



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRÁFICAS
Programa de Magíster en Ciencias Mención en Zoología

**EVALUACIÓN DE LA VARIACIÓN ESPACIAL DE LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA
EN LAS ESPECIES DE PULGAS (SIPHONAPTERA) EN *ABROTHRIX OLIVACEA*
(WATERHOUSE, 1839)**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas de la
Universidad de Concepción para optar al grado académico de Magíster en Ciencias
con mención en Zoología

POR: Camila Andrea Cifuentes Castro
Profesor Guía: Lucila Del Carmen Moreno Salas

Marzo, 2023
Concepción, Chile

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la paciencia infinita de mi profesora Guía Dra. Lucila Moreno Salas, por su tiempo, dedicación, puntualidad y arduo trabajo para lograr esta tesis, gracias al admirado Dr. Daniel González Acuña, quien comenzó conmigo este proyecto, no pudiendo finalizarlo, inspiración para mi camino y amor por la fauna silvestre.

Gracias también a mis compañeras de laboratorio Constanza Delgado y Carolina Garcés, donde pasamos horas y horas, hicieron de mis tardes muy amenas y llevaderas en este metódico trabajo. A Ninoska Reyes, que respondió cada una de mis dudas estadísticas con la mejor de las disposiciones y la mejor de las ganas de poder ayudarme sin pedir nada a cambio, a Felipe Durán González, compañero de programa que aún no conozco en persona, pero que me ha apoyado incondicionalmente en esta etapa de magister, desde las clases de filogenética hasta esta última etapa. A Alexandra Grandón Ojeda, colega y amiga que siempre tiene una disposición amable de poder ayudarme en todas las dudas, desde mi tesis de pregrado hasta ahora, aunque estemos a kilómetros de distancia y con diferencias horarias importantes. A Mario Espinoza Carniglia, de paciencia infinita y siempre con buena voluntad para contestar todas mis dudas inmediatamente.

Mi familia, pilar fundamental de apoyo emocional infinito e incondicional, mi mamá Cecilia Castro Hidalgo siempre apoyándome a seguir estudiando, a ser una mujer de ciencias, desde que me compró mi primer microscopio de niña, orgullosa de cada pequeño logro y compañera también en todo el estrés y la ansiedad de la que siempre sufro, bálsamo para poder siempre seguir adelante, a mi hermano Enzo Cifuentes Castro y mi sobrino Maximiliano Cifuentes Aillón amor también incondicional, siempre pendiente y preocupado por mi bienestar, en cada pequeño detalle. A mi pololo Carlos Peña Hernández que vio mi potencial de aprender nuevas herramientas, donde no hizo nada por mí, sino que me enseñó como utilizarlas y ahora sé más que él, a veces creyendo más él en mí, que yo en mí misma.

Finalmente, a mi abuelita materna Violeta Hidalgo Román, que falleció cuando comencé mi magister, pero presente en cada uno de los pasos de mi vida, estando siempre a mi lado, llevándome de la mano, protegiéndome, guiándome y siempre diciéndome “Mi chinita”. Espero que estes orgullosa de “tu china”, yo cada día que pasa estoy más y más orgullosa de ti, mi guerrera favorita.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	10
INTRODUCCIÓN.....	12
HIPÓTESIS.....	19
OBJETIVOS GENERALES.....	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
RESULTADOS.....	25
DISCUSIÓN.....	37
CONCLUSIONES.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Lista de especies de roedores que cohabitan con <i>Abrothrix olivacea</i> en las zonas de muestreo con mayor riqueza (°) y abundancia (*) de pulgas del estudio,. Destacados con negrita las especies que cohabitan en mayor número de localidades con <i>Abrothrix olivacea</i>	32
Tabla 2: Relación de interacciones entre factores ambientales, especies de roedores que cohabitan con <i>Abrothrix olivacea</i> y riqueza de pulgas.	32
Tabla 3: Resultados de interacciones entre factores ambientales, riqueza de pulgas, riqueza de roedores que cohabitan con <i>Abrothrix olivacea</i> , teniendo como variable dependiente “Abundancia” de las cinco especies seleccionadas. Los valores con asterisco (*) destacan el valor de “p” estadísticamente significativos.....	33
Tabla 4: Resultados de índice C-score de especies de pulgas, demostrando competencia, co ocurrencia o neutralidad entre las especies de pulgas en localidades de muestreo enumeradas 1-44 ordenados de norte a sur.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico que representa la cantidad total de infracomunidades parasitadas por pulgas, versus la diversidad de pulgas que parasitaban cada individuo.....	26
Figura 2: Gráfico de relación de hospedadores y número de pulgas que parasitan a cada individuo.....	27
Figura 3: Riqueza de especies de pulgas presentes en <i>Abrothrix olivacea</i> distribuidas en cada una de las localidades de muestreo ordenadas de norte a sur.....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa de Chile indicando la ubicación de las localidades de muestreo. Cada punto indica el sitio exacto de muestreo en terreno.....	57
Anexo 2: Script utilizado en programa R Studios para realizar análisis de regresión lineal de Poisson, teniendo a la riqueza de pulgas en cada localidad de muestreo como variable dependiente.....	58
Anexo 3: Script utilizado en programa R Studios para realizar análisis de regresión lineal de Poisson, teniendo a la abundancia de <i>Ctenoparia inopinata</i> de pulgas en cada localidad de muestreo como variable dependiente.....	58
Anexo 4: Script utilizado en programa R Studios para realizar análisis de regresión lineal de Poisson, teniendo a la abundancia de <i>Neotyphloceras. crassispina</i> de pulgas en cada localidad de muestreo como variable dependiente.....	58
Anexo 5: Script utilizado en programa R Studios para realizar análisis de regresión lineal de Poisson, teniendo a la abundancia de <i>Sphinctopsylla ares</i> de pulgas en cada localidad de muestreo como variable dependiente.....	59
Anexo 6: Script utilizado en programa R Studios para realizar análisis de regresión lineal de Poisson, teniendo a la abundancia de <i>Tetrapsyllus rhombus</i> de pulgas en cada localidad de muestreo como variable dependiente.....	59
Anexo 7: Script utilizado en programa R Studios para realizar análisis de regresión lineal de Poisson, teniendo a la abundancia de <i>Tetrapsyllus tantilus</i> de pulgas en cada localidad de muestreo como variable dependiente.....	59
Anexo 8: Scrip utilizado en programa R Studios para función de co ocurrencia (C-Score) según ausencia o presencia de pulgas en zonas muestreadas.....	60
Anexo 9: Localidades muestreadas ordenadas de norte a sur con su respectivo número de visitas durante el estudio.....	60
Anexo 10: Equivalencias para interpretar gráfico de presencia ausencia y Plot de co ocurrencia donde los nombres de las especies de pulgas fueron transformados y las localidades están reemplazadas por un número.....	61
Anexo 11: Esfuerzo de muestreo en las localidades realizada con correlación utilizando coeficiente de Spearman y su valor de significancia respectivo.....	62

Anexo 12: Tabla de localidades de muestreo con latitud, longitud, y condiciones ambientales (humedad mínima y máxima y temperatura mínima y máxima registradas) con sus respectivos valores de riqueza y abundancia de pulgas en <i>Abrothrix olivacea</i>	64
Anexo 13: Tabla extraída de Mamíferos de Chile, 2000 de Muñoz-Pedreros y Yáñez	67
Anexo 14: Especies de pulgas y abundancia según localidad de muestreo, ordenadas de norte a sur.....	70
Anexo 15: Tabla de especies de pulgas reportadas, incluyendo magnitudes de abundancia total, abundancia media, prevalencia, intensidad media y rango según cada especie.....	73
Anexo 16: Tabla de magnitudes abundancia y riqueza de infracomunidades de pulgas, por localidad de estudio ordenadas de norte a sur.....	75
Tabla 17: Roedores que cohabitan con <i>Abrothrix olivacea</i> según localidades de muestreo, ordenadas de norte a sur.....	77

RESUMEN

Conocer la distribución de los parásitos es relevante desde el punto de vista de la salud pública. Aunque, existen diversas hipótesis para explicar la distribución de la riqueza y abundancia de las especies (ej. “hipótesis del centro de abundancia”, “hipótesis de óptimo de abundancia”, “hipótesis latitudinal”, “gradiente latitudinal de diversidad”, entre otras), la mayoría de ellas han sido evaluadas en vertebrados de vida libre, mientras que para invertebrados no se ha encontrado evidencias suficientes que sustenten estas hipótesis y menos aún para las especies parásitas.

En las hipótesis señaladas, los factores ambientales serían los que determinan la distribución de las especies, sin embargo, para el caso de las especies parásitas, cobran importancia la disponibilidad de recursos representados por las distintas especies de hospedadores que estos parasitan. Dado el comportamiento generalista o especialista de las especies de parásitos, se podrían generar diferencias en la distribución de la riqueza de especies parásitas a través de la distribución de los hospedadores.

Las pulgas son parásitos que habitan en todo el mundo, incluso en desiertos y la Antártica, son muy importantes epidemiológicamente, ya que transmiten microorganismos patógenos responsables de cerca de 45 enfermedades, afectando tanto a humanos, como a animales, formando parte de ciclos zoonóticos. Parasitan al 95% de los mamíferos, entre ellos roedores cricétidos los que cuentan con una mayor riqueza de pulgas. En la presente investigación utiliza como modelo de estudio la especie *Abrothrix olivacea* (Waterhouse, 1839) y sus pulgas, para evaluar los factores que determinan la distribución de la abundancia y riqueza de especies de pulgas en este roedor a lo largo de su distribución en Chile. *A. olivacea* es uno de los roedores con más amplia distribución en Chile, abarcando desde el límite con Perú hasta Tierra del Fuego. A través de esta amplia distribución, este roedor habita distintas regiones ecológicas y tiene interacciones estrechas con otras especies de roedores que pueden influir en la distribución de la abundancia y riqueza de pulgas que posee.

Como hipótesis se planteó que: 1) La riqueza de pulgas en *A. olivacea* se encuentra determinada por el número de especies de roedores con los que cohabita a lo largo de su distribución geográfica, esperando encontrar que *A. olivacea* presente mayor riqueza de pulgas en localidades donde cohabita con un mayor número de especies, 2) La reproducción de las pulgas está determinada por la humedad y la temperatura,

donde a menor temperatura y humedad la reproducción disminuye, por lo tanto, se espera encontrar menor abundancia en ambientes donde estos parámetros ambientales sean menores; y 3) Existe competencia interespecífica entre pulgas que cohabitan en un hospedador, por lo que se espera que las especies que conforman una comunidad co ocurran menos de lo esperado por azar.

La primera hipótesis fue evaluada a nivel de comunidades componentes, para ello se estimó la riqueza y abundancia de las pulgas en cada una de las localidades, adicionando datos de temperatura y humedad (mínima y máxima) de cada una de ellas, y la riqueza de especies de roedores que viven en simpatria con *A. olivacea*. Las variables se relacionaron a través de un modelo lineal generalizado aplicando la función de Poisson. Para la segunda hipótesis se realizó un análisis estadístico de MLG utilizando la función de Poisson, relacionando temperatura y humedad de las localidades donde se distribuyeron las 5 especies más abundantes y con más amplia distribución en el muestreo. Para la tercera hipótesis se evaluó la existencia de patrones de co ocurrencia de especies de pulgas a nivel de infracomunidades, a través del índice C-score.

Los resultados indican que no hay una relación estadísticamente significativa entre el número de especies de roedores que cohabitan con *A. olivacea* y la riqueza de pulgas. La distribución de la riqueza de especies de pulgas no mostró asociación con los factores ambientales a lo largo de la distribución geográfica de *A. olivacea*. Se encontró una relación positiva entre abundancia de pulgas y riqueza.

Para C-score se obtuvo un valor observado mayor al esperado, lo que indicaría que las especies no interactúan de una manera positiva ni negativa, sino que la estructura de las comunidades es al azar. Por lo tanto, se rechazan las tres hipótesis. Este estudio contribuyó a evaluar los factores que podrían determinar la distribución de estos ectoparásitos en *A. olivacea* e insta a investigar los efectos de otros factores no considerados en este estudio.

Palabras claves: *Abrothrix olivacea*, pulgas, riqueza, abundancia.

ABSTRACT

Knowing the distribution of parasites is relevant from the point of view of public health. Although, there are various hypotheses to explain the distribution of richness and abundance of species (eg "center of abundance hypothesis", "optimum abundance hypothesis", "latitudinal hypothesis", "latitudinal diversity gradient", among others).), most of them have been evaluated in free-living vertebrates, while insufficient evidence has been found to support these hypotheses for invertebrates, and even less so for parasitic species.

In the hypotheses indicated, the environmental factors would be those that determine the distribution of the species, however, in the case of the parasitic species, the availability of resources represented by the different host species that they parasitize become important. Given the generalist or specialist behavior of parasite species, differences in the distribution of parasite species richness could be generated through the distribution of hosts.

Fleas are parasites that inhabit the entire world, including in deserts and Antarctica, they are very important epidemiologically, since they transmit pathogenic microorganisms responsible for about 45 diseases, affecting both humans and animals, forming part of zoonotic cycles. They parasitize 95% of mammals, including cricetid rodents, which have a greater wealth of fleas. In the present investigation, the species *Abrothrix olivacea* (Waterhouse, 1839) and its fleas are used as a study model to evaluate the factors that determine the distribution of abundance and richness of flea species in this rodent throughout its distribution in Chile. . *A. olivacea* is one of the rodents with the widest distribution in Chile, ranging from the border with Peru to Tierra del Fuego. Through its wide distribution, this rodent inhabits different ecological regions and has close interactions with other rodent species that may influence the distribution of abundance and richness of fleas it possesses.

As a hypothesis, it was proposed that: 1) The richness of fleas in *A. olivacea* is determined by the number of species of rodents with which it cohabits throughout its geographical distribution, hoping to find that *A. olivacea* presents a greater richness of fleas in localities where it cohabits with a greater number of species, 2) The reproduction of fleas is determined by humidity and temperature, where at lower temperatures and humidity reproduction decreases, therefore, it is expected to find less abundance in environments where these parameters environmental are minor; and 3)

There is interspecific competition between fleas that cohabit in a host, so it is expected that the species that make up a community co-occur less than expected by chance.

The first hypothesis was evaluated at the level of component communities, for which the richness and abundance of fleas in each of the localities was estimated, adding data on temperature and humidity (minimum and maximum) of each of them, and the richness of rodent species that live in sympatry with *A. olivacea*. The variables were related through a generalized linear model applying the Poisson function. For the second hypothesis, a statistical analysis of GLM was carried out using the Poisson function, relating temperature and humidity of the localities where the 5 most abundant species were distributed and with the widest distribution in the sampling. For the third hypothesis, the existence of patterns of co-occurrence of flea species at the infracommunity level was evaluated through the C-score index.

