyam et al., 2009; Franssen et al., 2013; Al-Sabi et al., 2015).

2.6.2 Técnica de flotación

Se han descrito varios métodos para realizar este tipo de examen coprológico donde se pueden usar soluciones con cloruro de sodio, sulfato de magnesio, nitrato de sodio, sulfato de zinc y solución hipersaturada de azúcar (Sheather). También, se puede la técnica cotidiana que consiste en dejar reposar la solución hasta que los huevecillos suban al portaobjetos u otro método que involucra centrifugar la mezcla antes de dejarla reposar. Esta técnica ha demostrado ser efectiva en la identificación de los huevecillos de ascaridios, entre ellos *T. canis* (Dryden et al., 2005).

2.6.3 Necropsia

La necropsia es un método útil en animales de vida libre de zonas donde hay sobrepoblación o cuando son animales atropellados en carretera. El proceso es relativamente simple, se realiza una disección de todo el tracto gastrointestinal del animal con énfasis en el intestino delgado, pues es allí donde se alojan los ejemplares

adultos. Por lo general, los nemátodos no se diferencian a simple vista de otros ascaridios; sin embargo, el *B. procyonis* está tan presente en los mapaches que se toman como positivos y lo ideal es realizar PCR al tejido del nemátodo (Rentería et al., 2018).

2.7 Morbilidad y mortalidad

No hay porcentajes exactos, en las personas se habla de una morbilidad baja, debido a que se considera una enfermedad poco usual; no obstante, es subdiagnosticada por la inespecificidad de sus signos clínicos. En cuanto a la mortalidad, depende de la exposición que se ha tenido a los huevecillos y a la presentación de la enfermedad, generalmente, la neurológica es la más grave y puede dejar problemas permanentes. En los mapaches, se considera que tiene una alta morbilidad, puesto que posee niveles de prevalencia bastantes elevados en países como Estados Unidos y Canadá, pero posee una mortalidad baja donde los individuos jóvenes son los más afectados (Gavin et al., 2022; IICAB, 2009; Page et al., 2009).

2.8 Zoonosis

Los mapaches suelen tener lugares específicos para defecar llamados "letrinas". Estas por lo general se encuentran en las bases de los árboles, piedras largas, cielorrasos de casas y otras estructuras, entre otros. Las personas se infectan de manera accidental al estar en contacto con estas letrinas, en la mayoría de los casos son los niños y el personal de centros de rescate. El ser humano al convertirse en huésped accidental la larva no se dirige hacia tracto intestinal, sino que migra a diferentes tejidos (Page et al., 2009; Kazacos et al., 2013; Graeff-Teixeira et al., 2016).

III. METODOLOGÍA

3.1 Ubicación

Las muestras para realizar el examen coprológico de los animales en cautiverio fueron obtenidas de los siguientes centros de vida silvestre:

- Heredia: Toucan Rescue Ranch
- Alajuela: Rescue Center Costa Rica
- San José: Refugio Animal Costa Rica

Las necropsias de los individuos de vida libre se realizaron en el laboratorio de patología de la Universidad Nacional de Costa Rica ubicada en Lagunilla de Heredia. Todas las muestras fueron procesadas en los laboratorios de parasitología y diagnóstico molecular de esta institución. De igual manera, se muestrearon mapaches en cautiverio capturados por el MINAE cuyo centro de rescate de destino no se registró. Todos los mapaches de cautiverio provenían del GAM.

3.2 Muestra

Se muestrearon los mapaches que se encontraban en cautiverio a la hora de hacer el trabajo (de forma permanente o transitoria) del Gran Área Metropolitana. En cuanto a los ejemplares de vida libre, se realizó un monitoreo oportunista con animales brindados por el MINAE y el Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (anexo 1). Se cuenta con los permisos del SINAC y MINAE (anexo 2).

3.3 Examen coprológico

Se realizó a los animales de cautiverio, estas muestras se obtienen gracias a la previa recolección del personal de los centros donde se encuentran los mapaches. Se utilizó un método pareado en el cual se recolectó una muestra cada 2 a 3 días, debe haber al menos 2 muestras en un período de 15 días y al menos 30 gramos de

heces. Se mantuvieron a -20 grados Celsius hasta su examinación en laboratorio, donde se realizó la técnica de flotación de Sheather.

La técnica se elaboró como indica Dryden et al. (2005) utilizando de 2-5 gramos de heces y de 10-15 mililitros de solución hipersaturada de azúcar. Se realiza la mezcla para luego tamizarla en un tubo de ensayo y colocar un portaobjetos. Por último, se deja reposar 20 minutos, se pone un cubreobjetos y se observa a 40x (anexo 3).

3.4 Necropsia

Se realizó a los animales de vida de libre a los cuales se les practicó la eutanasia; una vez hecho esto se hace la necropsia con el propósito de diseccionar el tracto gastrointestinal (anexo 4), principalmente, el intestino delgado. Los nemátodos encontrados se preservaron en un frasco de muestra estéril con etanol 70 % para su posterior diagnóstico molecular (Rentería et al., 2018; Critescu et al., 2022).

3.5 Identificación macroscópica y microscópica del ascaridio

Los nemátodos recolectados fueron identificados como ascaridios. En este caso *B. procyonis* mediante la observación del color del parásito, el cual debe ser un blanco amarillento con un tubo alimentario evidente de color negro en la mayoría de los especímenes. También fueron identificados con sus medidas morfométricas como el largo, hembras (hasta 22 cm) y machos (no llegan a más de 11 cm) (Lombardo et al., 2022).

Para la identificación microscópica se utilizó un estereoscopio con el cual se deben observar las estructuras de la porción anterior del nemátodo y la presencia de tres labios principales (un labio dorsal y dos labios subventrales) (anexo 5). Se procede a cortar con una hoja de bisturí la porción anterior y posterior del parásito

para colocarlas en un portaobjetos con una a dos gotas de solución de Hoyer para poder facilitar la visualización de las estructuras orales y reproductivas en un microscopio a 40x (McDougald, 2020; Lombardo et al., 2022). También se pueden diferenciar entre *B. procyonis* y *B. columnaris* por diferencias en la morfología de los dentículos labiales, áreas periclocales rugosas en machos y la forma de la cola de los machos (Overstreet, 1970; Anderson et al., 2009).

3.6 Extracción de ADN del huevecillo

La solución de la flotación se coloca en tubo eppendorf (1.5 ml) y se agrega 1 ml de PBS para diluirla. Se centrifuga 13 800 rpm por 5 minutos, elimina el sobrenadante y se lava con PBS para centrifugar de nuevo. Se colocan los huevecillos al QIAmp DNA Micro Kit (anexo 6) y se agregan cuentas de vidrio de 0.1 mm (agitándose por 4 minutos) y 20 ul de proteinasa K y se deja cultivar toda la noche a 55 grados Celsius (Dangoudoubiyam et al., 2009).

3.7 Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)

Se utilizó ADN obtenido de parásitos y ADN de huevos pertenecientes a la especie *B. procyonis*, para llevar a cabo la amplificación de tres regiones genéticas: el gen mitocondrial citocromo c oxidasa 2 y los genes ribosomales ITS1–5.8S-ITS2 y 28S. Este proceso se realizó siguiendo los cebadores y el procedimiento detallado en el estudio previo de Franssen et al., 2013. Las secuencias correspondientes a estas regiones se encuentran registradas en GenBank bajo los números de acceso AF179908 (región del citocromo c oxidasa 2), JQ403615 (región ITS1–5.8S-ITS2) y KC434770. (Franssen et al., 2013) (anexo 8).

