



Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas



Diversidad de helmintos parásitos de *Rattus rattus* presentes en entornos urbanos, rurales y silvestres de Chile

Seminario de Título presentado a la
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Para optar al título de Biólogo

Carolina Alejandra Garcés Tapia

Concepción, Noviembre de 2022



Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.



Prof. Guía

Dra. Lucila Moreno Salas

Prof. Evaluadores

Dr. Carlos Landaeta-Aqueveque

Dr. Ítalo Fernández

Prof. Coordinador Seminario de Título

Dr. Víctor Hernández Santander

Concepción, Noviembre de 2022

AGRADECIMIENTOS

Proyectos Fondecyt 11150875 y 11170294. A la Dra. Lucila Moreno por las correcciones del escrito y apoyo durante mi formación académica. Al Dr. Carlos Landaeta-Aqueveque y al Dr. Ítalo Fernández por ser parte de esta comisión evaluadora, por su buena disposición y tiempo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
HIPÓTESIS.....	13
OBJETIVO GENERAL.....	13
Objetivos específicos.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
Localidades y muestras.....	14
Técnica de Necropsia.....	16
Identificación de endoparásitos.....	16
Estimación de prevalencia, abundancia e intensidad de infección.....	16
Estimación de la diversidad y composición de la helmintofauna.....	17
Calificación de acuerdo con el tipo de ciclo de vida del helminto parásito.....	17
RESULTADOS.....	18
DISCUSIÓN.....	30
CONCLUSIONES.....	35
BIBLIOGRAFÍA.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Helmintos parásitos colectados en <i>Rattus rattus</i> en este estudio. A: macho completo de <i>Syphacia</i> sp. (40x). B: macho, detalle de los mamelones de <i>Syphacia</i> sp. (flechas) (100x). C: hembra completa de <i>Syphacia</i> sp. (40x). D: Huevos de <i>Syphacia</i> sp. (100x). E: macho, detalle papilas pedunculadas de <i>Physaloptera</i> sp. F: hembra completa de <i>Nippostrongylus brasiliensis</i> (40x). G: macho, extremo posterior (bursa copulatrix) de <i>N. brasiliensis</i> (100x). H: hembra, detalle vulva de <i>Heterakis spumosa</i> (flecha) (100x). I: macho, extremo posterior de <i>H. spumosa</i> (100x). J: Extremo anterior de <i>Protospirura</i> sp. (100x). K: Cápsula bucal de <i>Pterygodermatites</i> sp. (100x). L: Detalle espinas de <i>Pterygodermatites</i> sp.(flechas) (100x). M: Escólex y ventosas de Anoplocephalidae (flecha) (100x). N: Rostelo sin ganchos y ventosas de <i>Hymenolepis diminuta</i> (100x), Ñ: Rostelo con ganchos y ventosas de Hymenolepididae (flecha) (100x).	19
Figura 2. Índices de Shannon para comparación de riqueza de diversidad de especies.....	26
Figura 3. Dendrograma de similitud entre grupos mediante índice Bray Curtis.....	28
Figura 4. Medida de escalamiento multidimensional basado en índice de similitud de Bray Curtis para determinar similitud de la composición.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Localidad y número de ejemplares de <i>Rattus rattus</i> muestreados a lo largo de Chile, indicando el número de roedores, tipo de localidad (urbana, rural o silvestre) y coordenadas geográficas.	14
Tabla 2. Endoparásitos de <i>Rattus rattus</i> colectados en este estudio de distintas localidades de Chile.....	20
Tabla 3. Listado de especies de parásitos según localidad con sus respectivos valores de prevalencia (en porcentaje), intensidad media, abundancia (todos ellos con sus intervalos de confianza al 95%). *no pudo ser calculado.....	22
Tabla 4. Especies parásitas y prevalencia de cada zona. Se utilizó la prueba exacta de Fisher para calcular los valores de p comparando zona rural y silvestre.....	24
Tabla 5. Descriptores cuantitativos por zona urbana, rural y silvestre.....	25
Tabla 6. Análisis de diversidad beta entre cada una de las zonas con el índice de Whittaker	27
Tabla 7. Análisis Pairwise con índice de Bray Curtis posterior a ANOSIM para observar diferencias en la similitud de la composición.....	27
Tabla 8. Ciclos de vida de los helmintos parásitos para cada especie encontrada.....	30

RESUMEN

Rattus rattus es una especie invasora y sinantrópica, vinculada estrechamente a las condiciones de vida del humano, y alberga una gran diversidad de endoparásitos, donde algunas especies representan un riesgo para la salud pública. Este roedor es capaz de habitar zonas urbanas, rurales e incluso silvestres, transportando los parásitos desde un ambiente a otro y también adquiriendo otros parásitos. Esto produce diferencias en las especies parásitas presentes en los distintos ambientes. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la abundancia, prevalencia, intensidad, diversidad y composición de helmintos gastrointestinales presentes en *R. rattus* procedentes desde zonas urbanas, rurales y silvestres en Chile. Para esto se muestrearon 23 localidades, entre las regiones de Coquimbo y los Ríos, desde las cuales se obtuvo 77 ejemplares de *R. rattus*. A cada uno de ellos se les realizó una necropsia y una vez aislados los parásitos, se procedió a la identificación morfológica. Se calcularon los descriptores parasitarios de prevalencia, abundancia e intensidad media. Se realizaron análisis de diversidad alfa con el índice de Shannon-Wiener y Margalef y de diversidad beta con el índice de Whittaker. Se analizó la composición mediante Cluster, nMDS y ANOSIM con índice de Bray Curtis. Se encontró un total de 13 morfoespecies, de las cuales, ocho fueron nemátodos y cinco cestodos. El 63,6% de los ejemplares analizados fue positivo a, al menos, un parásito. La prevalencia, abundancia e intensidad medias fueron superiores en las zonas rurales, pero no se encontró diferencia entre estos parámetros entre la zona urbana y silvestre. El 69% de los parásitos identificados fueron de ciclo de vida indirecto. La zona con mayor diversidad de parásitos fue la urbana, seguida de la rural y la silvestre. La composición de la comunidad de parásitos no varió con respecto a las zonas. Se reporta la novedosa presencia de Anoplocephalidae en *R. rattus*. Se registra la presencia de *Syphacia* sp., *Gongylonema* sp., Capillariidae y algunas especies de la familia Hymenolepididae, como especies de importancia zoonótica.

Palabras claves: helminto, roedores, sinantrópico, zona rural.

ABSTRACT

Rattus rattus is an invasive and synanthropic species, closely associated with human living conditions, and hosts a great diversity of endoparasites, where some species represent a risk to public health. This rodent is able of inhabiting urban, rural and wild areas, carrying parasites from one environment to another and acquiring other parasites. This results in differences in the parasitic species present in different environments. The aim of this study was to evaluate the abundance, prevalence, intensity, diversity, and composition of gastrointestinal helminths present in *R. rattus* in urban, rural, and wild areas in Chile. For this purpose, 23 localities were sampled, between the Coquimbo and Los Ríos regions, from which 77 specimens of *R. rattus* were obtained. A necropsy was performed on each of them, and once the parasites were isolated, morphological identification was performed. Parasitic descriptors of prevalence, abundance, and mean intensity were calculated. Alpha diversity was calculated with the Shannon-Wiener and Margalef index and beta diversity with the Whittaker index. Composition was analyzed by Cluster, nMDS, and ANOSIM with Bray Curtis index. A total of 13 species were found, of which eight were nematodes and five cestodes. Of the rodents analyzed, 63.6% were positive for at least one parasite. Most of the species (9) found were of an indirect life cycle. The prevalence, abundance, and mean intensity were higher in rural areas, but no difference was found between these parameters between urban and wild areas. The area with the highest diversity of parasites was the urban area, followed by the rural and the wild. The composition of the parasite community did not vary with respect to the zones. A novel presence of Anoplocephalidae in *R. rattus* is reported. The presence of *Syphacia* sp., *Gongylonema* sp., Capillariidae, and some species of the Hymenolepididae family is reported, species of zoonotic importance, is recorded.

Keywords: helminth, rodent, synanthropic, rural zone.

INTRODUCCIÓN

La rata negra (*Rattus rattus*) (Rodentia: Muridae) es una especie ampliamente distribuida a nivel mundial y capaz de habitar una gran diversidad de hábitats, como bosques, matorrales, pastizales, humedales y áreas modificadas por el humano (IUCN, 2021). *Rattus rattus* es una especie territorial e invasora, presenta una dieta omnívora, y comportamiento oportunista, lo que le permite utilizar los recursos de desperdicio humano como fuente de alimentación (Traweger et al., 2006; Coto, 2015). Posee habilidades depredadoras superiores a su congénere *Rattus norvegicus*, por lo que se establece mejor en ecosistemas naturales, teniendo la capacidad para reemplazar especies nativas (Coto, 2015), contribuyendo a la extinción de muchas especies de vida silvestre (Álvarez-Romero & Medellín, 2005). Es considerada una especie sinantrópica, es decir, es capaz de vivir con el ser humano sin ser domesticada, aprovechando los cambios en los ecosistemas locales (y con ello apertura a nuevos nichos) producto de la modificación del ser humano al ecosistema (McKinney, 2006).

Su distribución original corresponde al área Indo-Asiática. Desde allí se ha distribuido alrededor del mundo siguiendo rutas comerciales, mediante campañas de conquista, ejércitos, barcos, etc., llegando a Europa durante las cruzadas (siglo XIII) (Coto, 1997; Lobos et al., 2005). A Chile, *R. rattus*, habrían llegado con los conquistadores españoles en el siglo XVII, representando una de las especies invasoras más antiguas (Lobos et al., 2005).