The results indicate that there is no statistically significant relationship between the number of rodent species that cohabit with *A. olivacea* and flea richness. The distribution of flea species richness showed no association with environmental factors along the geographic distribution of *A. olivacea*. A positive relationship was found between abundance of fleas and richness.

For C-score, an observed value higher than expected was obtained, which would indicate that the species do not interact in a positive or negative way, but that the structure of the communities is random. Therefore, all three hypotheses are rejected. This study contributed to assess the factors that could determine the distribution of these ectoparasites in *A. olivacea* and encourages to investigate the effects of other factors not considered in this study.

Keywords: *Abrothrix olivacea*, fleas, wealth, abundance.

INTRODUCCIÓN

Los factores que determinan la distribución de abundancia y riqueza de especies son temas que aún se encuentran en debate en ecología, planteándose diversas hipótesis sobre los patrones observados (Amarante et al., 2016; Evans et al., 2008; Weber et al., 2017). Esto último debido a que las especies son individualmente dependientes de diferentes factores bióticos y abióticos, como son las propiedades intrínsecas, área geográfica y condiciones climáticas (Sarabeev et al., 2019)

Un patrón frecuentemente observado respecto a la distribución de la diversidad de especies y que ha recibido bastante atención, es la variación que existe en la diversidad de especies a través del gradiente latitudinal, el cual indica que la diversidad disminuye desde el Ecuador hacia latitudes más altas (Berduc et al., 2015). Para explicar las causas de este patrón, han sido planteadas diversas hipótesis, una de ellas es la hipótesis de migración histórica (Wallace, 1878), donde se indica que algunas especies escaparon de glaciaciones hacia latitudes menores, asentándose en trópicos (Schemske et al., 2009). Para esta hipótesis, los factores climáticos como la temperatura y humedad serían los más importantes en determinar esta distribución (Jurriaans y Hoogenboom, 2019). Sumado a esto, la mayor disponibilidad de recursos existente en los trópicos hace que se reduzca el nicho ecológico de las especies, disminuya la competencia, generando un aumento en la riqueza (Berduc et al., 2015). Esto último, permite la especialización de especies (Lomolino et al., 2006), por lo tanto, las especies que habitan el trópico tienen un número más bajo de individuos en su población comparado con zonas templadas (Van Der Mescht et al., 2018).

Adicional a esto, se plantea también la hipótesis de “aumento del tamaño de población” la cual plantea que, a medida que aumente la riqueza en áreas con recursos abundantes, también se podrían solapar los nichos respectivos aumentando la competencia y su vez disminuyendo los tamaños poblacionales, esto afectaría directamente la abundancia, observando una menor abundancia por especie a menor latitud (MacArthur, 1984, Van Der Merscht et al., 2018, Vázquez y Stevens, 2004). En consecuencia, el patrón latitudinal no estaría vinculado con latitud *per se*, sino con factores abióticos, bióticos e históricos (Morand et al., 2007).

Por otra parte, para explicar la distribución de abundancia se plantean otras hipótesis, una de ellas es la “hipótesis del centro de abundancia”, la cual explica que, en el centro geométrico de la distribución geográfica de una especie, habría mayor abundancia de individuos (Osorio-Olvera et al., 2016), debido a que las condiciones de

vida serían óptimas, por lo tanto, la abundancia sería una respuesta ante éstas (Weber et al., 2017). Sin embargo, dicha hipótesis no presenta un fuerte sustento, observándose sólo en el 39% de los estudios que la evalúan (Sagarin y Gaines, 2002). Producto de esto, se ha propuesto la hipótesis de “abundancia óptima”, la que indica que la abundancia es mayor en zonas donde hay óptimas condiciones de vida para la especie de estudio y a medida que se va alejando de esa zona, va disminuyendo su abundancia hacia la periferia (Krasnov et al., 2008; Vye et al., 2020).

En cuanto a distribución de la abundancia de especies parásitas, la hipótesis que indica que la abundancia es dependiente del rango geográfico del hospedador se ha puesto a prueba en metazoarios de la especie *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758 (Actinopterygii: Gasterosteiformes), donde no hubo relación directa entre la abundancia promedio del parásito y la distribución geográfica de los hospedadores analizados (Poulin et al., 2012). También, se ha evaluado si existe un patrón de distribución latitudinal en algunos grupos de parásitos de musarañas, ácaros, pulgas de roedores, donde no se ha encontrado evidencia de esta relación, por lo que, existirían otros factores que estarían influyendo (Van Der Mescht et al., 2018).

Algunas variables como factores abióticos y, rangos geográficos de distribución del hospedador, han sido indicadas como responsables de la distribución de la abundancia, incluso se ha propuesto que la abundancia fuera un atributo dependiente de la especie, por lo que estaría determinada genéticamente (Krasnov et al., 2006a). Sin embargo, aún faltan antecedentes que aporten al entendimiento de los factores que influyen en la distribución de la riqueza y la abundancia de especies (Stephens et al., 2016), sobre todo en algunos grupos poco estudiados (Shvydka et al., 2018, 2020).

Las hipótesis mencionadas se han puesto a prueba, principalmente, en organismos de vida libre (Economu et al., 2018), encontrando distinta evidencia para sustentarlas, mientras que, en organismos parásitos, las investigaciones son más reducidas, por lo que, la evidencia es más escasa e incluso ausente en muchos grupos (Panisse, 2015). Por lo tanto, esto ha llevado al planteamiento de nuevas hipótesis que están dirigidas específicamente a la interacción parásito-hospedador.

Para el caso de la distribución de la riqueza de especies parásitas, se ha propuesto como hipótesis que la distribución de los parásitos son dependientes del rango de distribución geográfica del hospedador (Seoane et al., 2017), donde a mayor rango de distribución del hospedador, este albergará una mayor riqueza de parásitos. Considerando también la regla de Rapoport, donde a medida que las especies se acercan al Ecuador tienen un menor rango de distribución, esta disminución del rango

geográfico del hospedador se asocia a menudo con una pérdida de diversidad de parásitos (Torres-Pérez et al., 2004), lo que se traduce a que las especies que viven en latitudes más altas deberían albergar más parásitos. Esta hipótesis ha presentado mayor sustento, encontrándose una correlación positiva entre la riqueza de parásitos (ej. helmintos, *Plasmodium* y *Haemoproteus*) y rango geográfico de los hospedadores (Cuevas et al., 2020, Torchin, 2015). Por otra parte, se ha planteado que en los lugares donde hay mayor riqueza de parásitos, hay menor abundancia de individuos de cada especie, explicado principalmente por el aumento de la competencia interespecífica entre ellos (Morand et al., 2007).

El contacto que puedan tener distintas especies hospedadoras a través de su rango de distribución podría contribuir a aumentar la diversidad de especies que la parasitan, sobre todo con parásitos generalistas. Un ejemplo de esto es *Tamias alpinus*, Merriam, 1893 (Mammalia: Rodentia) en el cual inicialmente se había descrito solo una especie de pulga *Oropsylla tuberculata tuberculata*, Baker, 1904 (Insecta: Siphonaptera) (Fleer et al., 2011); sin embargo, estudios recientes informan siete especies de pulgas adicionales que parasitan a este roedor. Uno de los factores determinantes de este aumento en la riqueza de pulgas, podría ser el contacto estrecho con la especie *Tamias speciosus*, Merriam, 1890 (Mammalia: Rodentia) roedor que es hospedador de varias especies de pulgas y que se caracteriza por ser generalista de hábitat en comparación a *T. alpinus*, (Hammond et al., 2019). También se ha evidenciado que las mismas especies de pulgas pueden ser encontradas en especies de cricétidos (Cricetidae) que viven en simpatria (Moreno-Salas et al., 2020).

Los parásitos son buenos modelos de estudio para poner a prueba hipótesis sobre distribución de riqueza y abundancia, debido a que su nicho ecológico es fácilmente delimitable si lo comparamos con especies de vida libre (Krasnov et al., 2001; Marcogliese, 2016; Molina-Morales et al., 2016; Poulin et al., 2011), se suma a esto la facilidad de obtener muestras de parásitos (Bayas y Cañar, 2020).

Con el propósito de evaluar los factores asociados a la distribución de la riqueza y abundancia de parásitos, se utilizó como modelo de estudio al roedor cricétido *Abrothrix olivacea* (Syn=*Abrothrix olivaceus*) (Waterhouse, 1837) (Rodentia: Cricetidae) y las pulgas que lo parasitan. Este roedor presenta una amplia distribución geográfica y abundancia en Chile, tiene importancia como reservorio de patógenos y presenta una alta riqueza de pulgas, alcanzando las 33 especies en Chile (Beaucournu et al., 2014; Iriarte, 2007).

Modelo de estudio: Pulgas en *Abrothrix olivacea*

Las pulgas (Insecta: Siphonaptera) corresponden a un grupo monofilético formado por 19 familias, 30 subfamilias, 43 tribus, 246 géneros (Whiting et al., 2008) con distribución mundial (Krasnov, 2008). Se calcula que existen unas 3.000 especies y subespecies, sin embargo, cerca de 2.575 han sido descritas (Lewis, 1998; Whiting et al., 2008). Se caracterizan por ser comprimidas latero lateralmente, sin alas (Hastriter y Whiting, 2009), de 2-10 mm de largo (Bitam et al., 2010). Son holometábolos hematófagas obligadas y su ciclo de vida comprende una metamorfosis completa (Castillo, 2019) con cuatro estadios; un huevo del cual eclosiona una larva y luego muda a pupa inactiva, antes de emerger como adulto para ser parásito (Krasnov et al., 2001). Su desarrollo es en lugares aledaños a su hospedador (Castillo, 2019) y los estadios inmaduros son de vida libre, no parásitos (Acosta, 2005).

Las pulgas son parásitos generalistas en su gran mayoría (Appelgren et al., 2016, 2018), es decir, parasitan varias especies, cambiándose de un hospedador a otro (Van Der Mescht et al., 2015). Sin embargo, presentan diferentes grados de especificidad, Las familias: Pulicidae, Tungidae, Rhopalopsyllidae, Pygiopsyllidae, Stivaliidae, Hystrihopsyllidae, Stephanocircidae, Ceratophyllidae y Leptopsyllidae contienen especies generalistas. Mientras que hay especies de pulgas que parasitan un rango más acotado de hospedadores, como las que pertenecen a las familias Ischnopsyllidae, (Krasnov et al., 2006a) que se encuentran asociadas a murciélagos (Chiroptera), Chimaeropsyllidae a musarañas de elefante (Macroscelidea) y Malacopsyllidae a armadillos (Cingulata) (Ritzi 1999; Zurita et al., 2023).

Dependiendo de la especie, las pulgas pueden presentar cinco tipos de ciclos de vida, mencionadas en orden alfabético: las pulgas de ciclo A se reproducen todo el año, las ciclo B hibernan y se reproducen en los meses cálidos, las tipo C parasitan hospedadores que hibernan, por lo que están activas sólo cuando su hospedador lo está, las tipo D tienen hospedadores que tienen nidos o madrigueras solamente por una temporada del año y se reproducen solo en esa época, por último las E, parasitan hospedadores que viven en refugios durante todo el año, pero ellas sólo se reproducen en un período (Krasnov, 2008).

La mayoría pasan gran parte del tiempo fuera de su hospedador, en los nidos o madrigueras que estos construyen o frecuentan y solo tienen contacto con estos cuando necesitan alimentarse (Krasnov et al., 2001). Esto último es un aspecto relevante, ya que estos refugios proporcionan un microclima, aislándolas de las condiciones ambientales externas, por lo que, el clima de los nidos o madrigueras

mantiene un microclima más estable para las pulgas (Krasnov, 2008). Las épocas reproductivas se concentran en primavera-verano donde hay mayor temperatura y condiciones óptimas de humedad (Friggens, 2010). El conocimiento del tipo de ciclo y la estación reproductiva de las pulgas, ayuda a inferir cuando hay una mayor abundancia y riqueza de ellas, factores que influyen en los ciclos de las enfermedades (Gracia et al., 2008).

La presencia de las pulgas en distintas zonas geográficas no solo está determinada por la distribución de su hospedador, sino que también por su capacidad de adaptarse a diferentes condiciones climáticas (Van Der Mescht et al., 2013), sobre todo de humedad y temperatura, que afecta a las etapas inmaduras de su ciclo biológico (Krasnov et al., 2001), incluso se ha reportado que a mayor confort ambiental viven más (Leeson, 1932). Algunas pulgas han desarrollado tolerancia a ambientes extremos (Hastriter y Whiting, 2009), como desiertos, donde se encuentran varias especies de *Xenopsylla* (Rzotkiewicz et al., 2015) y Antártica, donde está presente *Glaciopsyllus antarcticus*, Smit y Dunet 1962 (Insecta: Siphonaptera) (Barbosa y Palacios, 2009).

Los roedores cricétidos se caracterizan por poseer una gran riqueza de pulgas, un representante de este grupo es *Abrothrix olivacea*, ampliamente distribuido en Chile, desde su latitud norte -18° hasta los -56° en Tierra del Fuego (Paterson et al., 2015), y que es parasitado por una alta riqueza de especies de pulgas (Beaucournu et al., 2014).

Abrothrix olivacea, comúnmente llamado ratón oliváceo (Fernández et al., 2011) u olive mouse en inglés (Giorello et al., 2021), es un roedor de pequeño tamaño, su peso varía de 24-42 g (Iriarte, 2007), promediando 21 g (Fernández et al., 2011), de orejas y rostro cortos (Rodríguez-Serrano et al., 2006), su pelaje varía desde marrón oscuro/oliva hasta grisáceo con parches anaranjados o amarillentos en nariz, patas y cola (Iriarte, 2007; Patton et al., 2015). De amplia distribución en Chile, limitando en el norte con Perú (Muñoz-Pedreros y Yáñez, 2000) hasta Tierra del Fuego en el sur, desde el nivel del mar (Rodríguez-Serrano et al., 2006) hasta los 2500 m.s.n.m. (Iriarte, 2007). Su conducta es parcialmente diurna (Patton et al., 2015) y para refugiarse, construye nidos, como también puede ocupar nidos de otros animales (Iriarte, 2007). La época reproductiva puede variar desde septiembre hasta abril (Iriarte, 2007, Patton et al., 2015), teniendo entre 4-6 crías por camada y entre 2-3 camadas por periodo reproductivo (Muñoz-Pedreros y Yáñez, 2000). En Chile existen siete subespecies: *A. o. tarapacensis* distribuido desde la Quebrada de Camarones en

la región de Arica hasta la Desembocadura del Río Loa en la provincia de Antofagasta, *A. o. olivacea* que habita desde Arica hasta Talca, *A. o. mochae* habita solo en Isla Mocha, *A. o. penganus* desde Talca hasta el Río Cautín, *A. o. brachiotis* habita bosques valdivianos y archipiélagos hasta Río Aysén (Rodríguez-Serrano et al., 2006), *A. o. xantorhinus* se encuentra en la Patagonia chilena y argentina, por último, *A. o. markhami*, cuya distribución es en Isla Wellington y las regiones adyacentes a Chile continental (Rodríguez-Serrano et al., 2008).