3.8 Análisis estadístico

Se realizó una estadística descriptiva basada en el cálculo del promedio de algunos resultados obtenidos, como la cantidad de parásitos encontrados y la longitud de estos. Se empleó la función "glm" para crear modelos lineales generalizados (MLG) para evaluar si existen diferencias significativas en la proporción de casos positivos entre estadios (adultos y juveniles) y géneros (machos y hembras). Todo el análisis estadístico se elaborará con el software R y Microsoft Excell® (Rendón-Macías, 2016; Rcore team, 2022).

3.9 Cálculo de prevalencia

Se hizo un estudio descriptivo transversal, en el cual se calculó la prevalencia del nemátodo *B. procyonis* en una población de mapaches de cautiverio y vida libre del Gran Área Metropolitana de Costa Rica. Se utilizará la siguiente fórmula, según Almeida (2008):

Ecuación 1

Fórmula para el cálculo de prevalencia

$$\text{Prevalencia}(p): \frac{\text{Total de animales positivos en un determinado período de tiempo}}{\text{Total de población muestreada}} \times 100$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Ejemplares de vida libre

Se muestrearon mapaches que fueron capturados y recolectados de distintos cantones de las provincias que conforman el GAM. En la mayoría de los casos con lesiones o condiciones que les imposibilitaba una posible liberación. Los mapaches fueron clasificados según sexo y etapa de vida. En total se hicieron 85 necropsias de los cuales 41 fueron hembras y 44 machos. Además, del total, 8 mapaches eran ejemplares juveniles. Hubo 29 animales que resultaron positivos al diagnóstico molecular a *B. procyonis*, por lo cual se obtuvo una prevalencia del 34 % para el GAM (figura 1) (tabla 1).

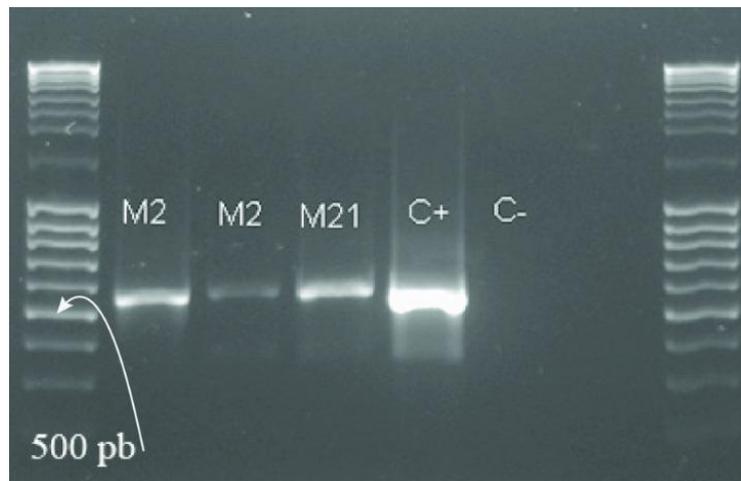
Tabla 1

Etapa de vida y sexo de los mapaches de vida libre muestreados en el GAM, Costa Rica 2022-2023

Variable		Número de ejemplares	Positivos a parásitos <i>Baylisascaris procyonis</i> (Prevalencia)
Etapa de vida	Juveniles	8	3 (38)
	Adultos	77	26 (32)
Sexo	Hembras	41	11 (26.8)
	Machos	44	18 (38)
Total		85	29 (34.1)

Figura 1

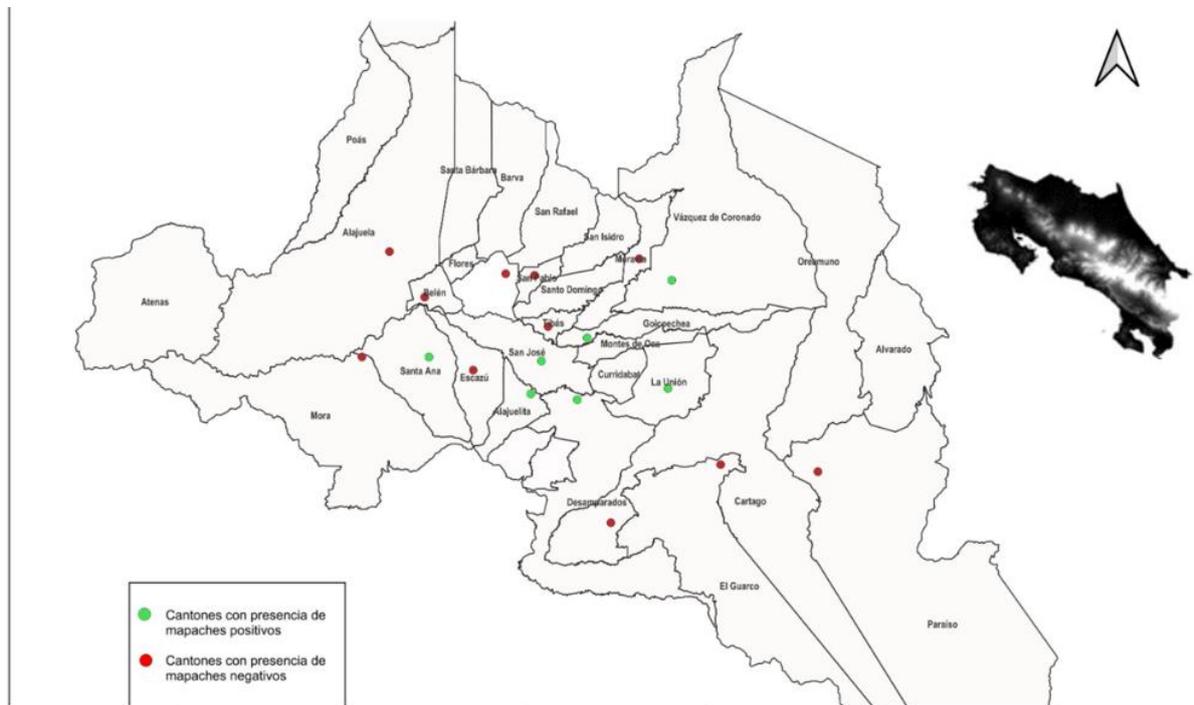
PCR de asacaridios positivo a B. procyonis



Un 73 % (42 % positivos) de los animales muestreados pertenecían a la provincia de San José en los cantones de Desamparados, Santa Ana, Coronado, Mora, Alajuelita, Escazú, Goicochea y el cantón central de San José. En el último, se capturaron más animales. Un 17.6 % (20 % positivos) eran de la provincia de Cartago en los cantones de La Unión, El Guarco, Paraíso y el cantón central por las cercanías del distrito de Corralillo. Un 7.06 % eran de la provincia de Heredia en los cantones de San Pablo, Belén y el cantón central. La provincia de Alajuela solo representó el 2.35 % con dos individuos capturados en el cantón central. En total, de todos los animales positivos, el 89.65 % se encontraban en la provincia de San José y el 10.35 % en la provincia de Cartago. Mientras que el encontrar 0 positivos en Alajuela y Heredia se puede atribuir al poco número de muestra en estas provincias.