Las condiciones estables del ambiente antropizado, propician el establecimiento de parásitos dentro de las especies comensales del ser humano (Bradley & Altizer, 2007). Los parásitos son un conjunto de especies que tienen la capacidad de existir dentro y fuera de otros organismos, con el propósito de encontrar en ellos el sustento vital, que puede incluir o no patogenicidad (Bautista-Hernández et al. 2013). Existe una visión negativa de los parásitos, los cuales frecuentemente se

busca eliminar, sin embargo, existe en ellos un gran valor ecológico, por ejemplo, como reguladores de poblaciones (Bautista-Hernández et al., 2013).

Dentro de los parásitos, existen los helmintos, denominados de esa manera por la etimología griega de gusano. Estos animales son endoparásitos, e infestan a su hospedador entrando a su organismo y desarrollando todo o parte de su ciclo de vida dentro del cuerpo del hospedador (Dujardin, 1845). Los grupos generalmente más relevantes dentro de la denominada helmintofauna son: trematodos, cestodos y nemátodos, todos comparten la característica de ser animales de cuerpo blando y alargado (Dujardin, 1845). Los trematodos y cestodos pertenecen al filo Platyhelminthes y al subfilo Neodermata, mientras que los nemátodos forman un filo completo: Nematoda (Maddison et al., 2007). La helmintofauna existe antes que los vertebrados, y han evolucionado a formas parasitarias junto a la evolución de sus hospedadores (Rodríguez-Diego et al., 2018).

Factores asociados a la presencia de helmintos parásitos

La prevalencia de los parásitos puede cambiar respecto a las zonas en las que se encuentre el hospedador, por ejemplo, en un estudio sobre la fauna de helmintos de *R. rattus* en ambientes urbanos, intermedios (suburbano) y rurales del sur de Brasil, se observó una mayor prevalencia en el área intermedia, seguida del área rural y el área urbana, donde *Syphacia obvelata* fue el parásito más prevalente en áreas urbanas e intermedias, mientras que *Hymenolepis diminuta* tuvo mayor prevalencia en áreas rurales (de Araujo et al., 2014).

Añadiendo a lo anterior, diferentes especies pueden tener éxito en un ambiente, más que en otro. Por ejemplo, en un estudio realizado en Pakistán Occidental, donde se analizó la identidad e incidencia de helmintos intestinales de *R. rattus* en zonas urbanas y rurales, se encontró una mayor diversidad e incidencia de helmintos en ratas urbanas que en las ratas rurales (Buscher & Haley, 1971). En este mismo estudio, el nemátodo *Protospiruris muris* fue el más común en ratas

urbanas, mientras que el cestodo *H. diminuta* se presentó con mayor frecuencia en ratas rurales y el nemátodo *Aspicularis pakistanica* fue más frecuente en ratas silvestres (Buscher & Haley, 1971). También, se han encontrado diferencias respecto al tipo de endoparásito y zona de captura de *R. rattus*, donde fueron más frecuentes los nemátodos y cestodos en ratas rurales, suburbanas y de granja a diferencia de los trematodos que eran escasos en estas mismas zonas (Franssen et al., 2016). Respecto a las diferencias mencionadas anteriormente, se plantea que el aumento en la abundancia y riqueza de endoparásitos en la zona rural puede ser porque en este tipo de ambiente hay mayor exposición de parásitos, debido a que hay mayor densidad y diversidad de hospedadores, facilitado por una mayor presencia de alimentos y refugio (Buscher & Haley, 1971; de Araujo et al., 2014; Franssen et al., 2016; Hancke, 2016).

El tipo de ciclo de vida que tengan los parásitos también podría influir en la composición de especies presentes en las distintas zonas donde se encuentra *R. rattus*. Los parásitos pueden presentar, tanto ciclo de vida directo como indirecto, siendo el primero un tipo de forma de parasitismo en el que el parásito solo requiere la presencia de una especie hospedadora, mientras que, en el ciclo de vida indirecto, se requiere un hospedador definitivo y al menos uno intermedio para que el endoparásito pueda completar todos los estadios desde huevo hasta adultez y posterior reproducción (Smyth, 1994). Los parásitos con ciclos de vida simples y directos pueden tener más posibilidades de seguir la dispersión de sus hospedadores que los parásitos con ciclos de vida indirectos que necesitan encontrar, en la nueva localidad, un hospedador intermediario o definitivo para completar su desarrollo (Bellocq et al., 2003).

Debido a que *R. rattus* es capaz de habitar distintos tipos de ambientes, entre ellos el silvestre, podría estar traspasando parásitos invasores a la fauna nativa y a su vez, traspasando nuevos endoparásitos nativos a las zonas urbanas (Sandoval et al., 2003). También es importante considerar que *R. rattus* en la zona urbana es el

principal reservorio de especies de helmintos zoonóticos, problemática que podría llegar a ser importante en salud pública (Hancke, 2016).

En Chile, existen diferencias sustanciales entre las zonas urbana, rural y silvestre, la principal diferencia tiene relación con la densidad poblacional, donde la zona rural presenta una densidad inferior a 150 habitantes por kilómetro cuadrado. Por norma, la zona silvestre a su vez no cuenta con población humana viviendo de manera activa en el lugar (MINVU et al., 2020). Por lo tanto, en la zona urbana y rural, y dependiendo de la densidad habrá disponibilidad de alimento y refugio para *R. rattus* (Gómez, 2003). La zona silvestre puede otorgar refugio y alimento de igual manera, ya que *R. rattus* está altamente capacitado para ser un cazador eficaz y recolector de semillas y frutos (Coto, 2015). Sin embargo, las densidades de *R. rattus* en zonas silvestres registradas en Chile son bajas (Lobos et al., 2005).

Debido a las diferencias en las características del hábitat anteriormente expuestas, se espera que la zona rural, intermedia entre lo urbano y silvestre, posea mayor diversidad, riqueza y abundancia de helmintofauna, explicado por la mayor cantidad de cobertura vegetal que permita el desarrollo de distintos helmintos, intercalada con áreas de alimentación para *R. rattus*, zonas con agua, y zonas de anidación como los techos en casas rurales, además de la presencia de otras especies de roedores. También se espera que la mayoría de los helmintos endoparásitos de *R. rattus* presenten ciclo de vida directo, especialmente en zonas con baja diversidad de especies en general (como las zonas urbanizadas) (Smith et al, 2015; Alfieri & Anderson, 2019), lo que dificultaría encontrar hospedadores intermediarios que sirvan para completar el ciclo de vida indirecto de un parásito. Es por eso, que en la zona urbana existiría mayor número de parásitos de ciclo de vida directo, mientras que en la zona silvestre existiría una menor diferencia entre número de parásitos de ciclo de vida directo y ciclo de vida indirecto.

HIPÓTESIS

H1: Debido a que las zonas rurales presentan características del hábitat que propician la presencia de roedores, las ratas de las zonas rurales presentan mayor prevalencia, abundancia y diversidad de la helmintofauna gastrointestinal que las presentes en zonas urbanas y silvestres.

H2: Producto de la baja biodiversidad y por lo tanto baja disponibilidad de hospedadores intermediarios en zonas urbanizadas, la presencia de helmintos endoparásitos con ciclo de vida directo es mayor en las zonas urbanas, mientras que los ciclos de vida indirecto son más frecuentes en las zonas pobremente urbanizadas.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la helmintofauna gastrointestinal presente en *R. rattus* a través de zonas urbanas, rurales y silvestres en Chile.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la helmintofauna gastrointestinal presente en *R. rattus*.
2. Estimar la prevalencia, abundancia e intensidad de la helmintofauna gastrointestinal de *R. rattus* a través de las zonas urbanas, rurales y silvestres.
3. Evaluar la diversidad, riqueza y composición de la helmintofauna gastrointestinal de *R. rattus* entre las zonas urbanas, rurales y silvestres de Chile.
4. Asociar el ciclo de vida de cada especie de helminto gastrointestinal de *R. rattus* con las zonas muestreadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades de muestreo

Para la realización de esta investigación se utilizaron las muestras de endoparásitos recolectadas durante el desarrollo de los proyectos Fondecyt de Iniciación 11150875 y 11170294. En estos proyectos se realizó un extenso muestreo (20° 13' 50,53" S, 70° 8' 8,41" O a 40°11' 39,19"S 73°26' 2,44"O) que comprendió 23 localidades entre las regiones de Tarapacá y de los Ríos (Tabla 1), donde *R. rattus* estuvo presente en 11 de ellas. Las localidades fueron clasificadas en urbanas (ciudades), rurales (pueblos) y silvestres (áreas protegidas por CONAF) (INE, 2015).

Tabla 1. Localidades y números de ejemplares de *Rattus rattus* muestreados a lo largo de Chile, indicando el tipo de localidad (urbana, rural o silvestre) y coordenadas geográficas.