A través de su amplia distribución en Chile, *A. olivacea* vive en simpatria con una amplia diversidad de micromamíferos, variando la riqueza de estos a través de su rango (Anexo 13; Fernández et al., 2011; Torres-Pérez, 2004). Observándose que en las latitudes 37°, 45° y 50°S (correspondientes a la zona sur de Chile) es donde se encuentra cohabitando con una mayor riqueza de especies. Por lo tanto, en las zonas donde aumenta la diversidad de especies de micromamíferos viviendo en simpatria con *A. olivacea*, es más probable que aumente la riqueza de pulgas que lo parasitan, esto podría deberse a las interacciones ecológicas entre las especies y la facilidad de contacto entre ellas, pero también se podría postular que las especies involucradas, a pesar de que pertenezcan a diferentes taxones, tienen una historia evolutiva en común donde incluso se podría hablar de una relación de covariación como lo menciona Samaniego y Marquet (2009) entre mamíferos y mariposas.

Comprender la forma y las causas de la distribución de la riqueza y abundancia de las pulgas cobra relevancia desde el punto de vista de la salud pública, ya que algunas especies actúan como vectores (Bitam et al., 2010) pudiendo transmitir cerca de 45 agentes infecciosos (Hornok et al., 2010), tales como: *Yersinia pestis* Lehmann y Neumann, 1896 (Gammaproteobacteria: Enterobacterales), *Rickettsia* spp., *Bartonella* spp., *Anaplasma* spp., entre otras, responsables de grandes pandemias en la historia de la humanidad (Ej. Peste bubónica, tifus) (Castañeda y Ramos, 2020). Según la OMS en el 2011, las enfermedades transmitidas por artrópodos representan el 17% de las enfermedades infecciosas (Amarante et al., 2016) teniendo importancia médica y económica (Torres-Castro et al., 2020), siendo responsables de 19% de las muertes humanas (Lebarbenchon et al., 2008) . Esto es aún más importante cuando hablamos de roedores como hospedadores, ya que el 95% de todas las especies de pulgas se han colectado en ellos (Hastriter y Whiting, 2009, Krasnov et al., 2001, Morand et al., 2007, Sanchez et al., 2018), lo que los hace también ser los principales reservorios de enfermedades (Sanchez et al., 2018) .

Al dilucidar cuáles son los lugares con mayor riqueza de especies de roedores interactuando con *A. olivacea*, qué lugares son los que tienen una mayor riqueza de especies de pulgas y mayor abundancia por especie de parásitos, se podrían identificar *hotspots*, para luego conducir a predicciones correctas espaciales y epizooticas (Sanchez et al., 2018, Stephens et al., 2016), lo que se traduciría en crear estrategias para su mejor control (Acosta, 2005).

Por lo tanto, este estudio tiene como principal propósito determinar cuáles son los factores más relevantes asociados a la distribución de la riqueza y la abundancia de las especies de pulgas que parasitan *A. olivacea* en Chile, planteándose las siguientes preguntas de investigación: ¿Existe algún patrón de distribución de la abundancia y riqueza de pulgas en *A. olivacea*? ¿Qué factores explican la distribución de la abundancia y riqueza de pulgas en este roedor? Estas preguntas serán abordadas en dos niveles de organización ecológica de las comunidades parasitarias estudiadas: 1) infracomunidad, entendido como un conjunto de infrapoblaciones presentes en un individuo hospedador y 2) comunidad componente, que comprende al conjunto de infracomunidades presente en una población de hospedadores (Bush et al., 1997).

HIPÓTESIS

1.- La riqueza de pulgas en *A. olivacea* se encuentra determinada por el número de especies de roedores con los que cohabita a lo largo de su distribución geográfica, esperando encontrar mayor riqueza en localidades del centro y sur de Chile, correspondiente a zonas con mayor riqueza de especies de roedores que comparten hábitat con *A. olivacea*.

2.- La reproducción de las pulgas está determinada por la humedad y la temperatura, donde a menor temperatura y humedad la reproducción disminuye, por lo tanto, se espera encontrar menor abundancia en ambientes donde estos parámetros ambientales sean menores.

3.- A nivel de infracomunidades existe competencia interespecífica entre pulgas, por lo que se espera que las especies que conforman una infracomunidad co ocurran menos de lo esperado por azar.

OBJETIVOS GENERALES

Evaluar los factores que determinan la distribución de la riqueza y la abundancia de especies de pulgas presentes en *A. olivacea* a lo largo de su distribución en Chile.

Objetivos específicos:

- 1- Estimar la abundancia y riqueza de pulgas a nivel de infracomunidades y comunidad componente.
- 2- Determinar la distribución de la riqueza y abundancia de pulgas a través de la distribución de *A. olivacea*.
- 3- Evaluar asociación entre riqueza de pulgas con el número de especies de roedores con los que cohabita *A. olivacea* y los factores climáticos pertenecientes a las localidades de muestreo (humedad y temperatura).
- 4.- Evaluar asociación entre la abundancia de pulgas y riqueza pulgas, factores ambientales y especies de roedores que cohabitan con *A. olivacea*
- 5.-Evaluar la co ocurrencia de especies a nivel de infracomunidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de muestreo

Las localidades muestreadas se encuentran distribuidas en tres zonas: la zona norte comienza con el límite político de Chile en la latitud $-17,29^{\circ}\text{lat}$ hasta el Río Aconcagua ($-32,54^{\circ}\text{lat}$), la zona centro se inicia en el Río Aconcagua ($-32,54^{\circ}\text{lat}$) y termina en la Región del Biobío ($-36,26^{\circ}\text{lat}$) y la zona sur, parte desde la Región del Biobío ($-36,26^{\circ}\text{lat}$) hasta los $-56,32^{\circ}\text{lat}$.

Tal-Tal ($-25,40^{\circ}\text{lat}$) es la localidad más al norte del muestreo y la Reserva Nacional Magallanes ($-53,15^{\circ}\text{lat}$) la más austral. Las muestras que se utilizaron fueron colectadas en diversas campañas de terreno entre los años 2010 y 2018, donde se muestrearon en total 44 localidades de Chile (Anexo 1, Anexo 12). Estos muestreos fueron financiados por los proyectos Fondecyt 1130948, 11000695 y 11159875.

Los muestreos fueron realizados en los meses de verano (diciembre a febrero) e invierno (julio a septiembre), donde la mayoría de las zonas correspondieron a áreas silvestres protegidas (Parque Nacionales o Reservas Nacionales) y algunos fueron localidades urbanas. Todos los muestreos fueron autorizados por el Comité de Bioética de la Universidad de Concepción y por el SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). Los muestreos en las áreas silvestres protegidas fueron autorizados por CONAF (Corporación Nacional Forestal). Las localidades de muestreo se indican en el Anexo 1.

Captura de roedores

Los roedores fueron capturados usando trampas Sherman ($23 \times 7,5 \times 9$ cm, Sherman Co., Tallahassee, EE. UU.) y también trampas de malla de alambre ($30 \times 10 \times 11$ cm; Forma Ltd., Santiago, Chile), donde se utilizó avena como cebo.

Cada localidad fue muestreada dos noches consecutivas y en cada lugar las trampas se posicionaron a lo largo de líneas con un espacio entre trampas de 5 a 10 metros, siendo activadas a la hora del crepúsculo y revisadas cada mañana a la madrugada siguiente.

Se realizó el reconocimiento de las especies de roedores en base a Iriarte (2007). Los roedores fueron retirados de las trampas de acuerdo con Mills (1995) y posteriormente fueron anestesiados con un protocolo de ketamina: xilacina (1:1) (Carpenter, 2018) inoculada de forma intramuscular en uno de los miembros posteriores con jeringas de 1 ml. Luego del manejo anestésico, los roedores fueron introducidos en una bolsa de

plástico previamente tarada para registrar su peso, posterior a esto se tomaron las medidas corporales con un pie de metro digital.

Para la recolección de pulgas de los roedores se realizó un cepillado en el pelaje de éstos en contra y a favor del crecimiento natural del pelo sobre una superficie blanca, posteriormente las pulgas fueron recolectadas utilizando pinzas y luego preservadas en tubos de microcentrífuga estériles con etanol al 95%. Finalizada esta etapa, se aplicó un crotal metálico en la oreja derecha de cada roedor para luego ser liberados en el mismo sitio de captura, excepto los roedores invasores (Mammalia: Rodentia: Muridae) [rata negra (*Rattus rattus*) Linnaeus, 1758, rata noruega (*Rattus norvegicus*) Berkenhout, 1769 y ratón doméstico (*Mus musculus*) Linnaeus, 1758], que fueron sacrificados por dislocación cervical (Mills *et al.*, 1995) y no fueron incluidos en los análisis.

Procesamiento de muestras en laboratorio

Para realizar la identificación taxonómica de las pulgas en el laboratorio se hizo un pequeño orificio entre el segundo y tercer esternito, se tomó cada ejemplar de pulga dejándola de 24 a 48 horas en una solución de KOH para aclararla y así expulsar contenido intestinal. Luego cada ejemplar se pasó por una batería de alcoholes en forma ascendente (70%, 80%, 95% y 100%) por 30 minutos en cada uno de ellos.

El montaje se realizó utilizando los procedimientos descritos por Resh y Cardé (2009) donde en un portaobjeto se aplicó una gota de Bálsamo de Canadá y luego se posicionó la pulga sobre éste, dejando la cabeza del ejemplar hacia la izquierda. Los preparados se dejaron secar a temperatura ambiente. Finalmente, las pulgas se identificaron utilizando un microscopio óptico, basadas en claves taxonómicas, descripciones y catálogos de Hopkins y Rothschild (1953, 1962, 1987), Johnson (1957), Jordan (1926), y redescrpciones de Sanchez *et al.* (2012) y Sanchez y Lareschi (2014b).

Análisis de datos

Se calculó la riqueza (número de especies) y abundancia parasitaria (número de pulgas de una misma especie) para cada individuo (infracomunidad) y cada localidad (comunidad componente), siguiendo a Morand *et al.* (2007) y Poulin *et al.* (2011).

Se determinaron las especies de roedores que viven en simpatria con *A. olivacea*, utilizando los datos de las capturas realizadas en cada localidad, complementados con datos bibliográficos de Muñoz-Pedrerros (2000) (Anexo 13). Luego se realizó una búsqueda de las variables ambientales: humedad y temperatura mínima y máxima, de

cada localidad de muestreo, extraídas del sitio web www.explorador.cr2.cl, en conjunto con la base de datos de worldclim.org. Otras variables asociadas a la geolocalización como la latitud y longitud se obtuvieron a través de geodatos.net, antipodas.net y mapsofworld.com (Anexo 12).

Para realizar el procesamiento de información, se construyó una planilla en Excel en formato “.csv” ordenando las localidades de muestreo de norte a sur, en conjunto con los datos de temperatura (mínima y máxima) y humedad (mínima y máxima) correspondientes a cada localidad. Luego se evaluó la distribución de los datos a través de gráficos de distribución, valores “p” e histogramas. Estos análisis indicaron que los datos no se distribuían de forma normal y corresponden a datos de recuento, por lo que se decidió utilizar un modelo lineal generalizado (MLG) con función de Poisson.

Para evaluar si el número de especies que cohabitan con *A. olivacea* era más importante que los factores climáticos de cada localidad (temperatura mínima y máxima, humedad mínima y máxima) (Tabla 1) se realizó un modelo lineal generalizado utilizando la función de Poisson, que permite relacionar las diversas variables (Temperatura mínima, máxima, humedad mínima y máxima riqueza de pulgas, por especie y número de especies que cohabitan (Scripts desde el Anexo 2-7)). Los resultados del MLG fueron interpretados según el signo del valor, si es negativo indica que la relación existe, pero de manera inversa y si es positivo existe de manera directa. Se consideraron como significativos los valores de “p” $\leq 0,05$.

Para evaluar si existió asociación entre abundancia y riqueza de pulgas se seleccionaron las 5 especies de pulgas con una mayor distribución en las localidades de muestreo y simultáneamente con mayor abundancia, estas fueron: *Ctenoparia inopinata*, Rothschild, 1911, *Neotyphloceras crassispina*, Rothschild, 1914 *Sphinctosylla ares*, Rothschild, 1911, *Tetrapsyllus rhombus*, Smit, 1955 y *Tetrapsyllus tantilus*, Jordan y Rothschild, 1923. También se utilizó un modelo lineal generalizado con la función de Poisson, añadiendo los datos de cada una de las localidades, dando como resultado un coeficiente negativo o positivo y un “p” para confirmar si el resultado es de significancia o no.

Finalmente, para evaluar co ocurrencia, se construyó una base de datos donde se incluye la información de cada uno de los individuos muestreados, el número asociado al crotal, la fecha de captura, la localidad de captura y también las especies que los parasitaban a cada uno de ellos, en total fueron 455 roedores (datos no agregados). Para simplificar esta información se seleccionó a los roedores parasitados con las

especies de pulgas con mayor abundancia para representar los resultados por localidad e infracomunidad.

Para analizar estos datos, se utilizó el índice de C-score que es un índice cuantitativo de ocurrencia que mide el grado en que las especies se encuentran con menos frecuencia de lo esperado por el azar (Gotelli, 2000). Cuando el índice C-score observado es significativamente mayor que el simulado, indica que las especies co ocurren menos frecuentemente que lo esperado por azar, indicando que la comunidad se estructura por competencia; mientras que si C-score observado es significativamente menor al simulado, se sugiere que las especies co ocurren más frecuentemente de lo esperado por azar, indicando que existe interacción positiva entre las especies (Gotelli, 2000). Para esto, se utilizó una matriz de datos binaria en el programa EcoSim Professional versión 2004, donde se obtuvieron resultados de índice de C-score esperado, observado, varianza, y valor p de significancia (Kamilar y Ledogar, 2011; Ulrich et al., 2009).