Figura 2

Mapa del GAM señalando los cantones en los cuales se capturaron mapaches



Nota. Mapa de cantones del GAM creado mediante la herramienta QGIS, 2023.

Se obtuvieron 197 nemátodos, los cuales fueron identificados como ascaridios compatibles con *B. procyonis*. Estos fueron sexados y medidos, donde del total hubo 61 hembras y 136 machos con una longitud promedio de 16.5 cm y 8.3 cm respectivamente (anexo 6) (tabla 2), lo cual coincide con las medidas descritas en la literatura. También se confirmó el sexaje por medio de microscopia de luz en la cual se lograron visualizar las estructuras reproductivas de los parásitos (imagen 1) (CDC, 2019; Lombardo et al., 2022).

Tabla 2

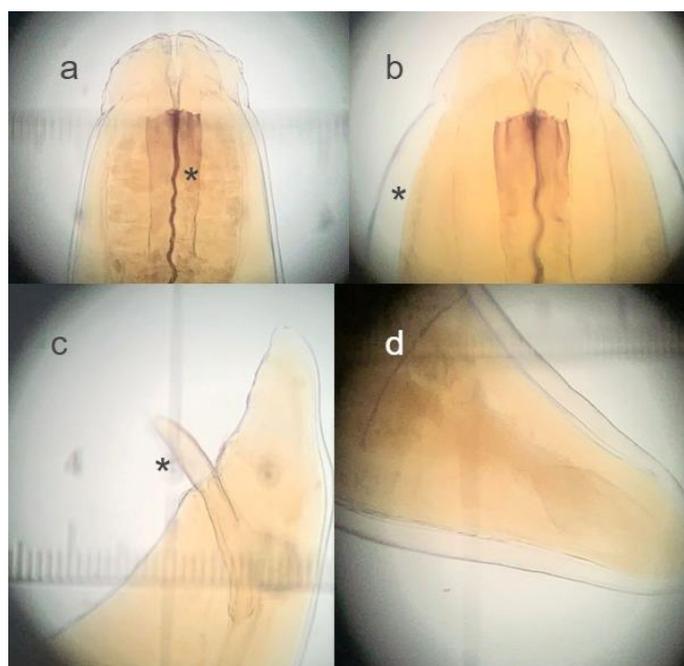
Conteo y características morfométricas de los nemátodos recolectados

Características	Valor
Cantidad de nemátodos obtenidos	197
Especie identificada	Ascaridios compatibles con <i>B.procyonis</i>
Cantidad de hembras	61
Cantidad de machos	136
Longitud promedio de hembras (cm)	16.5
Longitud promedio de machos (cm)	8.3
Coincide con literatura/Reporte en Costa Rica	6.3 (5.7-7.3) CR
	9-11 cm machos
	12 (10.2-13.2) CR
	20-22 cm hembras

Fuente: Baldi et al., 2016; Lombardo et al., 2022

Figura 3

Ejemplares machos y hembra de *B. procyonis* vistos en microscopía de luz



Nota. a. Labios subventrales, boca e inicio de tubo digestivo (*) en ejemplar macho.

b. Inicio de alas cervicales en ejemplar hembra (*). c. Estructura reproductiva del

macho (espícula) (*). d. Porción posterior de la hembra

En promedio cada mapache tenía una carga de 10 nemátodos en el intestino delgado, el mapache con mayor carga tenía presencia de 29 ascaridios mientras que algunos ejemplares contaban con solamente 1 ascaridio. Entre otros hallazgos, en 27 % de los mapaches se encontraron parásitos compatibles con acantocéfalos (anexo 9) y 9 % tenían presencia de cestodos. Hubo casos de coinfección de *B. procyonis*, con acantocéfalos en un 13 %, con cestodos en un 4.7 % y con ambos en un solo individuo representando el 1.2 %, aproximadamente (tabla 3). Si bien no se identificaron las especies, el acantocéfalo más común en mapaches es *Macracanthorhynchus ingens* mientras que el cestodo podría ser *Atriotaenia procyonis*, ambos con potencial zoonótico (Sánchez, 2019; Bunkowska, 2022; Lombardo, 2023).

Tabla 3

Porcentaje de infección por otros parásitos y su porcentaje de coinfección con B. procyonis

Parásito	Mapaches afectados	Presencia (%)	Coinfección con <i>B. procyonis</i> (%)
Acantocéfalos	23	27	13
Cestodos	7	9	4.7

Si bien la prevalencia disminuyó en comparación con la obtenida en el año 2016, hay que tener en cuenta que en esta ocasión se utilizó una muestra mayor y de lugares más variados, por lo que aún se puede considerar de gran relevancia. El mayor aporte se ubica en que los animales positivos se encontraban en zonas completamente urbanas que se consideran mayor riesgo, por ejemplo, 11 mapaches fueron capturados en el Centro Especializado de Atención de Pacientes con COVID-

19, el cual es un lugar donde hay personas vulnerables a una posible infección debido a su inmunosupresión (Baldi et al., 2016).

La mayoría de los ejemplares y casos positivos se presentaron en zonas muy urbanizadas donde se ubican parques centrales y zonas de juego para niños, por lo que hay que considerar el factor de riesgo que enfrentan los infantes a una posible infección. También hay que tener en cuenta que en cantones del GAM donde hay pueblos más rurales también hay presencia de estos animales y ahí es más común que los niños jueguen en la tierra. Por tanto, hay mayor predisposición a contraer la enfermedad. En este trabajo se recibieron mapaches de cantones como Mora, Coronado y Corralillo de Cartago en los cuales este panorama podría ser una realidad si no se lleva una precaución apropiada (Straif-Bourgeois et al., 2020).

Entre otros hallazgos relevantes a la necropsia se encuentran: preñez, piometra, fracturas y en un individuo había intususcepción secundaria a una obstrucción intestinal (anexo 11) debido a una gran carga de parásitos, lo cual es común en ejemplares jóvenes con una carga muy alta (Lombardo, 2022). Es preocupante la cantidad de mapaches capturados en zonas urbanas, pues en estas también hay presencia de mascotas que podrían funcionar como diseminadores de la enfermedad y esto aumenta el riesgo de infección. Ha habido estudios en los cuales se dejan cebos con desparasitantes y así los mapaches los consuman, lo cual ha disminuido la prevalencia en un 80 % (Straif-Bourgeois et al., 2020).

4.2 Ejemplares de cautiverio

Se obtuvieron muestras de 17 mapaches distribuidos en diversos centros de rescate en el GAM, de los cuales 10 eran machos y 7 eran hembras; mientras que del total 5 eran ejemplares juveniles. Los centros de rescate que colaboraron con la

recolección de las muestras de heces fueron el Toucan Rescue Center en Heredia (1 ejemplar), Rescue Center Costa Rica en Alajuela (3 ejemplares) y el Refugio Animal Costa Rica en San Jose (2 ejemplares). El resto de la muestra se obtuvo de animales capturados por el MINAE y el Cuerpo de Bomberos que luego fueron enviados a cautiverio. De estos animales de centros de rescate, 8 resultaron positivos a huevecillos (figura 4) y al diagnóstico molecular, por lo que se obtuvo una prevalencia del 47 % para el GAM (figura 5) (tabla 4). Aunque los animales capturados se podrían considerar de vida libre, entran en el grupo de cautiverio por su constante contacto con los trabajadores, por eso es importante el dato de la prevalencia en centros de rescate, para ver que tanto están expuestos estos.