Localidad	Tipo de localidad	Número de roedores	Coordenada geográfica
Iquique	Urbana	2	20° 13' 50,53" S 70° 8' 8,41" O
R.N. Pampa del Tamarugal	Silvestre	10	20° 28' 14,03" S 69° 40' 25,16" O
El Morai	Silvestre	3	30° 34' 3,5" S 71° 38' 40,5" O
Sotaquí	Rural	6	30° 38' 10,67" S 71° 7' 2,33" O
Monte Patria	Urbana	5	30° 41' 29,92" S 70° 57' 39,94" O
Canela Baja	Rural	1	31° 23' 56" S 71° 27' 22" O
Illapel	Urbana	14	31° 37' 50,88" S 71° 9' 55,08" O
R.N. La Campana	Silvestre	20	32° 57' 17,15" S 71° 4' 39,21" O

Til-Til	Urbana	3	33° 5' 2,01" S 70° 55' 40,74" O
Huertos familiares	Rural	2	33° 8' 12,45" S 70° 48' 4,82" O
Santa Cruz	Urbana	5	34° 37' 56,72" S 71° 21' 33,16" O
Lolol	Rural	1	34° 43' 42,3" S 71° 38' 44,97" O
R.N. Laguna Torca	Silvestre	2	34° 46' 11,75" S 72° 3' 38,43" O
Cobquecura	Rural	1	36° 8' 19,02" S 72° 47' 40,28" O
Quirihue	Urbana	77	36° 16' 43,73" S 72° 32' 32,91" O
Celulosa Arauco	Rural	9	36° 39' 37,73" S 72° 28' 12,03" O
Cancha El Álamo	Rural	14	36° 40' 8,4" S 71° 55' 29,9" O
Talcahuano	Urbana	1	36° 43' 29,22" S 73° 7' 1,13" O
Florida	Rural	16	36° 49' 25,64" S 72° 40' 6,5" O
Concepción	Urbana	16	36° 49' 12,49" S 73° 2' 39,81" O
R.N. Nonguén	Silvestre	24	36° 49' 41,26" S 73° 0' 19,47" O
El Carmen	Rural	2	36° 53' 51,58" S 72° 01' 30,46" O
Coronel	Urbana	2	37° 2' 2,68" S 73° 8' 25,74" O
Arauco	Urbana	1	37° 14' 44,8" S 73° 18' 59,99" O
Sector Collico, carretera	Rural	4	38° 41' 59,84" S 73° 18' 56,23" W
Camino Carahue	Rural	9	38° 42' 32" S 73° 9' 53" O
Camino Nahuentue	Rural	5	38° 44' 28,52" S 73° 24' 44,49" W
Cabañas Antulafquen	Rural	2	38° 48' 46,45" S 73° 23' 27,26" O

P.N. Alerce Costero	Silvestre	7	40°11' 39,19"S 73°26' 2,44"O
---------------------	-----------	---	---------------------------------

Técnica de Necropsia

El procedimiento consistió en separar el estómago, intestino delgado, intestino grueso y ciego, colocando cada uno en una placa Petri, se cortó por la mitad cada órgano y realizó una revisión preliminar con la lupa. Se raspó con un bisturí cada órgano, el raspado se colocó en un tubo con 15ml de agua destilada, se agitó y dejó reposar 20 minutos. Luego se realizó un conteo con lupa junto a una revisión más detallada a los sedimentos. Los parásitos se preservaron en alcohol al 80%. Para la identificación, a los parásitos se les agregó una gota de glicerol (alcohol 70% y glicerina) y se examinaron en el microscopio.

Identificación de endoparásitos

Después de haber preparado los helmintos, se compararon sus características morfológicas y morfométricas con las distintas claves taxonómicas presentes en libros y publicaciones en revistas científicas. Dentro de las principales claves taxonómicas de endoparásitos se utilizaron textos publicados por Khalil et al. (1994) y Yamaguti (1961). Además, se realizó una búsqueda bibliográfica en Google Scholar utilizando los siguientes términos: helmintofuna, roedores, taxonomía, *Nippostrongylus*, *Syphacia*, *Pterygodermatites* y *Protospirura*. Se utilizaron artículos científicos de Castillo et al. (2016), Falcón-Ordaz et al. (2010), Fitte (2019), Gómez Muñoz (2018), Ribas et al. (2012), Smales et al. (2009), Swain et al. 2016 y Valente (2016).

Estimación de prevalencia, abundancia e intensidad de infección

Se estimó la prevalencia (proporción de roedores infectados de la muestra), abundancia media (número promedio de parásitos examinado por hospedador en una muestra) e intensidad media (número promedio de parásitos encontrados en hospedadores infectados) para cada una de las localidades analizadas y para

cada especie de helminto. Para la prevalencia se calcularon los intervalos de confianza de Clopper-Pearson al 95% de confianza. Para la intensidad y abundancia medias los intervalos de confianza (95%) fueron calculados con la prueba Bootstrap, utilizando 2000 iteraciones. Estos análisis fueron realizados con el programa Quantitative parasitology 3.0 (Reiczigel et al., 2019). Para estudiar la diferencia en la abundancia de la helmintofauna de *R. rattus* se realizó un análisis Pairwise U Mann-Whithney. Para verificar la significancia de la diferencia de prevalencia e intensidad media entre las zonas silvestre y urbana, se realizó una prueba exacta de Fisher y una prueba de T para dos muestras basada en Bootstrap, respectivamente.

Estimación de la diversidad y composición de la helmintofauna

Se realizó un análisis de la diversidad alfa para zona urbana, rural y silvestre. La diversidad alfa se calculó con el índice de Margalef que solo considera el número de especies y con el índice Shannon-Wiener, que además de utilizar el número de especies, utiliza su abundancia proporcional. Para el análisis de composición, se utilizaron índices de similitud entre zonas, así como índices para comparar la diversidad entre zonas (diversidad beta). Para la visualización de la similitud entre zonas, se realizó un cluster “paired groups” (UPGMA) y un análisis escalado no métrico (nMDS), ambos basados en el índice de similitud Bray Curtis. Se realizó un análisis ANOSIM para la obtención de un valor de significancia de la similitud entre zonas. Para el cálculo de la diversidad beta, se realizó un análisis de valores de Whittaker entre grupos. Para cada uno de los análisis ya mencionados, se utilizó el software Past3 (Hammer et al., 2001).

Clasificación de acuerdo con el tipo de ciclo de vida del helminto parásito

Se clasificó cada especie encontrada respecto a su ciclo de vida, para esto se hizo una búsqueda bibliográfica del tipo de ciclo, en donde se consultaron cuatro tesis (Gómez-Muñoz, 2018; Ramírez-Tigrero, 2018; Sánchez, 2013; Valente, 2016), dos libros (Madrid-Valdebenito et al., 2012; Pomroy et al., 2015) y un artículo científico

(Fuentes et al., 2000). Para evaluar las diferencias significativas entre zonas y entre ciclos de vida, se realizó una prueba de Chi cuadrado.

RESULTADOS

De las 23 localidades prospectadas, en 11 de ellas se capturaron *R. rattus* (n=77), de estas, 19 fueron en localidades urbanas, 51 en rurales y siete en silvestres. En el 63,6% (n=49) de las ratas se aisló al menos un parásito. Se recolectó un total de 2945 helmintos parásitos, correspondientes a 13 morfotipos, de estos, tres fueron identificados a nivel especie, siete a nivel género y tres a nivel familia. Ocho especies correspondieron a nemátodos (*Heterakis spumosa*, *Nippostrongylus brasiliensis*, *Syphacia* sp., *Physaloptera* sp., *Pterygodermatires* sp., *Protospirura* sp., *Gongylonema* sp., Capillariidae) y cinco a cestodos (Anoplocephalidae, Hymenolepididae, *Rodentolepis* sp., *Hymenolepis* sp., *Hymenolepis diminuta*) (Tabla 2, Figura 1). De los 13 morfotipos, 10 (76,9%) se encontraron en la zona rural, siete (53,8%) en la zona urbana y dos (15,4%) en la zona silvestre.