Previo al análisis de los datos, se realizó una prueba de normalidad con Shapiro Wilks que se utiliza cuando hay datos con menos de 50 observaciones. Los datos no se ajustaron a la distribución normal ($p < 0,05$). Adicionalmente, para dilucidar si hay algún sesgo dentro de los valores en los resultados estadísticos, por el número de visitas a cada localidad de muestreo, se realizó una prueba de correlación simple con el índice que Spearman, el que varía de -1 a 1, donde la correlación es alta cuando está en dichos extremos (-1 y 1), correlación moderada cuando el valor es cercana a -0,5 o 0,5 y baja cuando es cercana o nula cuando está más cerca de 0. Es importante mencionar que la significancia o el valor de “p” debe ser $p \leq 0,05$, para que estos resultados sean validados, si no es así el valor obtenido pudo deberse al azar. Para ambos análisis se utilizó el Software “RStudios” versión 4.1.3.

Evaluación de sesgo de visitas a cada localidad

No hubo asociación estadística entre el número de visitas a cada una de las localidades y la abundancia. Se demuestra sólo 8 valores de p que indican significancia y sesgo, todos los demás están sobre 0,05, por lo tanto, son resultados sin ningún tipo de confianza significativa. Las localidades que contienen valores de p dentro del rango de confianza tienen valores bajo 0,5 o cercanos a este, lo que significa que la relación no sería significativa tampoco (Anexo 11).

RESULTADOS

Riqueza y abundancia de las infracomunidades

En total fueron capturados 2.431 *A. olivacea*, de los que 455 estaban parasitados con pulgas, desde donde se obtuvieron 1.022 pulgas y se identificaron 25 especies (Anexo 10, 14 y 15). En las 44 localidades muestreadas se obtuvo al menos un ejemplar de pulga.

Respecto a la riqueza de pulgas en las infracomunidades, esta fluctuó entre 1 y 5 especies. El valor máximo obtenido fue de 5 especies reportado en la localidad de Caleta Chungungo (-29,44° lat), correspondientes a: *Ctenoparia inopinata* Rothschild, 1911, *Neotyphloceras crassispina* Rothschild, 1914, *Sphinctopsylla ares* Rothschild, 1911, *Tetrapsyllus tantillus*, Jordan y Rothschild, 1923 y *Tetrapsyllus rhombus*, Smit 1955 (Insecta: Siphonaptera).

Un total de 309 individuos (67,91%) fueron parasitados con una sola especie de pulga, siendo la frecuencia más repetida dentro de todas las localidades de muestreo. 113 individuos (24,83%) se reportaron parasitados con 2 especies de pulgas, 30 individuos (6,59%) parasitados con 3 especies de pulgas, 1 individuo (0,21%) se reportó con 4 especies de pulgas y 1 individuo (0,21%) con 5 especies de pulgas (Figura 1).

Hubo seis roedores que portaron solo 1 especie de pulga con un ejemplar para cada especie: *Ectinorus* sp. y *Ectinorus cocyti* Rothschild, 1904 en el Parque Nacional Fray Jorge (-30.66° lat), *Tetrapsyllus corfidii*, Rothschild, 1904 en la Reserva Nacional Las Chinchillas (-31.61° lat), *Leptopsylla segnis* Schönherr, 1811 en Canela Baja (-31.38°lat), *Ctenoparia jordani*, Smit, 1955 en Parque Inglés (-35.47° lat) y *Ctenoparia propincua* autor en Isla Mocha (-38.23°lat) (Insecta: Siphonaptera).

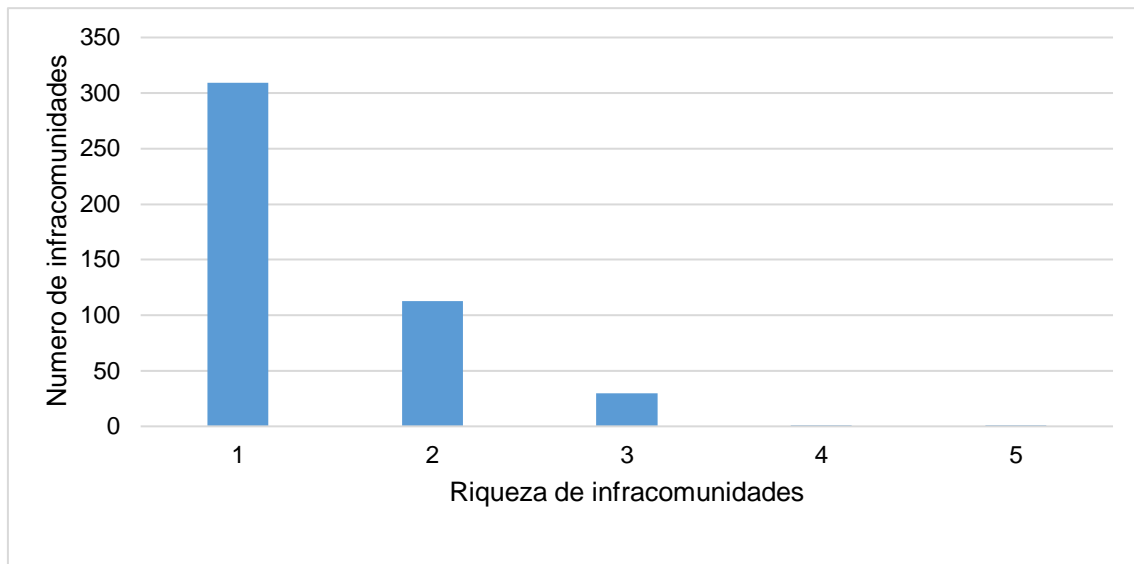


Figura 1: Distribución de la frecuencia de la riqueza de las infracomunidades de pulgas en *Abrothrix olivacea* a través de su distribución en Chile.

Para abundancia, las infracomunidades mostraron un rango máximo de 1 a 20 pulgas por roedor y mínimo de 0 a 1. La mayor abundancia se registró en Canela baja (-31,38° lat), donde un *A. olivacea* hospedó a 20 ejemplares, todos correspondientes a la especie *N. chilensis* (Anexo 14 y 15). Otras infracomunidades con alta abundancia, 13, 15 y 17, fueron reportadas en la Reserva Nacional Las Chinchillas (-31,61° lat). Por otra parte, 251 roedores albergaron (23,54%) solo un individuo pulga, 67 individuos (6,28%) fueron parasitados por 2 pulgas, 63 (5,90%) con 3 pulgas, 20 *A. olivacea* (1,87%) con 4 pulgas, 25 (2,34%) con 5 pulgas, 11 individuos (1,03%) con 6 pulgas, 6 individuos (0,56%) con 7 pulgas, 4 individuos (0,37%) con 8 pulgas, 2 individuos (0,18%) con 9 pulgas, 1 individuo (0,09%) con 10 pulgas, 2 individuos (0,18%) con 13 pulgas, 1 (0,09%) con 17 y finalmente el individuo (0,09%) reportado con 20 (Figura 2).

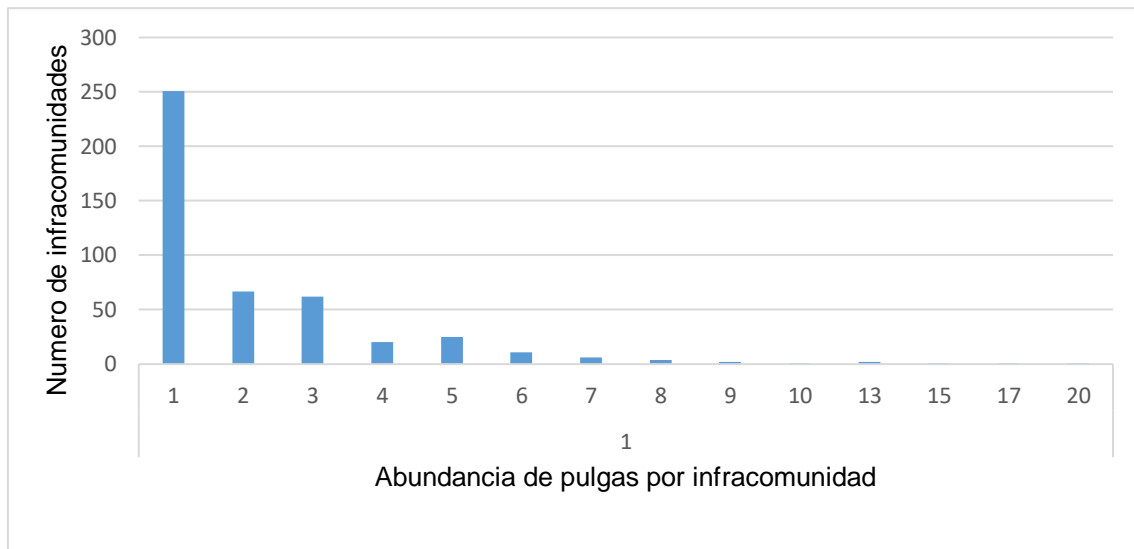


Figura 2: Distribución de la frecuencia de la abundancia de las infracomunidades de pulgas en *Abrothrix olivacea* a través de su distribución en Chile

Distribución de abundancia de pulgas a nivel geográfico (comunidades componentes)

Considerando el total de pulgas, la mayor abundancia fue hallada en las localidades de la zona centro (-32,67°lat hasta -36,26°lat) y sur del país (-36,26°lat hasta -56,32°lat) y el menor número en la zona norte de Chile (-17,29°lat hasta -32,54°lat). Sin embargo, en la zona norte, se destacan el Parque Nacional Fray Jorge (-30,66°lat) con una abundancia de 118 pulgas, el Parque Nacional Las Chinchillas (-31,61°lat) con 95 y en la zona sur, Isla Mocha (-38,23°lat) con 73 pulgas. La menor abundancia se reporta en tres localidades: Reserva Nacional El Yali (-33,44° lat), Sierras de Bellavista (-34,80° lat) y Valdivia (-39,81° lat) todas con 1 pulga reportada.

La mayor abundancia media fue reportada en la Reserva Nacional Coyhaique (-45,51° lat) con 3,77, seguida por Isla Chungungo (-29,41° lat) y Quilmo (-36,67° lat), ambas con 3,5, la más baja se describe en Reserva Nacional El Yali (-33,44° lat) con un valor de 0,14 (valores de todas las localidades de muestreo en anexo 15). La especie que representó la mayor abundancia fue *C. inopinata* en Parque Nacional Laguna del Laja (-37,42°).

Las especies de pulgas que se distribuyeron en casi la totalidad de la distribución de *A. olivacea* fueron: *S. ares* con presencia en 28 localidades de muestreo (desde -29,41°lat hasta -53,15°lat), *N. crassispina* en 26 localidades (desde -25,40°lat hasta -40,04°lat), *C. inopinata* en 25 lugares (desde -25,40°lat hasta -46,04°lat), y por último *T. rhombus* presente en 23 localidades (desde -29,44°lat hasta -53,15°lat). Las

especies que presentaron un rango de distribución restringido a una sola localidad fueron: *C. jordani* (-35,48°lat), *C. propinqua* (-38,23°lat), *E. cocyti* (-30,66°lat), *Ectinorus* sp. (-30,66°lat), *L. segnis* (-31,38°lat) y *T. corfidii* (-31,61°lat).

Dentro de las especies mencionadas, *S. ares* estuvo presente en 28/44 localidades (63,63%) destaca en la zona sur de Chile donde la mayor abundancia se encuentra en la Isla Mocha (-38,23°lat; n=22), Puyehue (-40,65°lat; n=17), Chiloé (-42,63°lat; n=15) y Coyhaique (-45,51°lat; n=21). *Neotyphloceras crassispina* con presencia en 26/44 localidades (59,0%) tiene mayor abundancia en la zona centro sur, en Quilmo (-36,67°lat; n=11) e Isla Mocha (-38,23°lat; 9). *Ctenoparia inopinata* estuvo presente en el 56,8% de las localidades prospectadas (25/44 localidades), presentando la mayor abundancia en Concepción (-36,83°lat; n=26), Puyehue (-40,65°lat; n=32), Hornopirén (-41,44°lat; n=21) y Chiloé (-42,63°lat; n=36). *T. rhombus* con presencia en 23/44 localidades (52,2%) por su parte también destaca zona central con los Queules (-36,01°lat; n= 20) y también en la zona sur con Isla Mocha (-38,23°lat; n= 26) y Puyehue (-40,65°lat, n= 17). *Tetrapsyllus tantilus* se presenta en 22/44 localidades (50%) destaca en la zona norte, donde el Parque Nacional Fray Jorge (-30,66°lat; n=45) es la localidad de muestreo con mayor abundancia para esta especie. Finalmente, *N. chilensis* estuvo presente en el 31,8% (14/44) de las localidades, donde la mayor abundancia se encontró en localidades de la zona norte: Canela Baja (-31,38°lat; n=42) y Parque Nacional Las Chinchillas (-31,61°lat; n=63). En la Figura 1 se indican las localidades de muestreo y la presencia de las especies de pulgas.

Distribución de riqueza de especies de pulgas a nivel geográfico (comunidades componentes).

Respecto a la riqueza, esta varió de 1 a 5 especies, donde la riqueza máxima se reportó en un único individuo de Caleta Chungungo (-29,44°lat) con 5 especies: *N. crassispina*, *N. chilensis*, *S. ares*, *T. tantilus* y *T. rhombus*. En 4 localidades la riqueza fue de 1 especie: Reserva Nacional El Yali (-33,44°lat), Sierras de Bellavista (-34,80°lat), Parque Nacional Nahuelbuta (-37,79°lat) y Valdivia (-39,81°lat).

Analizando la distribución de la riqueza de especies de pulgas, las localidades con valores mayores correspondieron a: Parque Nacional Fray Jorge (-30,66°lat) con 12 especies y Canela baja (-31,38°lat) con 11 especies. En cambio, Reserva Nacional El Yali (-33,44°lat), Reserva Nacional Laguna Torca (-34,75°lat), Parque Nacional Nahuelbuta (-37,79°lat) y Valdivia (-39,81°lat) son las localidades que presentan la menor riqueza, todas con sólo una especie de pulga.

En la zona centro y sur de Chile existió una mayor riqueza de pulgas, habiendo una zona (Sierras de Bellavista (-34,8°lat) hasta Putaendo (-32,62°lat)) de disminución de la presencia de pulgas, desde el sur hacia el norte (Figura 3). La única localidad del norte que concentra una alta riqueza de especies es el Parque Nacional Fray Jorge (-36,66°lat) y Canela Baja (-31,38°lat) con 12 y 11 especies respectivamente. Luego, a partir de Reserva Nacional Los Queules (-36,01°lat) hacia el sur (aproximadamente hasta -38,23°lat) ocurre un aumento de especies de pulgas (pasando de 2 especies a 9).

En la siguiente figura se presenta la distribución de la riqueza de especies de pulgas que parasitan *A. olivacea* según la localidad de muestreo dividido en zona norte, centro y sur de Chile (Figura 3).