Tabla 4

Etapa de vida y sexo en los mapaches de cautiverio muestreados en el GAM, Costa Rica 2022-2023

Mapaches		Número de ejemplares	Positivos a parásitos <i>Baylisascaris procyonis</i>
Etapa de vida	Juveniles	8	3
	Adultos	11	5
	Total	17	8
Sexo	Hembras	7	3
	Machos	10	5
	Total	17	8

Figura 4

*Huevecillo sospechoso a *B. procyonis* visto a 40x*

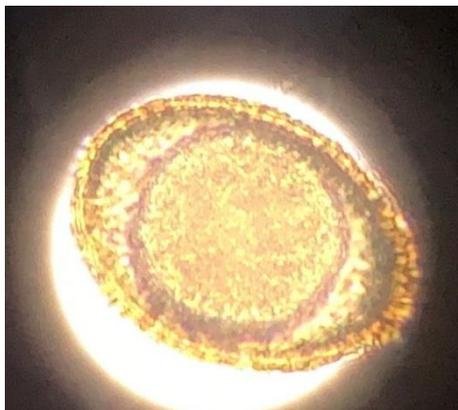
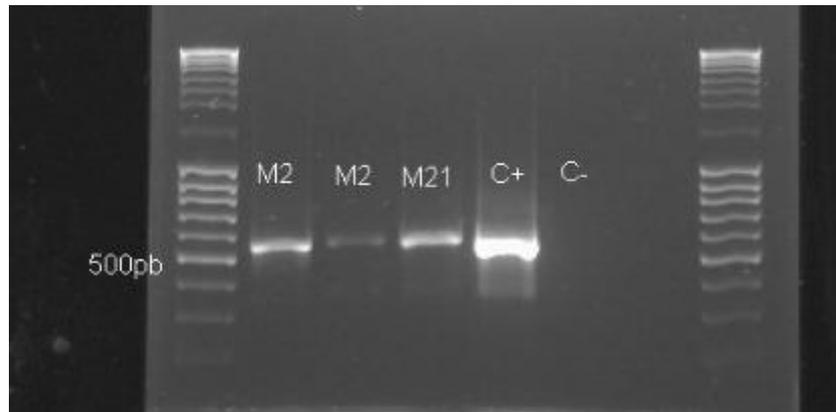


Figura 5

PCR de ADN de huevecillos positivos a *B. procyonis*



A pesar de ser una muestra pequeña, esta prevalencia de casi el 50 % es de gran relevancia puesto que los trabajadores del MINAE y de centros de rescate que manipulan estos animales son parte de la población de riesgo para la enfermedad. El hecho de que la mitad de los animales muestreados presentaran gran abundancia de huevecillos compatibles con *B. procyonis* aumenta la probabilidad de una posible infección. Dicho resultado demuestra el riesgo existente para la salud pública y al calcular la prevalencia por primera vez en ejemplares cautivos en Costa Rica brinda un panorama más amplio de la situación (French et al., 2020).

Los mapaches negativos provienen de centros en los cuales se cumple con un protocolo de desparasitación. La literatura menciona variedad de antihelmínticos eficaces contra infecciones por *B. procyonis* entre ellos los derivados de los benzimidazoles como el albendazol y el fenbendazol. Dichos medicamentos han sido utilizados en el tratamiento tanto de mapaches y perros como el de humanos. Toucan Rescue Center indicó que se suele utilizar fenbendazol en su protocolo y de hecho el ejemplar muestreado de este lugar resultó negativo al examen coprológico (Heller et al., 2019, Lipton et al., 2023).

Otro aspecto importante es la bioseguridad que maneja el centro de rescate en sus instalaciones y a la hora de manipular a los animales. En estudios como el de Dávila (2014) se muestrearon varios mapaches en cautiverio para la búsqueda de esta enfermedad y todos tuvieron un resultado negativo, por lo que al indagar más se enteraron que el centro tenía un estricto protocolo de bioseguridad y limpieza de los encierros.

En estos mapaches de cautiverio también hubo presencia de otros parásitos gastrointestinales, por ejemplo, un 23 % presentó ooquistes coccidia y 11 % huevecillos de acantocéfalos (anexo 10). En algunos ejemplares también había coinfección con *B. procyonis*, lo cual aumenta el riesgo para los trabajadores de vida silvestre. Las especies de coccidia más común en mapaches son *Eimeria procyonis* y *E. nuttalli*. Luego, la de acantocéfalo es *M. ingens* que al igual que la coccidiosis tiene potencial zoonótico (Sanchez, 2019; Mathison, 2021; Lombardo, 2023).

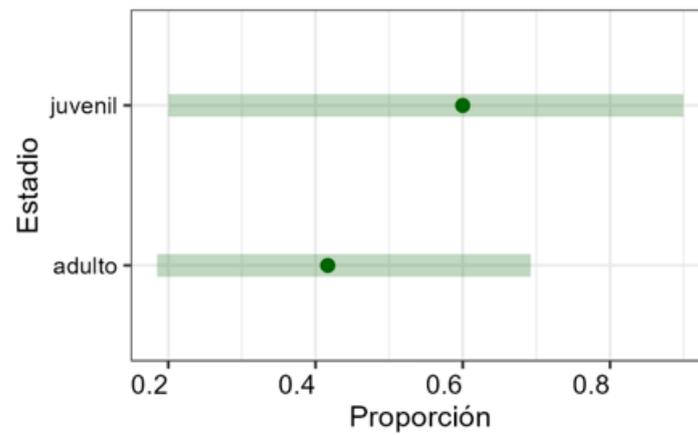
4.3 Relación de la presencia de *B. procyonis* con las variables de etapa de vida y sexo

4.3.1 Etapa de vida

En mapaches de cautiverio se observó que la proporción de casos positivos en mapaches juveniles fue del 60 %, mientras que en mapaches adultos hubo un 42 % (figura 6). Se encontró que la proporción de casos positivos entre los géneros de mapaches era similar (MLG: $X^2 = 0.48$; $p = 0.49$). Mientras que en los mapaches de vida libre se encontró que la proporción de casos positivos en mapaches juveniles alcanzó el 38 %, similar en mapaches adultos fue del 32 % (figura 7). No se encontró una diferencia significativa en la proporción de casos positivos entre juveniles y adultos (MLG: $X^2 = 0.08$; $p = 0.78$).

Figura 6

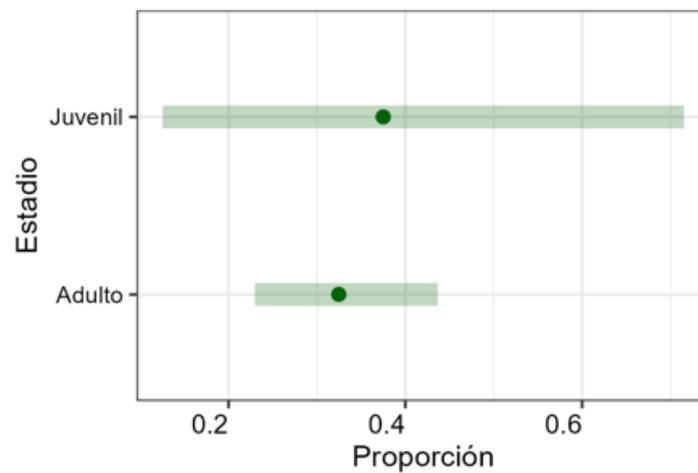
Proporción de casos positivos por estadio en mapaches en cautiverio.