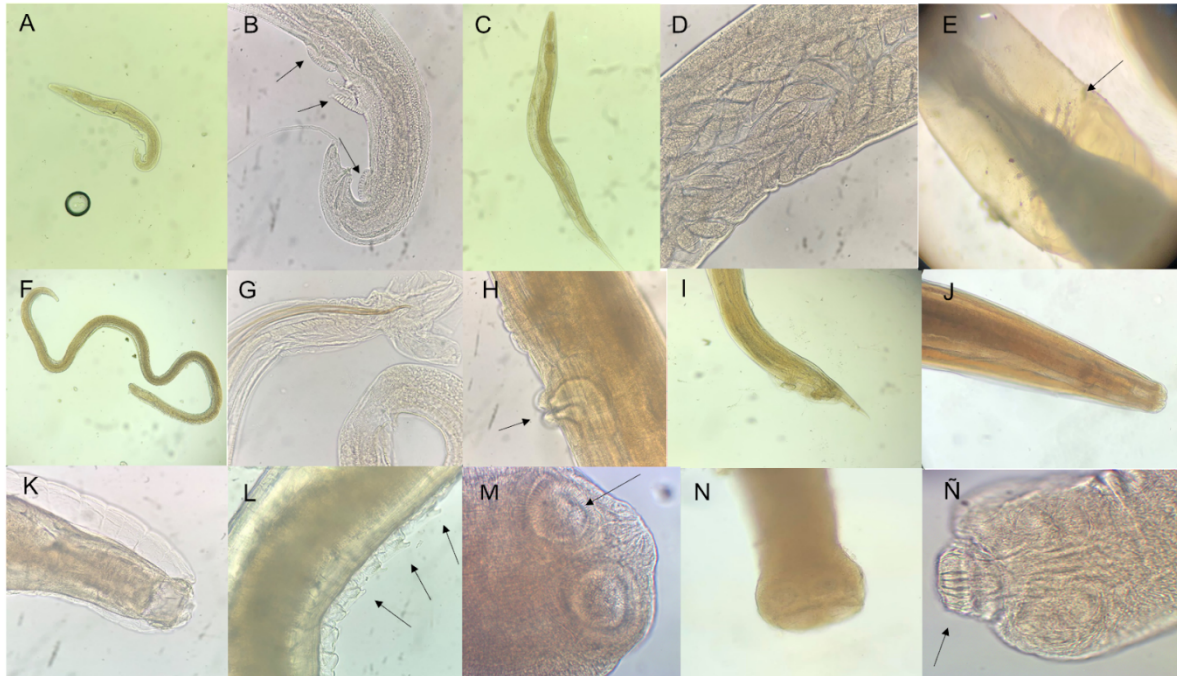


Figura 1. Helmintos parásitos colectados en *Rattus rattus* en este estudio. A: macho completo de *Syphacia* sp. (40x). B: macho, detalle de los mamelones de *Syphacia* sp. (flechas) (100x). C: hembra completa de *Syphacia* sp. (40x). D: Huevos de *Syphacia* sp. (100x). E: macho, detalle papilas pedunculadas de *Physaloptera* sp. F: hembra completa de *Nippostrongylus brasiliensis* (40x). G: macho, extremo posterior (bursa copulatrix) de *N. brasiliensis* (100x). H: hembra, detalle vulva de *Heterakis spumosa* (flecha) (100x). I: macho, extremo posterior de *H. spumosa* (100x). J: Extremo anterior de *Protospirura* sp. (100x). K: Cápsula bucal de *Pterygodermatites* sp. (100x). L: Detalle espinas de *Pterygodermatites* sp.(flechas) (100x). M: Escólex y ventosas de Anoplocephalidae (flecha) (100x). N: Rostelo sin ganchos y ventosas de *Hymenolepis diminuta* (100x), Ñ: Rostelo con ganchos y ventosas de Hymenolepididae (flecha) (100x).

Tabla 2. Endoparásitos gastrointestinales de *Rattus rattus* colectados desde 11 localidades en Chile, indicando el número de roedores analizados, número de roedores positivos y número y especies de helmintos identificados.

Localidades	Tipo de localidad	Número de roedores analizados	Número de roedores positivos	Endoparásitos
Sotaquí	Rural	6	1	1 <i>Physaloptera</i> sp. 1 <i>Syphacia</i> sp.
Monte Patria	Urbana	5	3	1 <i>Physaloptera</i> sp. 1 <i>Protospirura</i> sp. 2 <i>Syphacia</i> sp.
Illapel	Urbana	14	5	5 <i>Heterakis spumosa</i> 1 <i>Physaloptera</i> sp. 2 <i>Hymenolepis</i> sp. 1 <i>Rodentolepis</i> sp. 1 <i>Gongylonema</i> sp.
Celulosa Arauco	Rural	9	8	8 <i>Physaloptera</i> sp. 1 <i>Syphacia</i> sp. 3 <i>Protospirura</i> sp. 1 <i>Pterygodermatites</i> sp. 2 <i>Heterakis spumosa</i> 1 Capillariidae
Cancha El Álamo	Rural	14	10	368 <i>Nippostrongylus brasiliensis</i> 104 <i>Heterakis spumosa</i> 5 <i>Pterygodermatites</i> sp. 8 <i>Physaloptera</i> sp. 13 Hymenolepididae 2 Anoplocephalidae 3 <i>Hymenolepis diminuta</i> 31 <i>Protospirura</i> sp.
El Carmen	Rural	2	2	1 <i>Heterakis spumosa</i> 4 Anoplocephalidae
Sector Collico, carretera	Rural	4	4	146 <i>Syphacia</i> sp. 20 <i>Heterakis spumosa</i> 154 <i>Nippostrongylus brasiliensis</i> 2 <i>Physaloptera</i> sp.

Camino Carahue	Rural	9	7	1412 <i>Syphacia</i> sp. 35 <i>Heterakis spumosa</i> 41 <i>Nippostrongylus brasiliensis</i> 1 <i>Physaloptera</i> sp.
Camino Nahuentue	Rural	5	5	9 <i>Heterakis spumosa</i> 360 <i>Syphacia</i> sp. 28 <i>Nippostrongylus brasiliensis</i> 2 <i>Physaloptera</i> sp.
Cabañas Antulafquen	Rural	2	2	32 <i>Heterakis spumosa</i> 109 <i>Syphacia</i> sp. 5 <i>Physaloptera</i> sp. 13 <i>Nippostrongylus brasiliensis</i>
P. N. Alerce Costero	Silvestre	7	2	3 <i>Pterygodermatites</i> sp. 2 <i>Physaloptera</i> sp.

Prevalencia, abundancia media e intensidad media por especie de parásito

Se encontró mayor prevalencia de *Heterakis spumosa* ($p=0,029$) y *Nippostrongylus brasiliensis* ($p=0,031$) en las zonas rurales, respecto a la urbana y silvestre, para el resto de las especies analizadas no hubo diferencias significativas entre zonas (Tabla 4).

Del análisis de abundancia media particular y de intensidad media para cada especie según localidad, la zona rural presentó valores mayores que las otras dos zonas (Tabla 3). Los parásitos en la zona rural fueron 81 veces más abundantes que las zonas silvestre y urbana, y la intensidad fue 42 veces la presentada en la zona urbana y 30 veces la silvestre. Dieciocho localidades tuvieron 0% de prevalencia, cuatro localidades rurales presentaron prevalencias de 100%: El Carmen, Sector Collico, Camino Nahuentue y Cabaña Antulafquen. La menor prevalencia fue en el Parque Nacional Alerce Costero (zona silvestre) con un 28,6%. En la zona urbana, la mayor prevalencia fue Monte Patria con un 60%. Con respecto a la abundancia media, la zona con mayor abundancia fue Camino

Carahue (rural) mientras que la menor fue en Sotaquí (rural). La zona silvestre también presentó una baja abundancia con un 0,71, valor similar a la zona urbana con 0,8 y 0,71 (Monte Patria e Illapel, respectivamente) (Tabla 3).

Tabla 3. Listado de especies de parásitos según localidad con sus respectivos valores de prevalencia (en porcentaje), intensidad media, abundancia (todos ellos con sus intervalos de confianza al 95%).

Localidad (zona)	Especie parásito	Prevalencia (%)	Intensidad media	Abundancia media
Sotaquí (R)	<i>Physaloptera</i> sp.	16,7 [0,004-0,641]	1*	0,167 [0-0,333]
	<i>Syphacia</i> sp.	16,7 [0,004-0,641]	1*	0,167 [0-0,333]
	Total	16,7	2	0,33
Monte Patria (U)	<i>Physaloptera</i> sp.	20 [0,005-0,716]	1*	0,2 [0-0,4]
	<i>Protospirura</i> sp.	20 [0,005-0,716]	1*	0,2 [0-0,4]
	<i>Syphacia</i> sp.	40 [0,053-0,853]	1*	0,4 [0-0,6]
	Total	60	1,33	0,8
Illapel (U)	<i>Heterakis spumosa</i>	28,6 [0,084-0,581]	1,25 [1-1,5]	0,357 [0,0714-0,714]
	<i>Physaloptera</i> sp.	7,1 [0,002-0,339]	1*	0,0714 [0-0,214]
	Total	35,7	2	0,71
Celulosa Arauco (R)	<i>Physaloptera</i> sp.	66,7 [0,299-0,925]	1,33 [1-1,67]	0,889 [0,333-1,44]
	<i>Syphacia</i> sp.	11,1 [0,003-0,482]	1*	0,111 [0-0,333]
	<i>Protospirura</i> sp.	22,2 [0,028-0,600]	1,5 [1-1,5]	0,333 [0-0,889]
	<i>Pterygodermatites</i> sp.	11,1 [0,003-0,482]	1*	0,111 [0-0,333]
	<i>Heterakis spumosa</i>	22,2 [0,028-0,600]	1*	0,222 [0-0,444]
	Capillariidae	11,1 [0,003-0,482]	1*	0,111 [0-0,333]
	Total	88,8	2	1,78
Cancha El Álamo (R)	<i>Nippostrongylus brasiliensis</i>	28,6 [0,084-0,581]	92 [37,5-158]	26,3 [5,36-69,9]

	<i>Heterakis spumosa</i>	50 [0,230-0,770]	14,9 [7,85-23,8]	7,43 [3,07-15,1]
	<i>Pterygodermatites</i> sp.	14,3 [0,018-0,428]	2,5 [2-2,5]	0,357 [0-0,964]
	<i>Physaloptera</i> sp.	7,1 [0,002-0,339]	8*	0,571 [0-1,71]
	Hymenolepididae	21,4 [0,047-0,508]	4,33 [1-10]	0,929 [0,143-3,39]
	Anoplocephalidae	7,1 [0,002-0,339]	2*	0,143 [0-0,429]
	<i>Hymenolepis diminuta</i>	7,1 [0,002-0,339]	3*	0,214 [0-0,643]
	<i>Protospirura</i> sp.	14,3 [0,018-0,428]	15,5 [5-15,5]	2,21 [0-7,79]
	Total	71,4	53,4	38,1
El Carmen (R)	<i>Heterakis spumosa</i>	50 [0,013-0,987]	1*	0,5 [0-0,5]
	Anoplocephalidae	50 [0,013-0,987]	4*	2 [0-2]
	Total	100	2,5	2,5
	<i>Syphacia</i> sp.	50 [0,068-0,932]	73 [2-73]	36,5 [0-108]
Sector Collico, carretera (R)	<i>Heterakis spumosa</i>	50 [0,068-0,932]	10 [3-10]	5 [0-12,8]
	<i>Nippostrongylus brasiliensis</i>	100 [0,398-1,000]	38,5 [6.25-67,5]	38,5 [6.25-67,5]
	<i>Physaloptera</i> sp.	50 [0,068-0,932]	1*	0,5 [0-0,75]
	Total	100	80,5	80,5
	<i>Syphacia</i> sp.	44,4 [0,137-0,788]	353 [14-626]	157 [5,89-420]
Camino Carahue (R)	<i>Heterakis spumosa</i>	55,6 [0,212-0,863]	7 [3,8-10,2]	3,89 [1,44-7,33]
	<i>Nippostrongylus brasiliensis</i>	22,2 [0,028-0,600]	20,5 [8-20,5]	4,56 [0-14,7]
	<i>Physaloptera</i> sp.	11,1 [0,003-0,482]	1*	0,111 [0-0,333]
	Total	78	212,7	165,4
Camino Nahuentue (R)	<i>Heterakis spumosa</i>	60 [0,147-0,947]	3 [1-4,67]	1,8 [0,4-4,4]
	<i>Syphacia</i> sp.	80 [0,284-0,995]	90 [19,5-213]	72 [15,7-214]