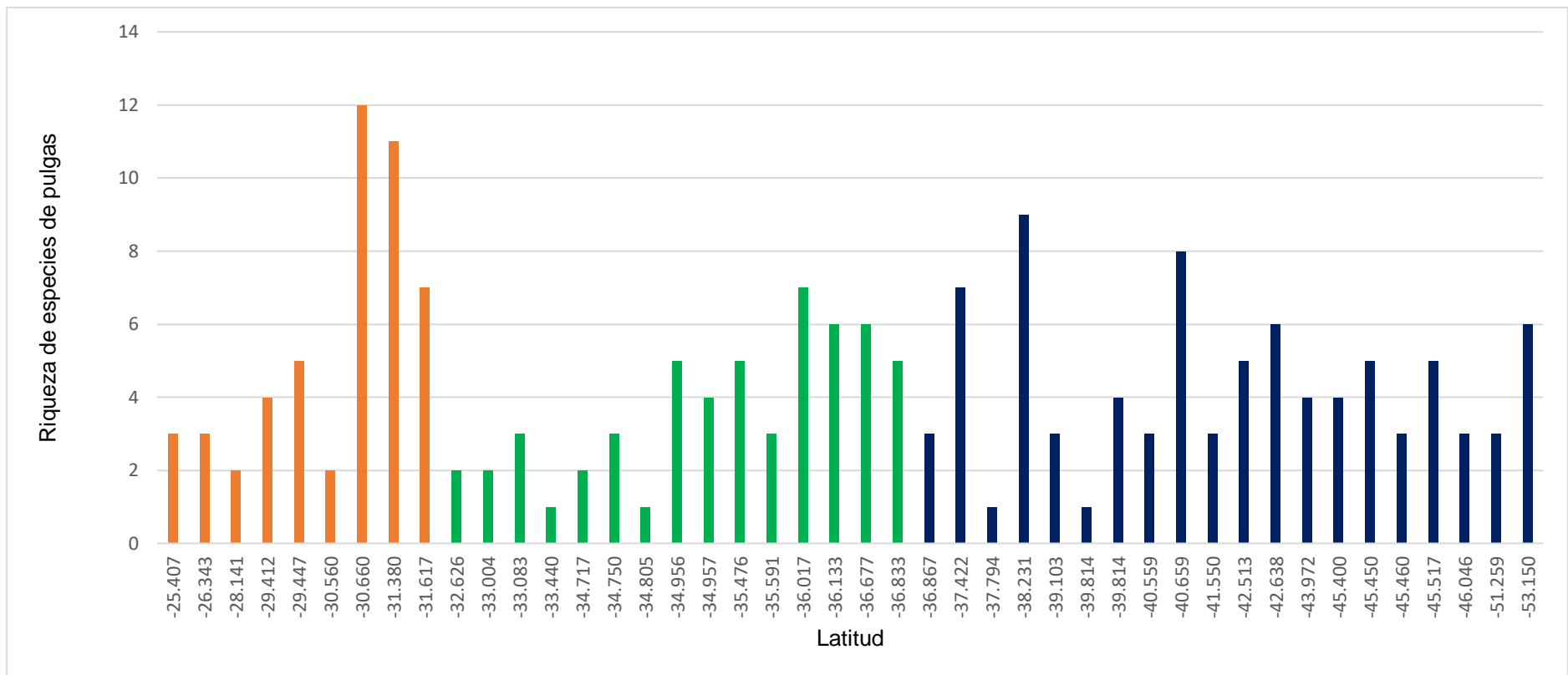


Figura 3: Riqueza de especies de pulgas presentes en *Abrothrix olivacea* distribuidas en cada una de las localidades de muestreo ordenadas de norte a sur.

Asociación de la riqueza de especies de pulgas y número de especies de roedores que cohabitan con *A. olivacea* a través de su distribución y factores ambientales

A lo largo de su distribución, *A. olivacea* cohabita con 20 especies de roedores y un marsupial en Chile (Anexo 13 y 17), correspondientes a 14 géneros, los lugares donde cohabita con mayor cantidad de especies son: Parque Nacional Fray Jorge (-30.66°lat), Reserva Nacional Las Chinchillas (-31.61°lat), Til-til (-33.08°lat) y Termas del Flaco (-34.95°lat), todos con 7 especies; mientras que en 4 localidades no se encontró cohabitando con otras especies (Isla Chungungo (-29.44°lat), Caleta Chungungo (-29.44°lat), Quilmo (-36.67°) y La Junta (-43.97°lat)).

De estos, las especies que cohabitaron en un mayor número de localidades fueron: Mammalia: Rodentia: *Abrothrix hirta* Thomas, 1895 (19), *Abrothrix longipilis* Waterhouse, 1837 (22), *Octodon degus*, Molina, 1782 (8), *Oligoryzomys longicaudatus*, Bennett, 1832 (29), *Phyllotis darwini*, (18), Waterhouse, 1837 *Rattus rattus*, Linnaeus, 1758 (22); Marsupiala: Didelphimorphia: *Thylamys elegans*, Waterhouse, 1839 (5). Las especies que fueron encontradas cohabitando en un menor número de localidades fueron: Mammalia: Microbiotheria: *Dromiciops gliroides* Thomas, 1894; Mammalia: Rodentia: *Geoxus valvidianus*, Philippi, 1858, *Octodon bridgesi* Waterhouse, 1845y *Reithrodon physodes*, Waterhouse 1837, con solo un ejemplar (Anexo 13). Entrelazando estos resultados y los de las pulgas, se analizó información para poder dilucidar cuales eran los lugares con mayores encuentros de especies de roedores que cohabitan con *A. olivacea* y a su vez que destacaran en valores de abundancia y riqueza de pulgas. El Parque Nacional Fray Jorge (-30.66°lat), Reserva Nacional Las Chinchillas (-31.61°lat) e Isla Mocha (-38.23°lat), destacan en mayor abundancia de pulgas e interacciones de roedores, además Canela Baja (-31.38°lat), Isla Mocha (-38.23°lat) y Puyehue (-40.65°lat), destacan en riqueza de pulgas e interacción con roedores (Tabla 1).

Tabla 1: Lista de especies de roedores que cohabitan con *Abrothrix olivacea* en las zonas de muestreo con mayor riqueza (*) y abundancia (°) de pulgas del estudio. Destacados con negrita las especies que cohabitan en mayor número de localidades con *A. olivacea*.

Especies de micromamíferos	P.N. Fray Jorge *°	Canela Baja°	P.N. Las Chinchillas *	Isla Mocha *°	Puyehue°
<i>Abrocoma bennettii</i>			X		
<i>Abrothrix hirta</i>			X	X	X
<i>Abrothrix longipilis</i>	X	X	X	X	X
<i>Abrothrix sanborni</i>					X
<i>Chelemys macronix</i>					
<i>Geoxus valdivianus</i>					X
<i>Loxodontomys micropus</i>					X
<i>Loxodontomys pikumche</i>					
<i>Octodon bridgesi</i>					
<i>Octodon degus</i>	X	X	X		
<i>Octodon lunatus</i>	X				
<i>Octodon pacificus</i>				X	
<i>Phyllotis darwini</i>	X	X	X		
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	X				
<i>Thylamys elegans</i>	X	X	X		

La hipótesis 1 planteaba que la riqueza de pulgas en *A. olivacea* se encuentra determinada por el número de especies de roedores con los que cohabita a lo largo de su distribución geográfica, esperando encontrar mayor riqueza en localidades del centro y sur de Chile, correspondiente a zonas con mayor riqueza de especies de roedores que comparten hábitat con *A. olivacea*. No se encontró una relación positiva y significativa entre la riqueza de pulgas y especies de roedores con los que cohabita *A. olivacea*, tampoco se asoció de forma significativa con los factores ambientales evaluados (Tabla 2).

Tabla 2: Relación de interacciones entre factores ambientales, especies de roedores que cohabitan con *Abrothrix olivacea* y riqueza de pulgas.

Variables	Estimación	Error Std.	Valor Z	Pr(> Z)
T. mínima	-0,001	0,019	-0,061	0,951
T. máxima	-0,002	0,016	-0,157	0,875
H. mínima	-0,003	0,005	0,578	0,563
H. máxima	0,006	0,007	0,885	0,376
Riqueza de especies roedores	-0,003	0,032	-0,094	0,925

Asociación entre la abundancia de pulgas y riqueza de pulgas, factores ambientales y especies de roedores que cohabitan con *A. olivacea*

Para evaluar los factores que influyen en la abundancia de las pulgas, se seleccionaron las cinco especies que presentaron distribución más amplia entre las especies muestreadas. La abundancia de las pulgas se asoció a diferentes factores, dependiendo de la especie de pulga evaluada (Tabla 3), aunque para todas las especies, la abundancia se asoció de forma positiva y significativa con la riqueza de pulgas. Respecto a los factores ambientales, las asociaciones fueron diversas: *C. inopinada* se asoció de forma positiva con la humedad máxima y negativamente con temperatura mínima. *S. ares* se asoció negativa y significativamente con la temperatura y humedad mínimas, y positiva y significativamente con la humedad máxima, *T. rhombus* se asoció de forma negativa y significativa con temperatura mínima, temperatura máxima y humedad mínima. Por otra parte, *T. tantilus* y *N. crassispina* no presentaron asociaciones significativas con las variables ambientales.

Tabla 3: Resultados de interacciones entre factores ambientales, riqueza de pulgas, riqueza de roedores que cohabitan con *Abrothrix olivacea*, teniendo como variable dependiente “Abundancia” de las cinco especies seleccionadas. Los valores con asterisco (*) destacan el valor de “p” estadísticamente significativos.

Variables	Estimación	Error Std.	Valor Z	Pr(> Z)
<i>Ctenoparia inopinata</i>				
T. mínima	-0,087	0,030	-2,924	0,003*
T. máxima	-0,005	0,015	-0,336	0,736
H. mínima	-0,010	0,005	-1,94	0,052
H. máxima	0,059	0,012	4,679	2,88e-06*
Riqueza de pulgas	0,131	0,043	3,012	0,002*
Riqueza de roedores	-0,023	0,039	-0,592	0,553
<i>Neotyphloceras crassispina</i>				
T. mínima	-0,013	0,033	-0,416	0,677
T. máxima	-0,028	0,028	-0,998	0,318
H. mínima	-0,009	0,008	-1,206	0,227
H. máxima	-0,013	0,009	-1,385	0,166
Riqueza de pulgas	0,197	0,042	4,605	4,12e-06*
Riqueza de roedores	-0,116	0,047	-2,429	0,015*
<i>Sphinctopsylla ares</i>				
T. mínima	-0,073	0,022	-3,219	0,001*
T. máxima	-0,023	0,017	-1,366	0,1720
H. mínima	-0,041	0,005	-7,803	6,03e-15*
H. máxima	0,052	0,010	5,087	3,64e-07*
Riqueza de pulgas	0,165	0,038	4,327	1,51e05*
Riqueza de roedores	0,05	0,036	1,382	0,167

<i>Tetrapsyllus rhombus</i>				
T. mínima	-0,089	0,03	-2,905	0,003*
T. máxima	-0,054	0,023	-2,339	0,019*
H. mínima	-0,035	0,006	-5,156	2,53e-07*
H. máxima	0,014	0,010	1,421	0,155
Riqueza de pulgas	0,336	0,056	5,987	2,14e-09*
Riqueza de roedores	-0,052	0,040	-1,287	0,198
<i>Tetrapsyllus tantilus</i>				
T. mínima	-0,058	0,037	-1,555	0,12
T. máxima	0,021	0,019	1,1	0,271
H. mínima	0	0,008	0,099	0,921
H. máxima	-0,014	0,01	-1,448	0,148
Riqueza de pulgas	0,274	0,031	8,832	<2e-16*
Riqueza de roedores	0,054	0,042	1,291	0,197

Co ocurrencia de especies a nivel de infracomunidad

En la totalidad de los individuos analizados, los valores de C-scores observados no se diferenciaron significativamente de los simulados, es decir, la distribución de especies de pulgas estaría determinada por el azar, por lo tanto, se rechaza la tercera hipótesis (Tabla 4).

A lo largo de la distribución de *A. olivacea*, existieron especies que cohabitaron con mayor frecuencia, por ejemplo la especie *S. ares* y *T. rhombus* cohabitan en 21 de las 44 localidades (47,72%), *C. inopinata* y *S. ares* cohabitan en 20 localidades (45,45%), luego disminuye el porcentaje destacándose *C. inopinata* y *T. tantilus* con 17 de 44 (38,63%), *N. crassispina* y *T. tantilus* con 15 de 44 (34,09%), *C. inopinata* y *N. crassispina* cohabitan en 14 localidades al igual que *N. crassispina* y *S. ares* (ambas con 31,81%). Finalmente se destaca *N. chilensis* cohabitando con *S. ares* en 10 localidades de muestreo (22.72%).

Ctenoparia inopinata cohabita con mayor frecuencia con diversas especies de pulgas como son: *S. ares*, *T. tantilus*, *N. crassispina*, también destaca *S. ares* y su co ocurrencia con *T. rhombus*, *N. crassispina*, *N. chilensis*, cohabitando en varias localidades y también teniendo en común el mismo tipo de ciclo de vida.

Tabla 4: Resultados de índice C-score de especies de pulgas, demostrando competencia, co ocurrencia o neutralidad entre las especies de pulgas en localidades de muestreo enumeradas 1-44 ordenados de norte a sur.