Nota. Punto indica la proporción de caso positivo y las barras verdes los intervalos de confianza al 95 %

Figura 7

Proporción de casos positivos por estadio en mapaches en vida libre.



Nota. Punto indica la proporción de caso positivo y las barras verdes los intervalos de confianza al 95 %

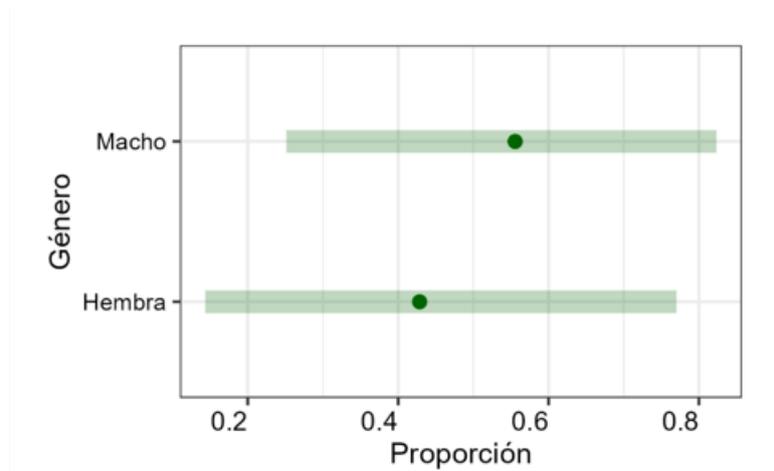
En un estudio similar realizado en Estados Unidos tampoco se encontró una diferencia significativa entre los ejemplares de vida libre y cautiverio que demostrara que hay relación entre la presencia del parásito y la etapa de vida de los mapaches. Los valores de p calculados fueron mayores a 0.05, es decir, que se logra descartar alguna de estas relaciones en los mapaches del GAM, esto se puede relacionar con el dicho estudio, lo que permite tener un panorama más amplio en el manejo de la enfermedad según zona geográfica, es decir que el personal encargado de monitorear estos animales puede tener una mejor toma de decisiones en cuanto al control de estos animales según distintas variables como la edad, el sexo y la estación del año (Straif-Bourgeois et al., 2020).

4.3.2 Sexo

En los ejemplares de cautiverio la proporción de casos positivos en hembras fue 43 %, mientras que en machos 55 % (figura 8). No se encontró una diferencia significativa en la proporción de casos positivos entre géneros (MLG: $X^2 = 0.25$; $p = 0.61$). En los de vida libre la proporción de casos positivos en hembras fue del 26 %, mientras que en machos fue del 38 % (figura 9). En síntesis, se concluye que no se encontró una diferencia significativa en la proporción de casos positivos entre los géneros (MLG: $X^2 = 1.30$; $p = 0.25$).

Figura 8

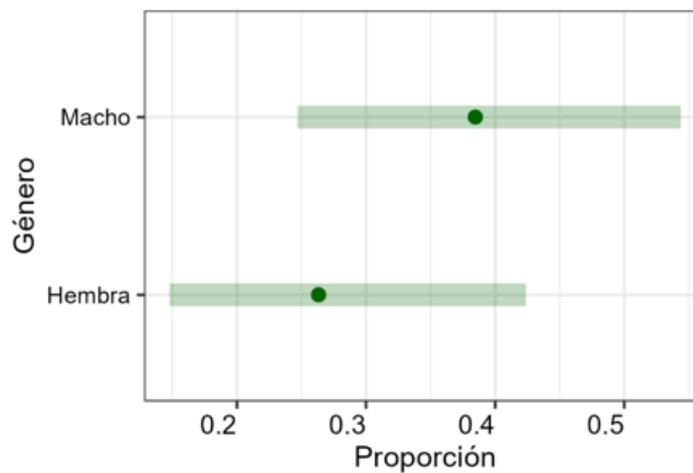
Proporción de casos positivos por género en mapaches en cautiverio.



Nota. Punto indica la proporción de caso positivo y las barras verdes los intervalos de confianza al 95 %.

Figura 9

Proporción de casos positivos por género en mapaches en vida libre.



Nota. Punto indica la proporción de caso positivo y las barras verdes los intervalos de confianza al 95 %.

De igual manera el estudio realizado por Straif-Bourgeois (2020) coincide con los resultados de este trabajo, puesto que tampoco encontró alguna diferencia significativa entre la presencia de la enfermedad y el sexo de los ejemplares

muestreados. Ese estudio señala que la única variable que influye en la presencia de la enfermedad corresponde a las estaciones del año; sin embargo, para Costa Rica esta variable no aplica; puesto que al estar en el trópico no hay estaciones definidas que influyan en la aparición de mapaches con parasitosis por *B. procyonis*.

La literatura menciona que la mortalidad de la enfermedad es mayor en juveniles; no obstante, con los resultados del presente trabajo se podría pensar que la morbilidad debe ser la misma tanto en adultos como en jóvenes. La enfermedad se puede presentar en ambos grupos por igual, solo que los jóvenes al no tener un sistema inmune tan eficiente suelen acumular una carga parasitaria mayor; dando como resultado el aumento en la mortalidad por obstrucción. El mapache con mayor carga poseía 29 nemátodos adultos y presentaba intususcepción secundaria a la obstrucción (Yeitz et al, 2009; French et al., 2020).

V. CONCLUSIONES

Con el cálculo de esta prevalencia tanto de los ejemplares de vida libre como los de cautiverio, se concluye que hay animales portadores del parásito presentes a lo largo del GAM. Los habitantes de estas zonas (principalmente los niños) están predispuestos a una infección por este parásito que podría desencadenar larva migrans en cualquiera de sus tres presentaciones (LMO, LMV, LMN). Los trabajadores que manejan fauna silvestre en diversos centros de rescate del GAM también son una población de riesgo en Costa Rica, debido al constante contacto sin protocolos ideales de higiene y desinfección.

Aunque la literatura mencione que el diagnóstico molecular mediante PCR es la prueba de oro para poder confirmar la presencia de la enfermedad; y a pesar de que se podría llegar a confundir los huevecillos y los parásitos con otras especies de ascaridios, es poco común que no se trate de *B. procyonis*, debido a que esta especie presenta mediciones morfométricas específicas que no son compatibles con otros parásitos similares.

También se concluye que, en Costa Rica, en la zona del GAM, no hay relación entre la presencia de la enfermedad y las variables de etapa de vida y sexo, por lo que los mapaches tienen la misma probabilidad de estar infectados por *B. procyonis*.

VI. RECOMENDACIONES

Bajo los resultados del presente trabajo, la principal recomendación es que las entidades encargadas de la salud pública adviertan de los peligros que pueden representar los mapaches que habitan zonas urbanas donde, principalmente, se han observado cerca de parques municipales, áreas de juegos, hospitales, centros educativos. En dichos espacios se ubican personas menores y vulnerables. Es clave concientizar a la población para que no alimenten a estos animales y aseguren la basura para que estos no puedan tener acceso; con dichas acciones se puede evitar la propagación en diversas zonas del GAM.