	<i>Nippostrongylus brasiliensis</i>	20 [0,005-0,716]	28*	5,6 [0-11,2]
	<i>Physaloptera</i> sp.	20 [0,005-0,716]	2*	0,4 [0-0,8]
	Total	100	79,8	79,8
	<i>Heterakis spumosa</i>	100 [0,158-1,000]	16 [11-16]	16 [11-16]
Cabañas	<i>Syphacia</i> sp.	50 [0,013-0,987]	109*	54,4 [0-54,5]
Antulafquen (R)	<i>Physaloptera</i> sp.	50 [0,013-0,987]	5*	2,5 [0-2,5]
	<i>Nippostrongylus brasiliensis</i>	50 [0,013-0,987]	13*	6,5 [0,6,5]
	Total	100	79,5	79,5
P.N. Alerce Costero (S)	<i>Pterygodermatites</i> sp.	28,6 [0,037-0,710]	1,5 [1-1,5]	0,429 [0-1]
	<i>Physaloptera</i> sp.	14,3 [0,004-0,579]	2*	0,286 [0-0,571]
	Total	28,6	2,5	0,71

Tabla 4. Especies parásitas y prevalencia de cada zona. Se utilizó la prueba exacta de Fisher para calcular los valores de p comparando zona urbana, rural y silvestre. Se destacan en negritas los valores significativos ($p \leq 0,05$).

Especies	Zona Urbana (n=19) N (%)	Zona rural (n=51) N (%)	Zona silvestre (n=7) N(%)	Prevalencia total (n=77) N(%)	Valor de P
Nematoda					
<i>Heterakis spumosa</i>	4 (21,1)	22 (43,1)	0	26 (33,8)	0,029
<i>Nippostrongylus brasiliensis</i>	0	12 (23,5)	0	12 (15,6)	0,031
<i>Syphacia</i> sp.	2 (10,5)	13 (25,5)	0	15 (19,5)	0,200
<i>Physaloptera</i> sp.	2 (10,5)	13 (25,5)	1 (14,3)	16 (20,8)	0,462
<i>Pterygodermatites</i> sp.	0	3 (5,9)	2 (28,6)	5 (6,5)	0,066
<i>Protospirura</i> sp.	1 (5,3)	4 (7,8)	0	5 (6,5)	1,0

<i>Gongylonema sp.</i>	1 (5,3)	0	0	1 (1,3)	0,338
Capillariidae	0	1 (2)	0	1 (1,3)	1,0
Cestoda					
Anoplocephalidae	0	2 (3,9)	0	2 (2,6)	1,0
Hymenolepididae	0	3 (5,9)	0	3 (3,9)	0,669
<i>Rodentolepis sp.</i>	1 (5,3)	0	0	1 (1,3)	0,338
<i>Hymenolepis sp.</i>	2 (10,5)	0	0	2 (2,6)	0,111
<i>Hymenolepis diminuta</i>	0	1 (2)	0	1 (1,3)	1,0

Considerando el total de especies de parásitos agrupados por zona, se observó diferencias significativas entre zonas, donde la zona rural presentó mayor prevalencia que la zona urbana y silvestre ($p=0,003$), estas últimas no tuvieron una diferencia significativa entre sí ($p=0,715$) (Tabla 5). Con respecto a la abundancia media, la zona rural fue significativamente mayor que la urbana ($p=0,010$) y silvestre ($p=0,001$), no existiendo diferencias significativas entre estas últimas ($p=0,080$) (Tabla 5). La intensidad media fue significativamente mayor en la zona rural, diferenciándose con las zonas silvestres y urbanas (ambos valores $p=0,030$), mientras que entre las zonas silvestres y urbanas no existió diferencia significativa ($p=0,790$).

Tabla 5. Descriptores cuantitativos de los helmintos parásitos en *Rattus rattus* por zona urbana, rural y silvestre.

Descriptores	Zona		
	Urbana	Rural	Silvestre
Prevalencia	42,10%	76,47%	28,70%
Abundancia media	0,736	57,37	0,714
Intensidad media	1,75	75,02	2,5

Diversidad y composición de helmintofauna

La zona con mayor diversidad alfa fue la urbana (índice Margalef= 2,274, índice Shannon-Wiener =1,767), seguido de la rural (índice Margalef= 1,128, índice Shannon-Wiener= 0,919) y silvestre (índice Margalef= 0,621, índice Shannon-Wiener= 0,673) (Figura 2).

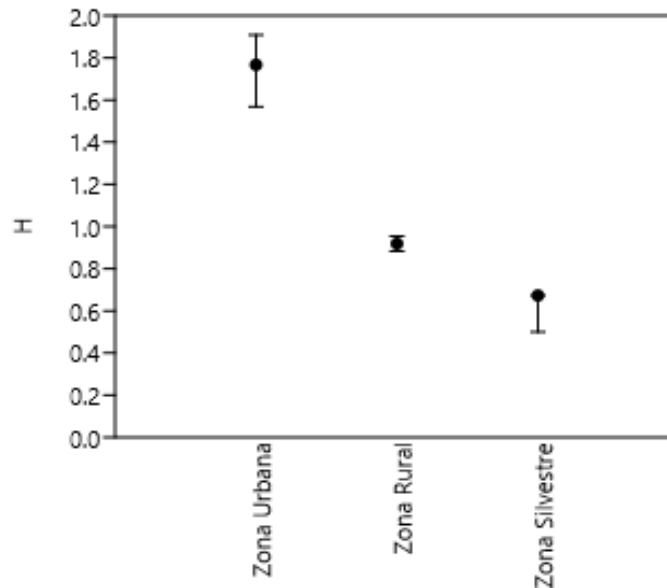


Figura 2: Índices de Shannon de diversidad de especies de helmintos *de Rattus rattus* en las tres zonas analizadas.

Con respecto a la composición de la helmintofauna, no existieron agrupaciones claras y distinguidas según las zonas (nMDS). Para confirmar esto, se realizó un ANOSIM basado en el índice de similitud de Bray Curtis, cuyo valor de p fue 0,1053, valor alejado del 0,05 requerido para ser considerado como significativo (Figura 3 y 4). El valor Whittaker de diversidad beta global fue 1,0526, los valores para cada relación entre zonas se muestran en el análisis Pairwise de Whittaker (Tabla 6 y 7).

Tabla 6: Análisis de diversidad beta entre cada una de las zonas con el índice de Whittaker.

Zona	Zona		
	Urbana	Rural	Silvestre
Urbana	0	0,529	0,778
Rural	0,529	0	0,667
Silvestre	0,778	0,667	0

Tabla 7. Análisis Pairwise con índice de Bray Curtis posterior a ANOSIM para observar diferencias en la similitud de la composición.

	Urbana	Rural	Silvestre
Urbana		0,091	0,669
Rural	0,091		0,075
Silvestre	0,669	0,075	