Localidad	C-score observado	C-score simulado	Varianza de los índices simulados	Valores de p observado <=	Valores de p observados =>
1	1,200	1,240	1,256	0,727	0,096
2	1,260	1,300	0,187	0,385	0,430
3	1,330	1,400	0,457	0,188	0,091
4	0,225	0,450	0,665	0,839	0,743
5	1,466	1,533	2,654	0,498	0,076
6	0,450	0,675	0,047	0,468	0,400
7	2,470	2,700	0,370	0,321	1,723
8	1,688	1,733	0,451	1,039	0,065
9	1,733	1,800	0,101	0,528	0,612
10	1,876	1,890	2,122	0,793	0,102
11	1,933	2,000	0,755	0,387	0,818
12	0,000	0,225	1,786	0,991	0,689
13	2,250	2,470	0,921	0,897	0,432
14	0,675	0,900	0,366	0,807	0,150
15	1,350	1,570	0,498	0,210	0,318
16	1,400	1,466	0,162	0,641	0,632
17	1,800	2,025	0,019	0,451	0,290
18	2,025	2,250	0,798	0,538	0,804
19	1,125	1,350	1,509	0,758	0,390
20	2,250	2,475	0,168	0,564	0,550
21	1,570	1,590	0,515	0,880	0,981
22	3,100	3,300	2,021	0,910	0,832
23	0,880	0,900	1,409	0,210	0,804
24	2,190	2,300	0,167	0,965	0,112
25	2,400	2,560	0,007	0,821	0,690
26	2,905	3,000	1,897	0,991	0,876
27	1,600	1,666	0,086	0,219	0,438
28	2,360	2,400	0,128	0,768	0,051
29	2,600	2,740	0,467	0,958	0,908
30	3,000	3,100	0,235	0,565	0,378
31	2,560	2,625	0,765	0,545	0,134
32	3,201	3,300	0,812	0,965	0,749
33	3,300	3,560	1,653	0,423	0,912
34	2,880	2,900	2,342	0,421	0,526
35	3,300	3,475	0,587	0,765	0,132
36	3,475	3,550	0,029	0,534	0,905
37	4,390	4,900	0,128	0,721	0,168
38	3,535	3,609	0,051	0,798	0,516
39	4,570	4,760	0,789	0,864	0,598

40	2,704	2,800	0,007	0,213	0,309
41	4,590	4,800	0,167	0,975	0,089
42	4,700	4,980	0,048	0,331	0,144
43	4,256	4,500	0,654	0,443	0,653
44	4,890	4,900	1,564	0,543	0,321

Localidades: 1.- Tal-tal, 2.- Parque Nacional Pan de Azúcar, 3.- Parque Nacional Llanos de Challe, 4.- Isla Chungungo, 5.- Caleta Chungungo, 6.- Parque Nacional Fray Jorge, 7.- Peral Ojo de Agua El Morai, 8.- Canela Baja, 9.- Reserva Nacional Las Chinchillas, 10.- Putaendo, 11.- Til-Til, 12.- Reserva Nacional Lago Peñuelas, 13.- Reserva Nacional El Yali, 14.- Lolol, 15.- Reserva Nacional Laguna Torca, 16.- Sierras de Bellavista, 17.- La Mina, 18.- Termas del Flaco, 19.- Reserva Nacional Los Queules, 20.- Parque Inglés, 21.- Reserva Nacional Altos de Lircay, 22.- Cobquecura, 23.- Quilmo, 24.- Concepción, 25.- Parque Nacional Nonguén, 26.- Parque Nacional Laguna del Laja, 27.- Parque Nacional Nahuelbuta, 28.- Isla Mocha, 29.- Gorbea, 30.- Valdivia, 31.- Fundo San Martín, 32.- Puyehue, 33.- Maicolpué, 34.- Hornopirén, 35.- Parque Nacional Chiloé, 36.- Chiloé-Cucao, 37.- La Junta, 38.- Puerto Aysén, 39.- Puerto Chacabuco, 40.- Reserva Nacional Coyhaique, 41.- Lago Elizalde, 42.- Parque Nacional Cerro Castillo, 43.- Parque Nacional Torres del Paine, 44.- Reserva Nacional Magallanes.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se pusieron a prueba tres hipótesis, la primera de ellas planteaba que la riqueza de pulgas en *A. olivacea* se encontraba determinada por el número de especies con las cuales cohabitaba a lo largo de su distribución geográfica, esperando encontrar mayor riqueza en localidades del centro y sur de Chile. Los resultados indicaron que la riqueza de pulgas que hospeda *A. olivacea* no se encuentra relacionada con el número de especies con las que cohabita, por lo tanto, esta hipótesis fue rechazada. Aunque para algunas localidades se cumplió lo esperado, no fue generalizado para todas las localidades.

Un concepto mencionado por Krasnov (2022), indica que, dentro de la diversidad oscura (descrito como especies que potencialmente podrían estar presentes por las condiciones ecológicas adecuadas), hay una correlación entre la riqueza de las pulgas obtenidas y las interacciones del hospedador, dependiendo de cuán social sea éste y que no necesariamente se refiere a especies que solamente cohabiten, sino que especies con las que si tenga un contacto físico directo. Esto podría explicar la falta de asociación en el presente estudio, ya que las diferentes especies con las que *A. olivacea* cohabitó en la mayor parte de su distribución (*A. hirta*, *A. longipilis*, *O. degus*, *O. longicaudatus*, *P. darwini*, *R. rattus* y *T. elegans*) poseen diferentes características (Fantozzi et al., 2022; Pontifes et al., 2022), como por ejemplo, distinta historia de vida, comportamientos, tipo de refugio, horas de actividad, forma de desplazarse, entre otras (Chotelersak et al., 2015; Fantozzi et al., 2022; Lareschi et al., 2019), lo que podría indicar que, a pesar de cohabitar, no necesariamente tienen contacto directo. Por ejemplo, respecto a las horas de actividad, las especies de *Abrothrix* en la temporada de otoño tienen mayor actividad entre las 18:00 horas y las 00:00 horas, pero *O. longicaudatus* tiene una actividad alta durante toda la noche, desde las 18:00 horas hasta las 6:00 horas y en verano las especies de *Abrothrix* tienen un cambio de actividad, donde su punto más álgido es entre las 00:00 y las 6:00 horas (Salgado et al., 2022).

Abrothrix hirta fue una de las especies que cohabitó en un mayor número de localidades con *A. olivacea* (n=19), estos roedores presentan en común 23 especies de pulgas (Beaucournu et al., 2014; Lareschi et al., 2016; Moreno et al., 2020; Sanchez y Larechi 2018), aunque se diferencian en algunos hábitos, comprenden varias similitudes que podrían explicar el porqué de compartir este número de especies de pulgas, por ejemplo, existe solapamiento en la dieta de *A. olivacea* y *A. hirta*, el primero posee una dieta omnívora y *A. hirta* se alimenta de insectos

principalmente y también se define como omnívoro (Fernández et al., 2011), ambas especies habitan hasta los 2000 m.s.n.m. y se reportan en bosque (Iriarte, 2007). Asimismo, *A. longipilis* (quien comparte 21 especies de pulgas con *A. olivacea*) habita en lugares muy parecidos a *A. hirta*, y *A. olivacea*, ya que también tiene presencia hasta los 2000 m.s.n.m. incluyendo matorrales, bosques y rocas (Fernández et al., 2011), su alimentación se describe como omnívora al igual que *A. olivacea* (Iriarte, 2007) y también coinciden en sus hábitos ya que ambas especies presentan actividad diurna y nocturna con comportamiento cursorial (Fernández et al., 2011).

Por otra parte, *O. degus* (comparte 7 especies de pulgas con *A. olivacea*) y *T. elegans* (comparte 5 especies de pulga con *A. olivacea*), son especies que difieren mucho en la dieta respecto a *A. olivacea*, *O. degus* es herbívoro estricto y *T. elegans* es más bien insectívoro, pero se añade a su dieta huevos y frutas (Iriarte, 2007), es una de las pocas especies que mantiene constante su dieta a lo largo de todo el año (Silva, 2005). *A. olivacea*, como se había mencionado anteriormente, es un roedor omnívoro, por lo tanto, habría poca coincidencia en encontrarse con *O. degus* que, además, es una especie diurna, gregaria y agresiva con otros individuos, lo que aleja más las posibilidades de cercanía directa (Iriarte, 2007) y *T. elegans* se describe como una especie nocturna y trepadora a diferencia de *A. olivacea*.

Oligoryzomys longicaudatus por su parte es nocturno y cursorial, es granívoro y herbívoro, pero también come insectos, esta principalmente en zonas de precordillera, cordillera y bosques hasta los 2000 m.s.n.m. (Fernández et al., 2011) todas estas características las comparte con *A. olivacea*, aunque predomina más en lugares húmedos, coincide en que comparte el cambio de dieta según temporada y localidad también (Silva, 2005). *P. darwini* habita principalmente en la zona central de Chile hasta los 2000 m.s.n.m., es principalmente nocturno y herbívoro/seminívoro (Silva, 2005) todas estas características son compartidas con *A. olivacea*, las cuales podrían explicar la cantidad de especies de pulgas que se han descrito en ambas especies.

En el caso de *A. olivacea*, comparte una amplia área de distribución semejante en rango con *A. longipilis* y *P. darwini*, y también se han registrado en ellos especies comunes de pulgas en localidades donde cohabitan, por ejemplo, con *A. longipilis* comparten siete especies y con *P. darwini* seis especies (Bazán-León et al., 2013). Según la revisión de Beaucournu et al. (2014), *A. longipilis* registra 27 especies de pulgas, y 21 de ellas también están registradas en *A. olivacea*, mientras que para *P. darwini* se describen 25 especies y 13 también se encuentran en *A. olivacea*.

El rango de distribución de las especies simpátricas con las que interactúa el hospedador estudiado es un factor que influye en la riqueza de especies de pulgas, ya que a medida que los hospedadores tienen mayor distribución habría una mayor riqueza de pulgas en estos (Sanchez y Lareschi 2019). Al haber una mayor distribución del hospedador podría haber una mayor presentación de especies de pulgas que los parasitan, a pesar de esto la gran mayoría de éstas especies, parasitan cricétidos y muchas de ellas a roedores pertenecientes al género *Abrothrix* (Beaucournu et al. 2014), por lo que, la gran extensión geográfica no siempre estuvo asociada a una gran riqueza de especies de pulgas, como sucede con *O. longicaudatus*, que pese a tener un rango de distribución similar a *A. olivacea*, tiene 14 especies de pulgas registradas y 10 de ellas están también presentes en *A. olivacea* (Beaucournu et al., 2014). Por otra parte, *O. degus* que tiene una distribución mucho más acotada que las especies anteriores, registra 13 especies, 6 de estas presentes en *A. olivacea*, lo que se podría deber a sus hábitos sociales (Iriarte, 2007).

A pesar de que todas las especies nombradas tienen algún grado de solapamiento de dietas y de periodos de actividad (hábitos nocturnos o mixtos-diurnos y nocturnos) exceptuando *O. degus* que es diurno, no necesariamente hay un contacto directo entre ellas (Salgado et al., 2022) para permitir la transmisión de pulgas. No obstante, estas especies son parasitadas por especies comunes de pulgas, lo que se podría explicar por la ocupación de ambientes en común, aunque sea en otros momentos del día (Sanchez y Lareschi, 2019)

Independiente de la actividad de los hospedadores, éstos comparten hábitat de forma indirecta, ya que se ha descrito que la mayoría de las especies de cricétidos, comparten nidos de una temporada para otra, es decir, ocupan madrigueras y nidos que han sido abandonados de la temporada anterior, pudiendo tener contacto directo con las pulgas presentes en él, la mayoría en formas larvales inmaduras (Acosta, 2005, González, 2022, Landaeta, 2015).

Otro aspecto que podría influir en los resultados es el grado de especialización de las pulgas hacia su hospedador, la cercanía filogenética y características ecológicas de cada especie de pulga (preferencias climáticas, por ejemplo).

Respecto al grado de especialización, existen varias especies de pulgas en *A. olivacea*, pero en muy baja abundancia, incluso con un solo ejemplar, éstas son: *C. jordani*, *C. propinqua*, *E. cocyti*, *L. segnis*, *T. corfidii* y *T. maulinus*. En el caso de *C. jordani* se ha reportado en especies, tanto cercanas, como distantes filogenéticamente de *A. olivacea* (*A. hirta*, *Akodon* sp., *O. longicaudatus*, *G. valdivianus* y *R. rattus*), al

parecer una especie con baja especificidad (D'Elía et al., 2003; Lareschi et al., 2016; Moreno-Salas et al., 2020).

Contrario a *L. segnis*, especie descrita para el género *Rattus* (Beaucournu et al., 2014), pero registrada en *A. olivacea*, lo que podría ser la evidencia de algún grado de interacción o contacto entre estas especies. Por otra parte, *T. corfidii* ha sido aislada de *O. degus*, *A. bennetti*, *P. darwini*, *A. fuscus*, *O. bridgesi* y *O. lunatus*, donde *O. degus* es el hospedador principal (Moreno-Salas et al., 2020), todas estas especies pertenecen a la familia Octodontidae, exceptuando *A. bennetti*, perteneciente a la familia Abrocomidae, pudiendo ser una especie de pulga específica de esa familia. Otro ejemplo es *Hectopsylla*, género característico de los bigotes de *Phyllotis* descrito como hospedador principal (Beaucournu et al., 2014; Moreno-Salas et al., 2020). Por lo tanto, los registros de estas especies de pulgas podrían ser infecciones accidentales en *A. olivacea*.

También puede estar influyendo las relaciones evolutivas entre los roedores de una misma localidad, cuando los hospedadores están alejados filogenéticamente no comparten las mismas especies de pulgas, incluso la relación de especies hospedadores principales y auxiliares pueden determinar la riqueza o abundancia, ya que las pulgas parasitan en mayor preferencia a la especie principal (mayor abundancia) (Chotelersak et al., 2015; Krasnov et al., 2005). Por ejemplo, en el estudio de Fantozzi et al. (2022), encuentra que la única variable asociada a la riqueza de pulgas fue la tribu a la que pertenecían los hospedadores, demostrando que el origen filogenético de los hospedadores influye en la riqueza, registrando mayor riqueza en la tribu Phyllotini que Akodontini y Oryzomyini.

En el presente estudio, la mayor riqueza de especies de pulgas en *A. olivacea* justamente se reportó en localidades donde *A. olivacea* cohabitó con especies más cercanas filogenéticamente. Por ejemplo, en el Parque Nacional Fray Jorge (12 especies de pulgas), Reserva Nacional Las Chinchillas (7 especies de pulgas) y Puyehue (8 especies de pulgas), *A. olivacea* se reportó en simpatria con *C. macronix*, y *G. valdivianus*, especies más cercanas filogenéticamente (D'Elía et al. 2003). Por otra parte, en Termas del Flaco y Til-Til se reporta una baja riqueza de especies de pulgas (4 y 3, respectivamente), coincidiendo con que en estas localidades *A. olivacea* cohabitó con especies más lejanas como *O. degu*, *R. norvegicus* y *R. rattus* (D'Elía et al., 2003). Lo que podría evidenciar que existe una mayor probabilidad de transmisión de pulgas entre especies con mayor cercanía filogenética, indicando cierto grado de especificidad de las pulgas.

Complementando los resultados recién mencionados, en este estudio no se registraron para *A. olivacea* especies de pulgas como *Tiamastus* sp., ni *Craneopsylla minerva wolffhuegeli* (Sanchez et al., 2009) que, si se han descrito en las especies de roedores *Loxodontomys micropus* Whaterhouse, 1837 (Mammalia: Rodentia) y *Eligmodontia morgani* (Lareschi et al., 2016 y López-Berrizbeitia y Diaz, 2019), que cohabitan con *A. olivacea* pero que son más distantes filogenéticamente (D'Elía et al., 2003)

En cuanto a factores externos al hospedador, los resultados muestran que la riqueza de pulgas no se asoció a los factores ambientales evaluados (temperatura y humedad) pero la abundancia si (en algunas especies, detallado anteriormente). Resultados similares fueron mencionados por Van Der Mescht et al. (2018) donde se realizó un análisis de MLG entre latitud y abundancia intraespecífica de pulgas y ácaros de roedores y musarañas en el Paleártico, obteniendo como resultados ningún tipo de relación significativa entre la variación espacial de la abundancia de ectoparásitos y la latitud, pero si se menciona que la abundancia depende en una escala importante de los factores ambientales, ya sean bióticos o abióticos, la magnitud latitud no sería representativa persé, sino que un sustituto de las condiciones ambientales como las precipitaciones y la temperatura.