De igual manera, es vital cumplir con protocolos de desparasitación profilácticos en los perros domésticos. Dicha especie juega un papel en la transmisión del parásito al ser humano, por tanto, es de gran importancia que los médicos estén capacitados en temas de zoonosis y tomen en cuenta la baylisascariosis como un diagnóstico diferencial a la hora de atender a personas con signos neurológicos. En cada caso se debe tener en cuenta la zona de origen del paciente y su historia.

Finalmente, es relevante que el médico veterinario encargado de estos animales en cautiverio informe a los trabajadores, voluntarios y asistentes sobre las medidas de bioseguridad que se deben tener en cuenta a la hora de manejar estos animales. Además, dichos médicos deben concientizar acerca de los protocolos de bioseguridad para combatir el peligro dado la falta de cumplimiento de estos. Dicha concientización se debe enfocar en grupos poblacionales como los bomberos y los empleados del MINAE encargados de rescatar y reubicar a los animales.

Referencias Bibliográficas

- Almeida, N., y Rouquayrol, M. (2008). *Introducción a la Epidemiología*. LILACS. Argentina
- Al-Sabi, M. N. S., Chriél, M., Hansen, M. S. y Enemark, H. L. (2015). Baylisascaris procyonis in wild raccoons (Procyon lotor) in Denmark. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 1, 55-58.
- Anderson RC, Chabaud AG, Willmott S. (2009). Keys to the nematode parasites of vertebrates: archival volume. Wallingford (UK): CAB International; . 463
- Baldi, M., y Walzer, C. (2018). Baylisascaris como giagnóstico diferencial de larva migrans en humanos, Costa Rica. *Revista Médica de La Universidad de Costa Rica*, 12(1), 39–46.
- Baldi, M., Alvarado, G., Smith, S., Santoro, M., Bolaños, N., Jimenez, C., Hutter, S., y Walzer, C. (2016). Baylisascaris procyonis Parasites in Raccoons, Costa Rica, 2014. *Emergen Infected Disease*, 22(8), 1502–1503.
- Baldi, M., Piche, M., Romero, M., Hutter, S., Montengro, V., y Walzer, C. (2017). Baylisascaris procyonis un nemátodo del mapache urbano, agente zoonótico emergente por considerar como diagnóstico diferencial de larva migrans en Costa Rica. Revisión. *Revista de Ciencias Veterinarias*, 35(1), 33–38.
- Bauer C. Baylisascarirose (Baylisascaris procyonis)--eine seltene parasitäre Zoonose in Europa [Baylisascariosis (Baylisascaris procyonis)--a rare parasitic zoonosis in Europe]. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr*. 2011 Nov-Dec;124(11-12):465-72.

- Cottrel, W., Heagy, R., Johnson, J., Marcantuno, R., y Nolan, T. (2014). Geographic and Temporal Prevalence of *Baylisascaris procyonis* in Raccoons (*Procyon lotor*) in Pennsylvania, USA. *J Wild Disease*, 50(4), 923–927.
- Cristescu B, Elbroch LM, Forrester TD, Allen ML, Spitz DB, Wilmers CC, Wittmer HU. (2022) Standardizing protocols for determining the cause of mortality in wildlife studies. *Ecol Evol*. 12(6)
- CDC. (2019). *Baylisascariasis*. Center for Disease Control and Prevention.
- Chen, Z. (2020). Kit for Purification of Genomic DNA from Small Samples. Biocompare: the buyers guide for scientist.
- Dangoudoubiyam, S., Vemulapalli, R., y Kazacos, K. R. (2009). PCR assays for detection of *Baylisascaris procyonis* eggs and larvae. *Journal of Parasitology*, 95(3), 571-577.
- Dangoudoubiyam, S., Vemulapalli, R., Ndao, M., & Kazacos, K. R. (2011). Recombinant antigen-based enzyme-linked immunosorbent assay for diagnosis of *Baylisascaris procyonis* larva migrans. *Clinical and vaccine immunology : CVI*, 18(10), 1650–1655
- Dávila, M. (2014). *Helminths gastrointestinales de prociónidos en cautiverio de Guatemala* (Tesis de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala)
- Dryden, M. W., Payne, P. A., Ridley, R., y Smith, V. (2005). Comparison of common fecal flotation techniques for the recovery of parasite eggs and oocysts. *Vet Ther*, 6(1), 15-28.
- Dunbar, M., Lu, S., Chin, B., Huh, L., Dobson, S., Al-Rawahi, G., Morshed, M., y Driessche, K. vanden. (2019). *Baylisascariasis: A young boy with neural larva migrans dueto the emerging raccoon round worm*. *Annals of Clinical and TranslationalNeurology*, 6(2), 397–400.

- Duscher GG, Frantz AC, Kuebber-Heiss A, Fuehrer HP, Heddergott M. A potential zoonotic threat: First detection of *Baylisascaris procyonis* in a wild raccoon from Austria. *Transbound Emerg Dis.* 2021 Nov;68(6):3034-3037.
- Franssen, F., Xie, K., Sprong, H., y van der Giessen, J. (2013). Molecular analysis of *Baylisascaris columnaris* revealed mitochondrial and nuclear polymorphisms. *Parasites & vectors*, 6(1), 1-8.
- French, S., Pearl, D., Peregrine, A., y Jardine, C. (2019). *Baylisascaris procyonis* infection in raccoons: A review of demographic and environmental factors influencing parasite carriage. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 100(275), 1–8.
- French, S. K., Pearl, D. L., Shirose, L., Peregrine, A. S., y Jardine, C. M. (2020). Demographic and environmental factors associated with *Baylisascaris procyonis* infection of raccoons (*Procyon lotor*) in Ontario, Canada. *The Journal of Wildlife Diseases*, 56(2), 328-337.
- French, S. K., Pearl, D. L., Shirose, L., Peregrine, A. S., y Jardine, C. M. (2020). Demographic and environmental factors associated with *Baylisascaris procyonis* infection of raccoons (*Procyon lotor*) in Ontario, Canada. *The Journal of Wildlife Diseases*, 56(2), 328-337.
- Gavin PJ, Kazacos KR, Tan TQ, Brinkman WB, Byrd SE, Davis AT, Mets MB, Shulman ST. (2002). Neural larva migrans caused by the raccoon roundworm *Baylisascaris procyonis*. *Pediatr Infect Dis J.* (10):971-5
- Graeff-Teixeira, C., Morassutti, A. L., y Kazacos, K. R. (2016). Update on baylisascariasis, a highly pathogenic zoonotic infection. *Clinical Microbiology Reviews*, 29(2), 375-399.