Valor de R=0,036, valor p=0,1093

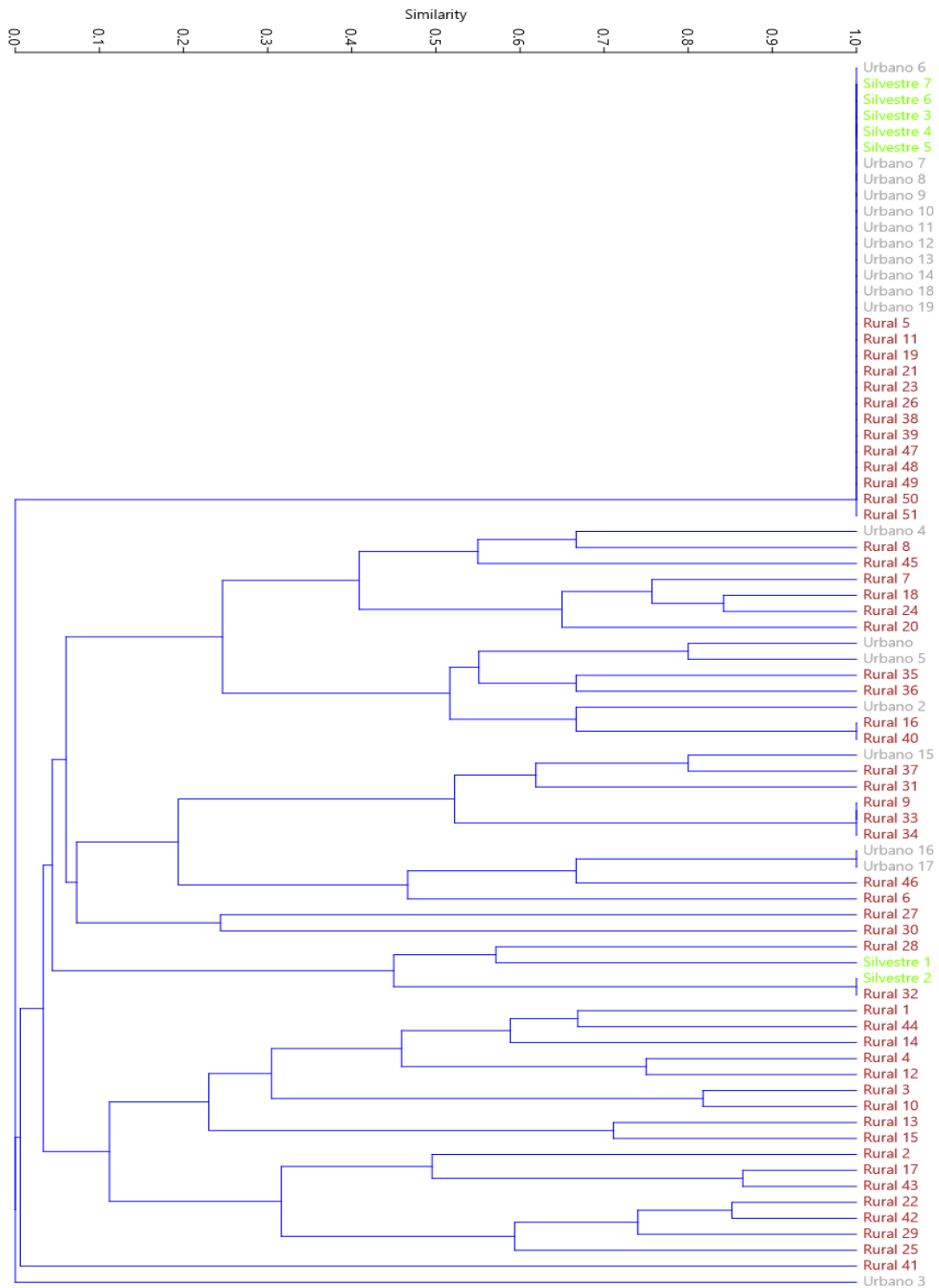


Figura 3. Dendrograma de similitud entre grupos mediante índice Bray Curtis.

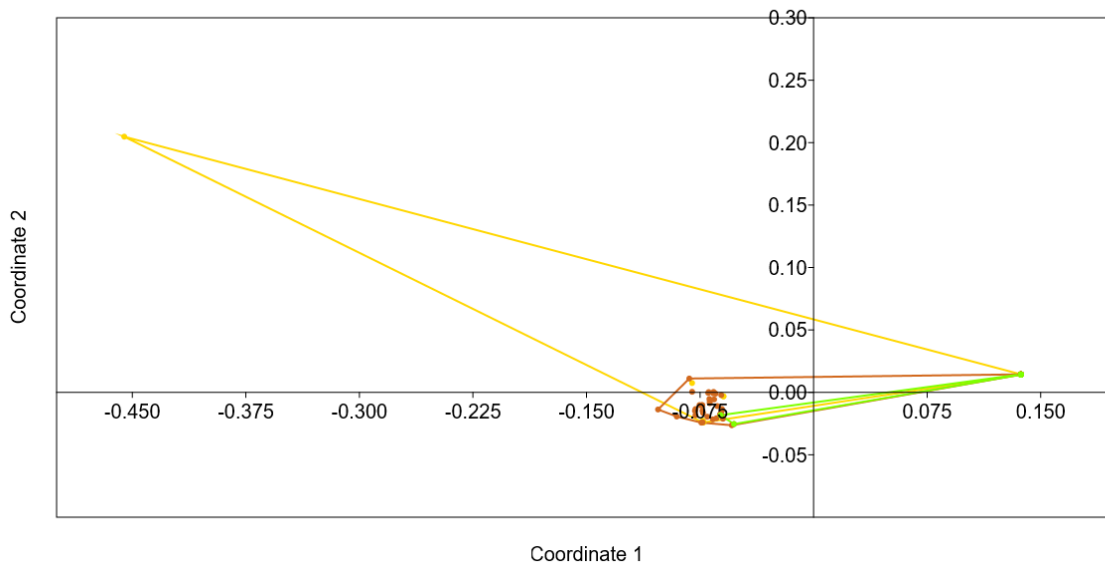


Figura 4: Medida de escalamiento multidimensional basado en índice de similitud de Bray Curtis para determinar similitud de la composición. El color amarillo representa el polígono de la zona urbana, mientras que el naranja la zona rural y el verde la silvestre.

Tipo de ciclo de vida de los helmintos gastrointestinales asociado al tipo de localidad

De los 13 morfotipos de parásitos identificados, nueve presentan ciclo de vida indirecto y cuatro de ciclo de vida directo. Para la zona silvestre, el 100% (n=2) fue de ciclo de vida indirecto, mientras que, para la zona urbana, cinco de las siete especies encontradas fue de ciclo de vida indirecto. En la zona rural se encontraron cuatro especies de ciclo de vida directo y seis de ciclo de vida indirecto. No se encontró asociación entre el tipo de ciclo y zona analizada.

Tabla 8. Ciclos de vida de los helmintos parásitos para cada especie encontrada.

Parásitos	Tipo de ciclo	Presente en rural, urbano o silvestre (R, U, S)
Nematoda		
<i>Heterakis spumosa</i>	Directo	R,U
<i>Nippostrongylus brasiliensis</i>	Directo	R
<i>Syphacia</i> sp.	Directo	R,U
<i>Physaloptera</i> sp.	Indirecto	R,U,S
<i>Pterygodermatires</i> sp.	Indirecto	R,S
<i>Protospirura</i> sp.	Indirecto	R,U
<i>Gongylonema</i> sp.	Indirecto	U
Capillariidae	Directo	R
Cestoda		
Anoplocephalidae	Indirecto	R
Hymenolepididae	Indirecto	R
<i>Rodentolepis</i> sp.	Indirecto	U
<i>Hymenolepis</i> sp.	Indirecto	U
<i>Hymenolepis diminuta</i>	Indirecto	R

DISCUSIÓN

El presente estudio describe y compara los helmintos gastrointestinales de *R. rattus* entre zonas urbanas, rurales y silvestres, describiendo 13 morfotipos, con valores mayores de prevalencia, abundancia, intensidad media y riqueza en las zonas rurales versus las zonas urbanas y silvestres, apoyando la hipótesis propuesta. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre la zona urbana y silvestre. Con respecto a la diversidad, la zona con mayor índice de diversidad fue la urbana, seguida por la rural y la silvestre, distinto a lo esperado. Con respecto a la composición, no hubo diferencia entre zonas.

Se han documentado resultados contradictorios respecto a la asociación de la densidad humana y los parásitos (ej. Araujo et al., 2014; Buscher & Haley, 1971). Hancke (2016) indica que la abundancia y riqueza de helmintofauna es mayor en las villas de emergencia (zonas en las que la gente vive de manera ilegal y en precariedad) que en las zonas verdes (zonas sin mucha presencia humana y con

mucha cobertura vegetal), producto de una disponibilidad de cuerpos de agua, hierbas, superficie urbana y superficie con cobertura vegetal, esenciales para el desarrollo de algunos helmintos que podrían promover el desarrollo de ciclos de vida complejos. Estas características del paisaje podrían estar ausentes en ambientes altamente urbanizados (ej. con mayor cobertura de concreto que de tierra) lo que podría coartar el desarrollo de los parásitos en zonas urbanas en comparación con zonas rurales, lo que es contrario a lo que ocurre en las zonas silvestres que, a pesar de poseer características adecuadas para el desarrollo de los parásitos, tendrían condiciones que no favorecen la presencia de las ratas, ya que no existe el subsidio de alimento que encuentran en los ambientes urbanos. Por lo tanto, la densidad poblacional de las ratas es menor (Gómez, 2003) y esto podría influir en las menores prevalencias, abundancias e intensidades de parásitos. Por otra parte, algunos autores proponen que en las zonas intermedias existe mayor riqueza de parásitos en el ambiente, y, por lo tanto, mayor exposición a adquirir parásitos (de Araujo et al., 2014). En Chile, también se podría explicar el aumento de los estimadores cuantitativos (abundancia, prevalencia e intensidad) en las zonas intermedias entre lo urbano y lo silvestre, por la existencia de otras especies de roedores tanto silvestres (*Abrothrix longipilis*, *Abrothrix olivacea*, *Oligoryzomys longicaudatus*, *Phyllotis darwini*, *Octodon degus*), como sinantrópicos (*R. norvegicus*, *Mus musculus*) que puedan estar aportando especies de endoparásitos.

En las zonas rurales, *R. rattus* podría encontrar el ambiente perfecto para anidar, encontrando refugio en techos de casas o árboles cercanos a las zonas en las que pueden encontrar restos de alimentación, lo que podría influir en aumentos de la densidad poblacional de las ratas y con esto también la de sus parásitos. Se ha evidenciado que la presencia de criaderos de gallinas (Gómez, 2003), así como la densidad habitacional humana, afectan de manera directamente proporcional a la población de *R. rattus* (May et al., 2018), lo que podría influir positivamente la helmintofauna de *R. rattus*. Contrario a los resultados encontrados en el presente estudio, una investigación realizada en Pakistán, encuentra que la zona con mayor

prevalencia y abundancia de endoparásitos en *R. rattus* es la urbana, los autores de este artículo explican estos resultados, como producto de la existencia en zonas urbanas, de grandes mercados abiertos de grano, así como amplia cobertura vegetal (Buscher & Haley, 1971), situación que se asemeja más a la ruralidad Chilena, que a la urbe.