Algunos autores indican otras posibles explicaciones, por ejemplo, Maestri et al. (2017) concluyen que a medida que hay mayor temperatura, aumenta el recambio de especies de pulgas, por ende, podría observarse un aumento en la diversidad de ellas, aunque no siempre se aumenta la riqueza, ya que puede haber recambio de especies, no necesariamente aumento de diversidad de ellas. Por ejemplo, en el presente estudio, *Agastopsylla boxi* solo se reportó en el extremo sur de Chile, en la Reserva Nacional Magallanes (-53.15°lat), esta localidad registra una riqueza de seis especies de pulgas, mientras que en la zona centro sur de Chile, Cobquecura (-36.13°lat) registra el mismo número de especies, aunque no son las mismas especies, lo que indica que independiente de las condiciones climáticas, las zonas obtienen la misma riqueza de pulgas. Por lo tanto, así como lo mencionan Maestri et al. (2017) podría estar ocurriendo un recambio de especies, pero manteniendo la riqueza.

Un ejemplo en zonas extremas de las localidades muestreadas, de mantener la riqueza, pero cambiar la composición de la comunidad de pulgas podría ser *Barreropsylla excelsa*, la cual tuvo reportes solamente en Puerto Aysén, un ejemplo de la zona norte sería *Hectopsylla*, especie que se reporta solamente ahí y luego no hay reportes en otras localidades. Asimismo, hubo seis especies de pulgas que estuvieron

restringidas a localidades de la zona norte de Chile, siendo: *E. cocyti*, *Ectinorus* sp., *Hectopsylla* sp., *L. segnis*, *T. corfidii* y *Tetrapsyllus* sp.

Respecto a la segunda hipótesis, donde se plantea que la abundancia de pulgas está determinada por las condiciones climáticas de las localidades, esperando encontrar una menor abundancia de pulgas en localidades ubicadas en latitudes que registran menor temperatura y mayor humedad.

Para evaluar el efecto de los factores ambientales, se seleccionaron cinco especies, reportadas con mayor abundancia dentro del estudio, donde, cada uno mostró diferentes asociaciones con los factores ambientales evaluados. *Ctenoparia inopinata* se asoció de forma positiva con la humedad máxima y negativamente con temperatura mínima, esta especie se presentó con baja abundancia en las localidades ubicadas en el norte de Chile, contrario a lo que ocurrió en el sur, donde se observó un aumento de abundancia, donde se destacan Concepción (n=26), Puyehue (n=18), Hornopirén (n=21) y Chiloé (n=24), coincidiendo con que también son zonas de mayor humedad.

Sphincopsylla ares se asoció negativa y significativamente con la temperatura y humedad mínimas, y positiva y significativamente con la humedad máxima, tendiendo a ser más abundante en localidades con temperaturas más bajas y humedades altas, como la Isla Mocha (n=22), Puyehue (n=17) y Reserva Nacional Coyhaique (n=21).

Tetrapsyllus rhombus se asoció de forma negativa y significativa con la temperatura mínima, temperatura máxima y humedad mínima. Para esta especie, al igual que en *S. ares*, Isla Mocha (n=26), Puyehue (n=17), además de Parque Inglés (n=20), fueron las localidades con mayor abundancia, mientras que en localidades de la zona norte fue menor abundante. Por otra parte, *T. tantilus* y *N. crassispina* no presentaron asociaciones significativas con las variables ambientales.

Tetrapsyllus tantilus presentó alta abundancia en ciertas localidades del norte (Parque Nacional Fray Jorge, n=45) y centro (Quilmo, n=29), mientras que hacía el sur, solamente estuvo presente en la Isla Mocha y la Junta, con un ejemplar en cada localidad y dos en Parque Nacional Torres del Paine, por otra parte *N. crassispina* tiene una alta presencia a lo largo de todo Chile, teniendo una mayor abundancia en Quilmo (n=11), Isla Mocha (n=9) y Parque Nacional Fray Jorge, Reserva Nacional Las Chinchillas, Parque Inglés y Lago Elizalde, todas con (n=6), se reportó ausencia de la especie desde Gorbea hasta Puerto Aysén con la excepción del Parque Nacional Chiloé donde se reportó la presencia de un ejemplar de la especie (Anexo 14).

Las diferencias en la abundancia de las pulgas analizadas, puede estar determinado por el efecto diferencial de la temperatura y humedad en las etapas inmaduras (larva y pupa) del desarrollo de las pulgas, ya que éstas son muy dependientes del ambiente para poder terminar su desarrollo y poder seguir con su ciclo (Kartman y Prince, 1957; Marshall, 1981; Krasnov, 2008; Castaño-Vasquez y Merino, 2022, Samuel et al., 2022). Un ejemplo de esto es que las pulgas no pueden cerrar sus espiráculos para evitar la pérdida de agua, por lo que la baja humedad en el estadio larval es un factor determinante (Mellanby, 1933). Es importante mencionar que estas etapas están en nidos o sustratos (arena, tierra, pasto), por lo que dependen exclusivamente de las condiciones ambientales de estos (Morand et al., 2006). Van Der Mersch et al. (2018) indican que un porcentaje bajo de humedad relativa provoca deshidratación en pulgas adultas lo que aumenta la mortalidad. La humedad también afecta la tasa de oviposición (Vashchenok, 1967, 1993; Krasnov et al., 2001, Krasnov et al., 2011) y el tamaño de los huevos, reportándose tamaños de huevos más grandes y a su vez adultos más grandes a medida que aumenta la humedad (Silverman et al., 1981). Por otra parte, las temperaturas altas aceleran el desarrollo de las pulgas (Mellanby, 2009), pudiendo encontrar mayor abundancia en zonas con mayores temperaturas, sin embargo, en este estudio las localidades con las temperaturas más altas no concentraron las mayores abundancias de pulgas.

Respondiendo a la tercera hipótesis, la competencia interespecífica de las especies de pulgas no se observó, por lo que estarían distribuidas de manera azarosa. Esto podría deberse a que la riqueza de pulgas en un hospedador no es alta, y la abundancia en ellos tampoco, lo que quiere decir que no ocurriría competencia, ya que las pulgas tendrían los recursos que necesitan, esto se puede traducir como una infracomunidad empobrecida. Estas infracomunidades pobres en especie sería frecuente de encontrar en pulgas, por ejemplo, Durden (1995) reportó solo la especie *Orchopeas leucopus* Baker, 1955 (Insecta: Siphonaptera) en *Peromyscus gossypinus* Le Conte 1850 (Mammalia: Rodentia), así mismo Harris (2014), encuentra que el 57% de los parásitos colectados en *Mustela nigripes* Audubon y Bachman, 1851 (Mammalia: Carnivora) correspondió a *Oropsylla hirsuta* Baker, 1955 (Insecta: Siphonaptera). Aunque en el presente estudio se reporta que las infracomunidades se estructuran de forma azarosa, otros autores reportan asociación positiva entre especies de pulgas (Lundqvist y Brinck-Lindroth, 1990; Krasnov et al., 2006c; Krasnov, 2006d; Krasnov et al., 2011, Sanchez et al., 2014), mientras que en menor medida se reporta estructuración por competencia (Hawlena et al., 2007) y azarosa (Gotelli y Rohde, 2002). Estos resultados indican, no existe un patrón de estructuración de las

infracomunidades, o que estos son variables en el tiempo, lo que podría ser difícil de determinar con un solo muestreo en el tiempo.

CONCLUSIÓN

Se registran 25 especies de pulgas en *A. olivacea* entre los (-25,40°lat) y los (-53,15° lat). El rango de riqueza en la infracomunidad fue entre 1 y 5 especies de pulgas y solo un roedor estuvo parasitado por cinco especies, mientras que el 67,91% de los roedores solo fueron parasitados por una especie de pulga. A nivel de comunidades componentes la mayor riqueza se reportó en el Parque Nacional Fray Jorge (-30,66°lat) con 12 especies.

La abundancia máxima reportada en infracomunidades fue de 20 pulgas en un individuo en Canela Baja (-31,38°lat) y el 23,54% de los roedores muestreados fueron parasitados por una sola pulga. En cuando a comunidades componentes la mayor abundancia se reportó en la localidad de Parque Nacional Fray Jorge (-30,66°lat), con 118 pulgas colectadas en el total de roedores.

Las especies *Ctenoparia inopinata*, *Neotyphloceras crassispina*, *Sphinctopsylla ares* y *Tetrapsyllus rhombus* presentaron una amplia distribución, comprendiendo casi la totalidad de la distribución de *A. olivacea*.

Contrario a lo esperado, no se encontró asociación entre la riqueza de especies pulgas y la riqueza de roedores. Tampoco se observó asociación significativa entre la riqueza de pulgas y los factores ambientales evaluados.

La abundancia de las pulgas si estuvo influenciada por factores ambientales, aunque estos influyeron de forma distinta dependiendo de la especie de pulga evaluada. Se obtuvo asociación positiva y significativa entre la abundancia y la riqueza de pulgas para las cinco especies evaluadas (*C. inopinata*, *N. crassispina*, *N. chilensis*, *S. ares* y *T. rhombus*).

Las infracomunidades se estructuraron al azar y no por competencia como se había planteado en la hipótesis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., 2005. Relación huésped-parásito en pulgas (Insecta: Siphonaptera) y roedores (Mammalia: Rodentia) del estado de Querétaro, México. *Folia Entomológica Mexicana*. 44, 37-47.
- Amarante, C.F. do, Tassinari, W. de S., Luque, J.L., Pereira, M.J.S., 2016. Parasite abundance and its determinants in fishes from Brazil: an eco-epidemiological approach. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. 25, 196–201.
- Appelgren, A., McCoy, K.D., Richner, H., Doligez, B., 2016. Relative fitness of a generalist parasite on two alternative hosts: A cross-infestation experiment to test host specialization of the hen flea *Ceratophyllus gallinae* (Schrank). *Journal of Evolutionary Biology*. 29, 1091–1101.
- Appelgren, A.S.C., Saladin, V., Richner, H., Doligez, B., McCoy, K.D., 2018. Gene flow and adaptive potential in a generalist ectoparasite. *BMC Evolutionary Biology*. 18, 1–13.
- Audubon, J. J., and J. Bachman., 1851. *The viviparous quadrupeds of North America*. V. G. Audubon, New York. Vol. 2. 334 pp.
- Baker., 1955. *Orchopeas leucopus* 1 P ex *C. gapperi*, 15/VII/59, Red Rock Lake; 1 9 ex *C. gapperi*, 27/VII/59, Betula Lake; 1 8 ex *M. pennsylvanicus*, 7/VII/59, Betula Lake; 19 ex *M. pennsylvanicus*, 10/VII/59, Red Rock Lake; 1 9 ex *M. pennsylvanicus*, 16/VII/59, Red Rock Lake; 1 P ex *S. cinereus*, 31/VII/62, Whiteshell Lake; 92 P 0, 49 8 8 ex *P. rnaniculatus*, May-October, 1955-62, Whiteshell Park. This is the first record of the species from the genus *Sorex*.
- Barbosa, A., Palacios, M.J., 2009. Health of Antarctic birds: A review of their parasites, pathogens and diseases. *Polar Biology* 32. 1095–1115.
- Bayas, G., Cañar, D., 2020. *Johanna Paulina Estrada-Cherres* 6, 965–980.
- Bazán-León, E.A., Lareschi, M., Sanchez, J., Soto-Nilo, G., Lazzoni, I., Venegas, C.I., Poblete, Y., Vásquez, R.A., 2013. Fleas associated with non-flying small mammal communities from northern and central Chile: With new host and locality records. *Medical and Veterinary Entomology*. 27, 450–459.
- Beaucournu, J. C., Moreno, L., & Gonzalez-Acuna, D., 2014. Fleas (Insecta-Siphonaptera) of Chile: a review. *Zootaxa*, 3900, 151-203.
- Beaucournu, J.-C. & Kelt, D.A., 1990. Contribution à la faune du Chili: puces nouvelles ou peu connues de la partie sud (Insecta, Siphonaptera). *Revue suisse de Zoologie*, 97, 647–668.
- Berduc, A., Lorenzón, R.E., Beltzer, A.H., 2015. Patrones de diversidad de aves a lo largo de un gradiente latitudinal de bosques ribereños del río Paraná medio, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86, 419–430.

- Bitam, I., Dittmar, K., Parola, P., Whiting, M.F., Raoult, D., 2010. Fleas and flea-borne diseases. *International Journal of Infectious Diseases*. 14, e667–e676.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., & Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*. 83(4), 575–583.
- Carpenter, J. W., Marion, C., 2017. *Exotic Animal Formulary-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Castañeda, C., Ramos, G., 2020. Principales pandemias en la historia de la humanidad. *Revista Cubana de Pediatría*. 92, 1–24.
- Castaño-Vázquez, F., Merino, S., 2022. Differential effects of environmental climatic variables on parasite abundances in blue tit nests during a decade. *Integrative zoology*. 17, 511-529.
- Chotelersak, K., Apiwathnasorn, C., Sungvornyothin, S., Panasoponkul, C., Samung, Y., Ruangsittichai, J., 2015. Correlation of host specificity, environmental factors and oriental rat flea abundance. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 46, 198–206.
- Cuevas, E., Doussang, D., Cevidanes, A., Quirici, V., 2020. Latitudinal gradients of haemosporidian parasites: Prevalence, diversity and drivers of infection in the Thorn-tailed Rayadito (*Aphrastura spinicauda*). *Parasites and Wildlife*. 11 (1–11).
- D'Elía, G., González, E.M., Pardiñas, U.F.J., 2003. Phylogenetic analysis of sigmodontine rodents (Muroidea), with special reference to the akodont genus *Deltamys*. *Mammalian Biology*. 68, 351–364.
- Dittmar, K., 2008. Cladistics A molecular phylogeny of fleas (Insecta : Siphonaptera): origins and host associations. 24, 677–707.
- Durden, Lance A., 1995. Fleas (Siphonaptera) of Cotton Mice on a Georgia Barrier Island: A Depauperate Fauna. *The Journal of Parasitology*. 81, 526–29.
- Eads, D.A., Abbott, R.C., Biggins, D.E., Rocke, T.E., 2020. Flea parasitism and host survival in a plague-relevant system: Theoretical and conservation implications. *Journal of Wildlife Diseases*. 56, 378–387.
- Economo, E.P., Narula, N., Friedman, N.R., Weiser, M.D., Guénard, B., 2018. Macroecology and macroevolution of the latitudinal diversity gradient in ants. *Nature Communications*. 9, 1–8.
- Evans, K.L., Newson, S.E., Storch, D., Greenwood, J.J.D., Gaston, K.J., 2008. Spatial scale, abundance and the species-energy relationship in British birds. *Journal of Animal Ecology*. 77, 395–405.
- Fantozzi, M.C., Sanchez, J.P., Lareschi, M., Beldomenico, P.M., 2022. Effects of host factors on the dynamics of fleas (Siphonaptera) in Sigmodontinae rodents (Cricetidae) from El Espinal Ecoregion, Argentina. *Acta Tropica*. 225, 106177.