- Hazlett, M., Cai, H. Y., Sparling, S., y You, Q. (2018). Neurologic Baylisascaris procyonis infection in a young dog. *The Canadian Veterinary Journal*, 59(12), 1325.
- Heller, H. B., Arnold, S., y Dreyfus, J. L. (2019). Baylisascaris procyonis central nervous system infection in a four-month-old Gordon setter dog. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 55(3).
- Hernández, J., Cazapal, C., y Miguelez, S. (2014). Prevención sostenible de zoonosis por ascáridos. *Serie Congresos Alumnos*, 6(4), 150–156.
- IICAB. (2009). *Baylisascariasis*. Institute for International Cooperation in Animal Biologics. Iowa State University. Estados Unidos
- Kazacos, K. R. (2001). Baylisascaris procyonis and related species. Parasitic diseases of wild mammals, 301-341.
- Kazacos, K., Jelicks, L., y Tanowitz, H. (2013). Baylisascaris procyonis Larva migrans. *Handbook of Clinical Neurology*, 251–262.
- Lipton, B. A., Oltean, H. N., Capron, R. B., Hamlet, A., Montgomery, S. P., Chancey, R. J., ... y Steffl, K. E. (2023). Baylisascaris procyonis Roundworm Infection in Child with Autism Spectrum Disorder, Washington, USA, 2022. *Emerging Infectious Diseases*, 29(6), 1232.
- Lombardo, A., Brocherel, G., Donnini, C., Fichi, G., Mariacher, A., Diaconu, E. L., ... y De Liberato, C. (2022). First report of the zoonotic nematode Baylisascaris procyonis in non-native raccoons (Procyon lotor) from Italy. *Parasites & Vectors*, 15(1), 1-5.
- Lombardo, A., Diano, M., Brocherel, G., Palmerini, L., Giovannini, S., Mezher, Z., ... y Fichi, G. (2023). Detection of Endoparasites in Non-Native Raccoons from Central Italy. *Veterinary Sciences*, 10(2), 171.

- Louis, M., Minter, L., Flowers, J., Stoskopf, M. y Stoskopf, S. (2020). Raccoon roundworm prevalence (*Baylisascaris procyonis*) at the North Carolina Zoo, USA. *PeerJ*, 8, 9426.
- Luniak, M. Synurbization. (2004). Adaptation of animal wildlife to urban development. Proceedings 4th International Urban Wildlife Symposium.
- Mathison, B. A., Mehta, N., y Couturier, M. R. (2021). Human acanthocephaliasis: A thorn in the side of parasite diagnostics. *Journal of Clinical Microbiology*, 59(11), 10-1128.
- MIVAH. (2013). Distribución politico administrativa y limites Plan GAM-2013. Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos.
- McDougald, L. R. (2020). Internal parasites. *Diseases of poultry*, 1157-1191.
- Overstreet RM. *Baylisascaris procyonis* (Stefanski and Zarnowski, 1951) (1970) from the kinkajou, *Potos flavus*, in Colombia. *J Parasitol.* 37:192–5.
- Page LK, Anchor C, Luy E, Kron S, Larson G, Madsen L, Kellner K, Smyser TJ. (2009). Backyard raccoon latrines and risk for *Baylisascaris procyonis* transmission to humans. *Emerg Infect Dis.* (9):1530-1
- Parsons, A. W., Simons, T. R., O'Connell, A. F., y Stoskopf, M. K. (2013). Demographics, diet, movements, and survival of an isolated, unmanaged raccoon *Procyon lotor* (Procyonidae, Carnivora) population on the Outer Banks of North Carolina. *Mammalia*, 77(1).
- Pope, T., Killam, A., Cavazos, V., Henke, S., Wester, D., Peroto, H., y Hilton, C. (2021). Raccoon roundworm as an occupational hazard to caregivers of captive wildlife. *Journal of Wildlife Rehabilitation*, 41(1), 7–14.
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

- Rainwater KL, Marchese K, Slavinski S, Humberg LA, Dubovi EJ, Jarvis JA, McAloose D, Calle PP. Health survey of free-ranging raccoons (*Procyon lotor*) in central park, new york, new york, usa: implications for human and domestic animal health. *J Wildl Dis.* 2017 Apr;53(2):272-284.
- Ramírez, M., Artavia, I., y Piedra, L. (2012). Permanencia de mapaches (*Procyon lotor*, Carnivora: Procyonidae) en Cartago, Costa Rica: análisis de la relación fauna silvestre-comunidad urbana. *BRENESIA*, 738, 35–37.
- Rendón-Macías, M., Villasís, M. y Miranda, M. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 63(4), 397-407.
- Rentería, Z., Birka, S., Schmaschke, R, Krol, N., y Obirgale, A. (2018). First detection of *Baylisascaris procyonis* in wild raccoons (*Procyon lotor*) from Leipzig, Saxony, Eastern Germany. *Parasitology Research*, 117, 3289–3292.
- Sanchez, K. (2019). Composición de parásitos presentes en poblaciones de mapaches (*Procyon lotor*, Carnivora: Procyonidae) del GAM: recomendaciones para su manejo (Tesis de grado, Universidad Nacional de Costa Rica).
- Sapp, S.G. (2018). *Baylisascaris procyonis* infection dynamics and transmission among wildlife, domestic animal, and human hosts.
- Sapp, S., Elsemore, D., Hanna, R., y Yabsley, M. (2020). Experimental comparison of *Baylisascaris procyonis* definitive host competence between domestic dogs and raccoons (*Procyon lotor*). *Parasitology*, 1–23.
- Sircar, A.D., Abanyie, F.A., Blumberg, D.A., Chin-Hong, P.V., Coulter, K.S., Cunningham, D.J., Huskins, W.C., Langelier, C.R., Reid, M.J., Scott, B.J., Shirley, D.T., Babik, J.M., Belova, A., Sapp, S.G., Mcauliffe, I., Rivera, H.N., Yabsley, M.J., & Montgomery, S.P. (2016). Raccoon Roundworm Infection Associated with Central Nervous System Disease and Ocular Disease - Six

States, 2013-2015. MMWR. Morbidity and mortality weekly report, 65 35, 930-3

Straif-Bourgeois, S., Cloherty, E., Balsamo, G., Gee, L., y Riegel, C. (2020). Prevalence of *Baylisascaris procyonis* in raccoons trapped in New Orleans, Louisiana, 2014–2017. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 20(1), 22-26

Wise ME, Sorvillo FJ, Shafir SC, Ash LR, Berlin OG. Severe and fatal central nervous system disease in humans caused by *Baylisascaris procyonis*, the common roundworm of raccoons: a review of current literature. *Microbes Infect.* 2005 Feb;7(2):317-23

Yeitz, J. L., Gillin, C. M., Bildfell, R. J., y DeBess, E. E. (2009). Prevalence of *Baylisascaris procyonis* in raccoons (*Procyon lotor*) in Portland, Oregon, USA. *Journal of wildlife diseases*, 45(1), 14-18.

Zeveloff, S. I. (2002). *Raccoons: a natural history*. UBC Press.