Una de las preguntas que surge de la idea de que la helmintofauna de *R. rattus* es mayor en la zona urbana, y que puede ser fuertemente debatida con nuestro estudio, es si la abundancia poblacional humana, puede estar relacionada con la helmintofauna. Nuestro estudio muestra que en una zona de densidad poblacional alta como Illapel (cerca de los 30.000 habitantes en 2630km²) no existió diferencia con respecto a prevalencia, intensidad media y abundancia media si lo comparamos con una zona sin habitantes como la P.N. Alerce Costero. Todas estas evidencias indican que las diferencias entre los factores bióticos y abióticos entre las zonas pueden ser relevantes para la composición de la helmintofauna en Chile. Es posible que el no encontrar diferencias significativas en la prevalencia, abundancia e intensidad entre las zonas urbana y silvestre, sea producto de las condiciones presentes en estas áreas, que limitan el desarrollo de la helmintofauna, como por ejemplo, la disminución de zonas con cobertura vegetal y tierra en las zonas urbanas (Hancke, 2016) o la mayor competencia con otras especies (Coto, 2015) y la ausencia del recurso alimenticio humano útil para *R. rattus* en las zonas silvestres (Gómez, 2003), limitando en este caso su densidad.

Dentro de las localidades muestreadas, aquellas que tuvieron un 100% de prevalencia siempre fueron rurales (El Carmen, sector carretera en Collico, Camino a Nahuentue y Cabañas Antulafquen), todos sectores que comparten una serie de características que pueden ser las causantes de esta similitud, como por ejemplo una gran proporción de cobertura vegetal y tierra al descubierto, casas circundantes de patio abierto, zonas de almacenamiento de leña, árboles cercanos a las casas, entre otros. Por ejemplo, se podrían comparar índices de ruralidad, cobertura vegetal, cantidad de zonas con desechos alimenticios, densidad

poblacional, entre otros, haciendo por ejemplo análisis que determinen cuáles de estos factores son los más determinantes.

Es importante conocer los factores que modelan la composición de la helmintofauna presente en especies sinantrópicas como *R. rattus*, esto por la importancia zoonótica de algunas especies como las del género *Hymenolepsis*, presentes en la helmintofauna descrita en este estudio en algunas localidades como Illapel (urbana) y Cancha el Álamo (rural). El conocimiento sobre estos factores, pueden ayudar a tomar medidas de salud pública, modificando áreas estratégicas.

Con respecto a la diversidad de helmintos, considerando solo la riqueza, las localidades agrupadas como zonas rurales presentaron el mayor número de especies, seguida de las zonas urbanas y silvestres, esta última solo con dos especies. Sin embargo, el índice de diversidad de Shannon, que incorpora la abundancia relativa, fue mayor en la zona urbana. No consideramos que esta conclusión sea completamente representativa de la realidad, debido a la limitación del número muestral de *R. rattus* (en la zona silvestre solo tuvimos cinco ratas). A pesar de que exista mayor riqueza neta en la zona rural, es posible que la diversidad sea menor aquí que en la zona urbana y comparable a la zona silvestre, ya que existe una gran prevalencia y abundancia de muy pocas especies. Con respecto a la composición, no se encontró diferencias entre zonas, lo que puede ser porque existe una gran conectividad entre las poblaciones de *R. rattus* entre zonas.

Se detectaron especies zoonóticas como *Syphacia* sp., *Gongylonema* sp., Capillariidae y algunas especies de la familia Hymenolepididae. En Chile los parásitos encontrados en este estudio también han sido aislados desde roedores nativos e introducidos. Por ejemplo, el género *Syphacia* se ha encontrado en *A. longipilis*, *A. olivacea* *O. longicaudatus*, *P. darwini*, *R. norvegicus* y *M. musculus*; *Physaloptera* sp. en *O. degus*, *A. olivacea*, *O. longicaudatus*, *M. musculus* y *R. norvegicus*; *Pterygodermatites* sp. en *A. olivacea*, *O. longicaudatus*, *P. darwini* y *R.*

norvegicus; *H. spumosa* en *M. musculus*, *R. norvegicus* y en *A. olivacea*; *Protospirura* sp. en *A. longipilis*, *A. olivacea* y *R. norvegicus*; *Hymenolepis* sp.; *Rodentolepis* sp. se encontró en *A. olivacea*; *N. brasiliensis* e *H. diminuta* se han identificado en *R. norvegicus* (Landaeta-Aqueveque et al., 2007; Landaeta-Aqueveque, 2018; Grandón-Ojeda et al., 2022).

La familia Anoplocephalidae en este estudio es la primera vez que se reporta en *R. rattus* en Chile, ya que hasta el momento se había encontrado en roedores nativos como *O. degus* y *Abrocoma benetti* (Haverkost & Gardner, 2010; Haukisalmi & Rausch, 2006; Landaeta-Aqueveque, 2018). Se describe la presencia de este endoparásito en El Carmen y en la localización Cancha el Álamo, ambas zonas rurales con posible movilización de roedores entre ambientes silvestres y humanos. Es posible que este hallazgo sea un indicativo de que *R. rattus* actúa como puente de parásitos entre la helmintofauna presente en roedores nativos y helmintofauna presente en *R. rattus* y otras especies sinantrópicas.

Con respecto a la no diferencia de composición de especies entre zonas, es posible que la urbanización no sea un factor decisivo que determine el establecimiento de las especies de helmintofauna presentes en *R. rattus*, así como también es posible que esta similitud sea producto de la baja cantidad de muestras, tanto para la zona urbana, como para la silvestre.

Con respecto a los ciclos de vida, no existe evidencia suficiente para relacionar las zonas con los ciclos de vida de helmintos endoparásitos, esto puede indicar que el tener o no un ciclo de vida directo no es un factor decisivo a la hora de establecer comunidades de helmintos en las distintas zonas. En general, se encontró mayor riqueza de helmintos de ciclo de vida indirecto, por lo que al menos la presencia de hospedadores intermediarios no fue una limitante entre zonas.

Es importante destacar las limitaciones de las aproximaciones al conocimiento presentes en este estudio; con respecto a las muestras, estas fueron recolectadas en un contexto no específico para la hipótesis del estudio, por lo que para estudios

siguientes lo ideal sería muestrear de manera estratégica zonas que sean lo más representativas posibles. Es de destacar que en análisis por zonas puede no ser el más preciso, ya que, si bien existen enormes similitudes entre las distintas zonas urbanas del país, pueden no ser del todo comparables. Por ejemplo, dentro de la zona urbana existen zonas con distintas unidades de paisaje, es por eso que proponemos para un siguiente estudio, el análisis de diferencias en la composición de la helmintofauna considerando distintas unidades de paisaje como villas, edificios, mercados, bodegas, entre otras; así como la determinación de variables específicas para cada localización de las muestras (por ejemplo, cobertura vegetal de la zona circundante a la coordenada de la muestra). Con respecto a la identificación de los helmintos parásitos, en muchos casos no se ha podido determinar hasta el nivel de especie para cada uno de los endoparásitos aislados, encontrando dificultades como muestras mal fijadas, complejidad de manipulación de algunas especies, falta de características distintivas (como por ejemplo huevos), la no utilización de tinciones, entre otros. Aumentar el esfuerzo de identificación puede modificar o esclarecer los resultados. Referente a los análisis estadísticos, es importante destacar que la cantidad de muestras no fue similar entre zonas, encontrando pocos roedores en la zona silvestre y teniendo pocas muestras de la zona urbana, por lo que aumentar el número de muestras mejoraría la precisión estadística de los resultados.

CONCLUSIONES

Se identificaron 13 morfotipos de helmintos en *R. rattus*. Las zonas rurales presentaron mayor riqueza, prevalencia, intensidad y abundancia medias que las zonas silvestres y urbanas. La zona silvestre y urbana entre sí no mostraron diferencias significativas. La zona con mayor diversidad alfa fue la urbana, seguida de la rural y la silvestre. No se observó diferencias en la composición de especies entre zonas. La mayoría de los parásitos fueron de ciclo de vida indirecto. Se registró la presencia de *Syphacia* sp., *Gongylonema* sp., Capillariidae y todas las especies de la familia Hymenolepididae, como especies de importancia zoonótica.

BIBLIOGRAFÍA

Alfieri, J. M., & Anderson, T. K. 2019. Life-cycle mediated effects of urbanization on parasite communities in the estuarine fish, *Fundulus heteroclitus*. Plos one ,14(12): e0225896.

Álvarez, R., & Medellín, R. 2005. Vertebrados exóticos superiores en México: Diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 25 pp.

Baker, P. J., & Harris, S. 2007. Urban mammals: what does the future hold? An analysis of the factors affecting patterns of use of residential gardens in Great Britain. Mammal Review, 37: 297-315.

Bautista-Hernández, C. E., Monks, S., & Pulido-Flores, G. 2013. Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies. Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas, 2: 13-17.

Bradley, C. A., & Altizer, S. 2007. Urbanization and the ecology of wildlife diseases. Trends in ecology & evolution, 22(2): 95-102.

Battersby, S, Hirschhorn, R.B., & Amman, B.R. 2008. Commensal rodents. En: Bonnefoy, X., Kampen, H., Sweeney, K. (eds.). Public health significance of urban pests. World Health Organization, Copenhagen. pp 387– 419.