Anexo 3

Realización de flotación de Sheather como prueba coprológica para detección de huevecillos



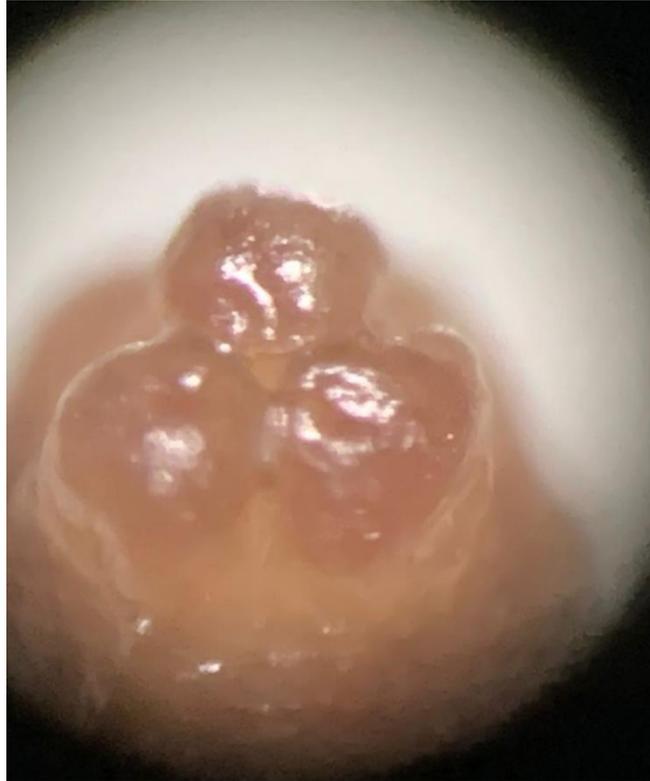
Anexo 4

Mapache de vida libre en mesa de necropsia y disección de sistema gastrointestinal



Anexo 5

Porción posterior trilabiada



Anexo 6

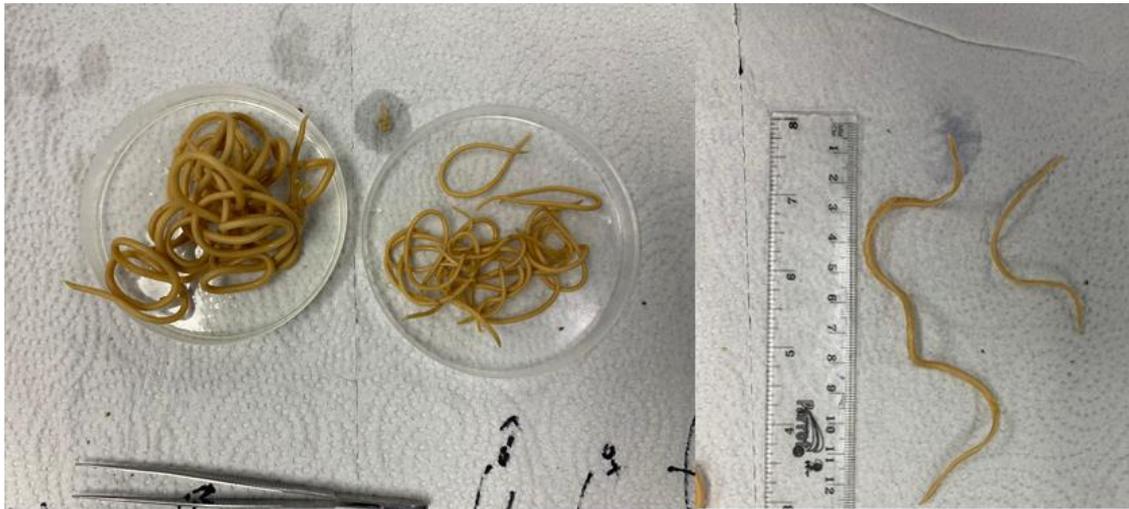
Kit de extracción de ADN



Fuente: Chen, 2020

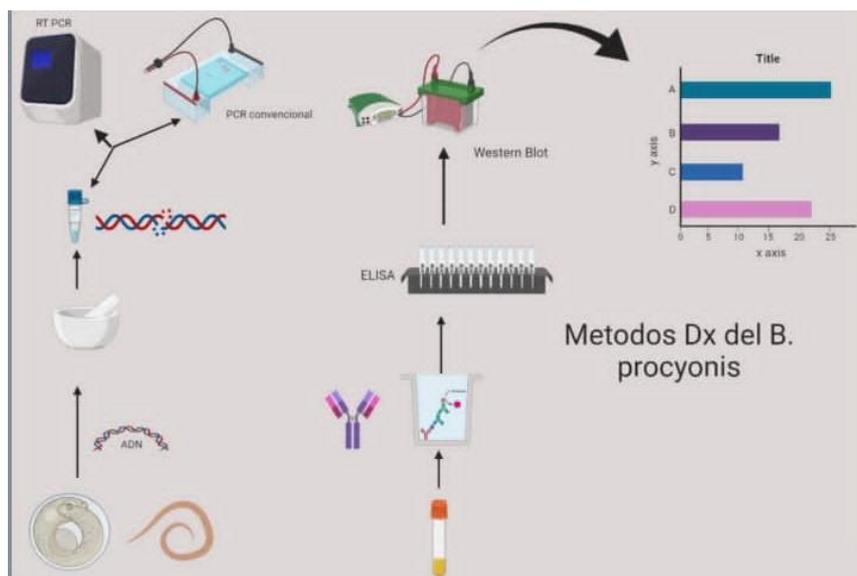
Anexo 7

Medición y clasificación de parásitos machos y hembras



Anexo 8

Técnicas diagnósticas para *Bailysascaris procyonis*



Anexo 9

Acantocéfalos recolectados en un ejemplar durante la necropsia

**Anexo 10**

Ooquistes de coccidia y huevecillos de acantocéfalos en flotación de Sheather vistos a 40x



Anexo 11

Intususcepción en intestino delgado secundario a obstrucción por parasitosis



**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO Y MANEJO DE LOS TRABAJOS FINALES DE
GRADUACIÓN
UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL**

Atenas,

Señores

Vicerrectoría de Investigación

Sistema Integrado de Bibliotecas y Recursos Digitales

Estimados señores:

Nombre de sustentante	Cédula
Carlos Fabián Fernández Mora	117140444

Nosotros en calidad de autores del trabajo de graduación titulado:

Prevalencia del nemátodo *Baylisascaris procyonis* y su relación con las variables de etapa de vida y sexo en mapaches (*Procyon lotor*) de cautiverio y vida libre del Gran Area Metropolitana de Costa Rica

El cual se presenta bajo la modalidad de:

Seminario de Graduación

Proyecto de Graduación

Tesis de Graduación

Presentado en la fecha 21/09/2023x, autorizamos a la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, para que nuestro trabajo pueda ser manejado de la siguiente manera:

Autorizamos	
Conservación de ejemplares para préstamo y consulta física en biblioteca	X
Inclusión en el catálogo digital del SIBIREDI (Cita catalográfica)	X
Comunicación y divulgación a través del Repositorio Institucional	X
Resumen (Describe en forma breve el contenido del documento)	X
Consulta electrónica con texto protegido	X
Descarga electrónica del documento en texto completo protegido	X
Inclusión en bases de datos y sitios web que se encuentren en convenio con la Universidad Técnica Nacional contando con las mismas condiciones y limitaciones aquí establecidas.	X

Por otra parte, declaramos que el trabajo que aquí presentamos es de plena autoría, es un esfuerzo realizado de forma conjunta, académica e intelectual con plenos elementos de originalidad y creatividad. Garantizamos que no contiene citas, ni transcripciones de forma indebida que puedan devenir en plagio, pues se ha utilizado la normativa vigente de la American Psychological Association (APA). Las citas y transcripciones utilizadas se realizan en el marco de respeto a las obras de terceros. La responsabilidad directa en el diseño y presentación son de competencia exclusiva, por tanto, se exime de toda responsabilidad a la Universidad Técnica Nacional.

Conscientes de que las autorizaciones no reprimen nuestros derechos patrimoniales como autores del trabajo. Confiamos en que la Universidad Técnica Nacional respete y haga respetar nuestros derechos de propiedad intelectual.

Nombre del estudiante	Cédula	Firma
Carlos Fabián Fernández Mora	117140444	

Día: _____