Buscher, H. N., & Haley, A. J. 1971. Intestinal helminths of *Rattus rattus* from urban and rural areas in the Punjab region of West Pakistan. Proceedings of the Helminthological Society of Washington, 38(1): 96-98.

Castillo, G. N., Ezquiaga, M. C., Acosta, J. C., Acosta, R., & Blanco, G. M. 2016. *Pterygodermatites* (Paucipectines) *kozeki* (Nematoda: Rictulariidae), parásito de *Phyllotis xanthopygus* (Rodentia: Cricetidae) en Argentina. Revista Argentina de Parasitología, 5.

Coto, H. 1997. Biología y control de ratas sinantrópicas. Editorial Abierta, Buenos Aires, 207 pp.

Coto, H. 2015. Protocolos para la vigilancia y control de roedores sinantrópicos. 103 pp.

de Araujo, E. O., Moura Mendes, M. de, Langone, P.Q., & Müller, G. 2014. The helminth parasites of *Rattus Rattus* (Linnaeus, 1758) of urban, intermediate and rural environments in southern Brazil. *Neotropical Helminthology*, 8(1): 19-22.

Dujardin, F. 1845. Histoire naturelle des helminthes ou vers intestinaux (Vol. 1). Roret.

Feng, A. Y., & Himsforth, C. G. 2014. The secret life of the city rat: a review of the ecology of urban Norway and black rats (*Rattus norvegicus* and *Rattus rattus*). *Urban Ecosystems*, 17(1): 149-162.

Fitte, B. 2019. Parasitosis de riesgo sanitario en roedores sinantrópicos: una problemática emergente de la urbanización actual. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, La Plata. 137pp.

Franssen, F., Swart, A., van Knapen, F., van der Giessen, J. 2016. Helminth parasites in black rats (*Rattus rattus*) and brown rats (*Rattus norvegicus*) from different environments in the Netherlands. *Infection Ecology & Epidemiology*, 6(1): 31413.

Fuentes, M. V., Cerezuela, A. M., & Galán-Puchades, M. T. 2000. A helminthological survey of small mammals (insectivores and rodents) in the Serra Calderona mountains (Valencian Community, Spain). *Research and Reviews in Parasitology*, 60(1/2): 23-36.

Gómez Muñoz, M. 2018. Helmintofauna de roedores sinantrópicos (Rodentia: Muridae) de áreas urbanas y periurbanas de Corrientes. Tesis Doctoral.

Universidad Nacional Del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Corrientes. 241 pp.

Gómez Villafañe, I. 2003. Estudio de la ecología y epidemiología de *Rattus* spp. en un ambiente urbano y granjas avícolas del Partido de Exaltación de la Cruz, Buenos Aires, Argentina. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires. 101 pp.

Goüy de Bellocq, J., Charbonnel, N., & Morand, S. 2008. Coevolutionary relationship between helminth diversity and MHC class II polymorphism in rodents. *Journal of evolutionary biology*, 21(4): 1144-1150.

Grandón, A., Moreno, L., Garcés, C., Figueroa-Sandoval, F., Beltrán-Venegas, J., Serrano-Reyes, J., et al. 2022. Patterns of gastrointestinal helminth infections in *Rattus rattus*, *Rattus norvegicus* and *Mus musculus* in Chile. *Frontiers in veterinary science*, 874.

Hancke, D. 2016. La comunidad de helmintos en roedores sinantrópicos de la Ciudad de Buenos Aires: su relación con los ensambles de especies hospedadoras y su importancia zoonótica. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 139 pp.

Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, 4(1): 9.

Haukisalmi, V., & Rausch, R. 2006. Anoplocephalid cestodes of wood rats (*Neotoma* spp.) in the western USA. *Acta Parasitologica*, 51(2): 91-99.

Haverkost, T. R., & Gardner, S. L. 2010. Two new species of *Andrya* (Cestoda: Anoplocephalidae) from sigmodontine rodents in the neotropics. *Comparative Parasitology*, 77(2): 145-153.

IUCN. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. Available at: www.iucnredlist.org. (Accessed: 25 March 2021).

Khalil, L.F., Jones, A., & Bray, R. A. 1994. Keys to the cestode parasites of vertebrates. The Natural History Museum, CAB International, London, 768 pp.

Landaeta-Aqueveque, C. A., Robles, M. D., & Cattán, P. E. 2007. Helmintofauna del roedor *Abrothrix olivaceus* (Sigmodontinae) en áreas sub-urbanas de Santiago de Chile. *Parasitología latinoamericana*, 62(3-4): 134-141.

Landaeta-Aqueveque, C., del Rosario Robles, M., Henríquez, A., Yáñez-Meza, A., Correa, J. P., González-Acuña, D., & Cattán, P. E. 2018. Phylogenetic and ecological factors affecting the sharing of helminths between native and introduced rodents in Central Chile. *Parasitology*, 145(12): 1570-1576.

Lobos, G., Ferres, M., & Palma, R. E. 2005. Presencia de los géneros invasores *Mus* y *Rattus* en áreas naturales de Chile: un riesgo ambiental y epidemiológico. *Revista chilena de historia natural*, 78(1): 113-124.

Maddison, D. R., Schulz, K. S., & Maddison, W. P. 2007. The tree of life web project. *Zootaxa*, 1668(1): 19-40.

Madrid Valdebenito, V., Fernández Fonseca, I., & Torrejon Godoy, E. 2012. Manual de parasitología humana texto de apoyo a la docencia. Primera edición 2012, Concepción, Chile. 216 pp.

McKinney, M. L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological conservation*, 127: 247-260.

MINVU, SUBDERE, SECTRA & INE. 2020. Metodología para determinar las áreas funcionales de Chile. 204 pp.

Falcón-Ordaz, J. G. Pulido-Flores and S. Monks. 2010. New species of *Aspiculuris* (Nematoda: Heteroxynematidae), parasite from *Mus musculus* (Rodentia: Muridae), from Hidalgo, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 669-676.

Panti May, J. A., Gurubel González, Y. M., Palomo Arjona, E. E., Cetina Trejo, R. C., Machain Williams, C., Robles, M. D. R., & Hernández Betancourt, S. F. 2018. Características poblaciones de *Rattus rattus* y *Mus musculus* presentes en comunidades rurales de Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21: 345-356.

Pomroy, W., Beveridge, I., Constantinoiu, C., Emery, D., & Woodgate, R. 2015. In: Beveridge, Ian, and Emery, David, (eds.) *Australasian Animal Parasites: inside & out*. Australian Society for Parasitology, pp. 654-762.

Ramírez Tigrero, A. E. 2018. Parásitos gastrointestinales en roedores de la ciudadela “las piñas” del cantón milagro. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 47 pp.

Reiczigel, J., Marozzi, M., Fabian, I., & Rozsa, L. 2019. Biostatistics for parasitologists – a primer to Quantitative Parasitology, *Trends in Parasitology*, 35(4): 277-281.

Ribas, A., Veciana, M., Chaisiri, K., & Morand, S. 2012. *Protospirura siamensis* n. sp. (Nematoda: Spiruridae) from rodents in Thailand. *Systematic parasitology*, 82(1): 21-27.

Rodríguez-Diego, J. G., Olivares-Orozco, J. L., Sánchez-Castillejas, Y., & Arece-García, J. 2018. Evolución de los Helmintos. *Revista de Salud Animal*, 40(2).

Sánchez Vicente, S. 2013. Contribución al conocimiento de la parasitofauna (Helmintos y Artrópodos) de Mamíferos no Lagomorfos de Canarias. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. Facultad de Farmacia, Barcelona. 425 pp.

Sandoval, I., Juárez, E., & E. Rojas. 2003. Mecanismos de transmisión de algunos protozoos parásitos heteroxénicos. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 23(2): 175-182.

Smales, L. R., Harris, P. D., & Behnke, J. M. 2009. A redescription of *Protospirura muricola* Gedoelst, 1916 (Nematoda: Spiruridae), a parasite of murid rodents. *Systematic Parasitology*, 72(1): 15-26.

Smith, L. S., Broyles, M. E., Larzleer, H. K., & Fellowes, M. D. 2015. Adding ecological value to the urban lawnscape. Insect abundance and diversity in grass-free lawns. *Biodiversity and conservation*, 24(1): 47-62.

SR Development Core Team. 2008. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Available at <https://www.r-project.org>.

Swain, K., Routray, A., Panigrahi, S., Rath, A. P., Sahoo, S., & Ganguly, S. 2016. *Nippostrongylus Brasiliensis*, an Experimental Model: A Review. *International Journal*, 2(2): 37.

Traweger, D., Travnitzky, R., Moser, C., Walzer, C., & Bernatzky, G. 2006. Habitat preferences and distribution of the brown rat (*Rattus norvegicus* Berk.) in the city of Salzburg (Austria): implications for an urban rat management. *Journal of Pest Science* 79: 113 – 125.

Valente, A. 2016. Helmintofauna gastrointestinal e hepática do ratinho-caseiro (*Mus musculus domesticus*) do Arquipélago da Madeira: potencial zoonótico e importância em sanidade animal. Tesis Doctoral. Universidad de Lisboa. Facultad de Medicina Veterinaria, Lisboa. 109 pp.

Yamaouti, S. 1961. *Systema Helnrinthum*. Vol. III. The Nematodes of Vertebrates. *Systema Helnrinthum*. Vol. III. The Nematodes of Vertebrates., (Part I).