- Fernández, F.J., Ballejo, F., Moreira, G., Tonni, E.P., de Santis, L.J., 2011. Roedores cricétidos de la Provincia de Mendoza. 115.
- Fleer, K.A., Foley, P., Calder, L., Foley, J.E., 2011. Arthropod vectors and vector-borne bacterial Pathogens in Yosemite National Park. *Journal of Medical Entomology*. 48, 101–110.
- Friggens, M, M., 2010. Fleas, hosts and habitat: What can we predict about the spread of vector-borne zoonotic diseases? Phd Dissertation. 1–160.
- Giorello, F.M., D'Elía, G., Lessa, E.P., 2021. Genomic footprints of Quaternary colonization and population expansion in the Patagonian-Fuegian region rules out a separate southern refugium in Tierra del Fuego. *Journal of Biogeography*. 48, 2656–2670.
- González Aguayo, F. (2022). Taxonomía, ecología y biogeografía del género *Mysolaelaps*, ectoparásito de *Oligoryzomys longicaudatus* en Chile.
- Gracia, M.J., Calvete, C., Estrada, R., Castillo, J.A., Peribáñez, M.A., Lucientes, J., 2008. Fleas parasitizing domestic dogs in Spain. *Veterinary Parasitology*. 151, 312–319.
- Gotelli, N. J., 2000. Null model analysis of species co-occurrence patterns. *Ecology*. 81, 2606-2621.
- Gotelli, N. J., Rohde, K., 2002. Co-occurrence of ectoparasites of marine fishes: a null model analysis. *Ecology Letters*. 5(1), 86-94.
- Hammond, T.T., Hendrickson, C.I., Maxwell, T.L., Petrosky, A.L., Palme, R., Pigage, J.C., Pigage, H.K., 2019. Host biology and environmental variables differentially predict flea abundances for two rodent hosts in a plague-relevant system. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*. 9, 174–183.
- Harris, N. C., Livieri, T. M., & Dunn, R. R., 2014. Ectoparasites in black-footed ferrets (*Mustela nigripes*) from the largest reintroduced population of the Conata Basin, South Dakota, USA. *Journal of Wildlife Diseases*. 50, 340-343.
- Hastriter, M.W., Whiting, M.F., 2009. Siphonaptera: (Fleas). *Encyclopedia of Insects*. 924–928.
- Hawlena, H., Abramsky, Z., Krasnov, B. R., Saltz, D., 2007. Host defence versus intraspecific competition in the regulation of infrapopulations of the flea *Xenopsylla conformis* on its rodent host *Meriones crassus*. *International journal for parasitology*. 37, 919-925.
- Hopkins, G. H. E., Rothschild, M., 1953. An Illustrated Catalogue of the Rothschild Collection of Fleas (Siphonaptera) in the British Museum (Natural History) with Keys and Short Descriptions for the Identification of Families, Genera, Species and Subspecies. Vol. I. Tungidae and Pulicidae. An Illustrated Catalogue of the Rothschild Collection of Fleas (Siphonaptera) in the British Museum (Natural History) with Keys and Short Descriptions for the Identification of Families, Genera, Species and Subspecies. Vol. I. Tungidae and Pulicidae.

- Hopkins G.H.E., M. Rothschild., 1962. An illustrated catalogue of the Rothschild collection of fleas (Siphonaptera) in the British Museum (Natural History), Hystrichopsyllidae (Acedestiinae, Anomiosyllinae, Hystrichopsyllinae, Neop-syllinae, Rhadinopsyllinae and Stenoponiinae). British Museum, Vol. 3: 559 pp ., 10 plates
- Hornok, S., Meli, M.L., Perreten, A., Farkas, R., Willi, B., Beugnet, F., Lutz, H., Hofmann-Lehmann, R., 2010. Molecular investigation of hard ticks (Acari: Ixodidae) and fleas (Siphonaptera: Pulicidae) as potential vectors of rickettsial and mycoplasmal agents. *Veterinary Microbiology*. 140, 98–104.
- Hutterer, R., 1994. A new, possibly extinct species of *Canariella* from Tenerife, Canary Islands (Gastropoda: Hygromiidae). *Vieraea*, 23, 143-148.
- Iriarte, A. 2007. *Mamíferos de Chile*. Ediciones. Santiago, Chile.
- Johnson, P. T., 1957. A classification of Siphonaptera of South America. *Memoirs of the Entomological Society of Washington*, Washington.
- Jordan, K., Rothschild, N. C., 1923. On the genera *Rhopalopsyllus* and *Parapsyllus*. *Ectoparasites*, 1(pt. 5).
- Jordan K. 1926. New Siphonaptera. *Novitates Zoologicae*. 33, 385-394.
- Jordan, K., 1936. Some Siphonaptera from South America. *Novitates Zoologicae*. 39, 305–310.
- Jurriaans, S., Hoogenboom, M.O., 2019. Thermal performance of scleractinian corals along a latitudinal gradient on the Great Barrier Reef. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 374.
- Kamilar, J.M., Ledogar, J.A., 2011. Species co-occurrence patterns and dietary resource competition in primates. *American Journal of Physical Anthropology*. 144, 131–139.
- Kartman, L., Prince, F. M., 1957. Studies on *Pasteurella pestis* in fleas. V. The experimental plague-vector efficiency of wild rodent fleas compared with *Xenopsylla cheopis*, together with observations on the influence of temperature. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 5, 1956.
- Krasnov, B. R., 2008. *Functional and Evolutionary Ecology of Fleas: a model for ecological parasitology*. Cambridge University Press.
- Krasnov, B.R., Khokhlova, I.S., Fielden, L.J., Burdelova, N. v., 2001. Effect of Air Temperature and Humidity on the Survival of Pre-Imaginal Stages of Two Flea Species (Siphonaptera: Pulicidae). *J Med Entomol*. 38, 629–637.
- Krasnov, B.R., Pilosof, S., Stanko, M., Morand, S., Korralo-Vinarskaya, N.P., Vinarski, M. v., Poulin, R., 2014. Co-occurrence and phylogenetic distance in communities of mammalian ectoparasites: Limiting similarity versus environmental filtering. *Oikos*. 123, 63–70.

- Krasnov, B.R., Poulin, R., Shenbrot, G.I., Mouillot, D., Khokhlova, I.S., 2005. Krasnov et al., 2005 - Host specificity and geographic range in haematophagous ectoparasites. 3, 449–456.
- Krasnov, B.R., Shenbrot, G.I., Khokhlova, I.S., 2022. Dark diversity of flea assemblages of small mammalian hosts: effects of environment, host traits and host phylogeny. *Int J Parasitol.* 52, 157–167.
- Krasnov, B.R., Shenbrot, G.I., Khokhlova, I.S., Degen, A.A., 2004a. Flea species richness and parameters of host body, host geography and host “milieu.” *Journal of Animal Ecology.* 73, 1121–1128.
- Krasnov, B. R., Khokhlova, I. S., Shenbrot, G. I., 2004b. Sampling fleas: the reliability of host infestation data. *Medical and veterinary entomology.* 18, 232-240.
- Krasnov, B.R., Shenbrot, G.I., Khokhlova, I.S., Mouillot, D., Poulin, R., 2008. Latitudinal gradients in niche breadth: Empirical evidence from haematophagous ectoparasites. *J Biogeogr.* 35, 592–601.
- Krasnov, B. R., Shenbrot, G. I., & Khokhlova, I. S. 2011. Aggregative structure is the rule in communities of fleas: null model analysis. *Ecography.* 34, 751-761.
- Krasnov, B.R., Shenbrot, G.I., Khokhlova, I.S., Poulin, R., 2006a. Is abundance a species attribute? An example with haematophagous ectoparasites. *Oecologia* 150, 132–140.
- Krasnov, B.R., Stanko, M., Morand, S., 2006b. Age-dependent flea (siphonaptera) parasitism in rodents: A host’s life history matters. *Journal of Parasitology.* 92, 242–248.
- Krasnov, B. R., Stanko, M., Morand, S., 2006c. Are ectoparasite communities structured? Species co-occurrence, temporal variation and null models. *Journal of Animal Ecology.* 75, 1330-1339.
- Krasnov, B. R., Stanko, M., Khokhlova, I. S., Mošanský, L., Shenbrot, G. I., Hawlena, H., & Morand, S., 2006d. Aggregation and species coexistence in fleas parasitic on small mammals. *Ecography.* 29, 159-168.
- Landaeta Aqueveque, C. A. 2015. Helminthofauna de roedores en Chile central: Intercambio de especies entre roedores nativos e introducidos.
- Lareschi, M., Sanchez, J., Autino, A., 2016. A review of the fleas (Insecta: Siphonaptera) from Argentina. *Zootaxa.* 4103, 239–258.
- Lareschi, M., Savchenko, E., Urdapilleta, M., 2019. Ectoparasites associated with sigmodontine rodents from northeastern Argentina. *Therya.* 10, 103–108. <https://doi.org/10.12933/therya-19-758>
- Lebarbenchon, C., Brown, S.P., Poulin, R., Gauthier-Clerc, M., Thomas, F., 2008. Evolution of pathogens in a man-made world. *Molecular Ecology.* 17, 475–484.

- Le Conte, J. L., 1850. Descriptions of three new species of American arvicolae, with remarks upon some other American rodents. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia* 6:404-415
- Leeson, H.S., 1932. The Effect of Temperature and Humidity upon the Survival of Certain Unfed Rat Fleas. *Parasitology*. 24, 196–209.
- Lewis, R.E., 1998. Résumé of the Siphonaptera (Insecta) of the World. *Journal of Medical Entomology*. 35, 377–389.
- Linneo, Carl., 1758. *Systema naturæ per regna tria naturæ, classes secundum, ordines, géneros, especies, cum characteribus, differentiis, synonymiis, locis* . vol. 1
- Lomolino, M. V., Sax, D.F., Riddle, B.R., Brown, J.H., 2006. The island rule and a research agenda for studying ecogeographical patterns. *Journal of Biogeography*. 33, 1503–1510.
- López-Berrizbeitia, F. A.M., Diaz, M.M., 2019. Siphonaptera associated with small mammals (Didelphimorphia, chiroptera, and rodentia) from northwestern Argentina. *Therya*. 10, 279–308.
- Maestri, R., Shenbrot, G.I., Krasnov, B.R., 2017. Parasite beta diversity, host beta diversity and environment: application of two approaches to reveal patterns of flea species turnover in Mongolia. *Journal of Biogeography*. 44, 1880–1890.
- Marcogliese, D.J., 2016. The Distribution and Abundance of Parasites in Aquatic Ecosystems in a Changing Climate: More than Just Temperature. *Integrative and Comparative Biology*. 56, 611–619.
- Marshall. A. G., 1981. *The Ecology of Ectoparasitic Insects*, Academic Press. London. UK.
- Mellanby, K., 1933. The influence of temperature and humidity on the pupation of *Xenopsylla cheopis*. *Bulletin of Entomological Research*. 24. 197-202.
- Mills, J. N., Childs, J. E., Ksiazek, T. G., Peters, C. J., Velleca, W. M., 1995. Methods for trapping and sampling small mammals for virologic testing.
- Molina, G. I., 1782. *Saggio Sulle Storia Naturale del Chile*. Bologna, Italia.
- Molina-Morales, M., Martínez, J.G., Avilés, J.M., 2016. Criteria for host selection in a brood parasite vary depending on parasitism rate. *Behavioral Ecology*. 27, 1441–1448.
- Moreno-Salas, L., Espinoza-Carniglia, M., Lizama-Schmeisser, N., Torres-Fuentes, L.G., Silva-de La Fuente, M.C., Lareschi, M., González-Acuña, D., 2020. Molecular detection of *Rickettsia* in fleas from micromammals in Chile with potential public health implications. *Parasites and Vectors*. 13, 1–21.
- Muñoz-Pedrerros A., Yáñez, J., 2000. *Mamíferos de Chile*. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales (CEA) Ediciones, Valdivia, Chile.

- Osorio-Olvera, L.A., Falconi, M., Soberón, J., 2016. Sobre la relación entre idoneidad del hábitat y la abundancia poblacional bajo diferentes escenarios de dispersión. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87, 1080–1088.
- Panisse, G., 2015. Patrones de diversidad de helmintos en roedores sigmodontinos de la selva atlántica interior en Argentina.
- Philippi R.A., 1858. Beschreibung einiger neuen chilenischen Mäuse. *Arch. Naturg.* 24: 77–82. [in German].
- Poje, J.E., Rocke, T.E., Samuel, M.D., 2020. Impacts of environmental conditions on fleas in black-tailed prairie dog burrows. *Journal of Vector Ecology*. 45, 356–365.
- Pontifes, P.A., Fernández-González, A., García-Peña, G.E., Roche, B., Suzán, G., 2022. Drivers of flea abundance in wild rodents across local and regional scales in the Chihuahuan Desert, northwestern Mexico. *Ecosphere*. 13, 1–12.
- Poulin, R., Blumar, C.A., Thieltges, D.W., Marcogliese, D.J., 2012. Scaling up from epidemiology to biogeography: Local infection patterns predict geographical distribution in fish parasites. *Journal of Biogeography*. 39, 1157–1166.
- Poulin, R., Krasnov, B.R., Mouillot, D., Thieltges, D.W., 2011. The comparative ecology and biogeography of parasites. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 366, 2379–2390.
- Resh, V. H., Cardé, R. T., 2009. *Encyclopedia of insects*. Academic press.
- Ritzi, C. M., 1999. A survey of ectoparasites and other arthropods associated with bats in the Trans-Pecos region of Texas. Sul Ross State University.
- Rodríguez-Serrano, E., Cancino, R.A., Palma, R.E., 2006. Molecular phylogeography of *Abrothrix olivaceus* (Rodentia: Sigmodontinae) in Chile. *Journal of Mammalogy*. 87, 971–980.
- Rodríguez-Serrano, E., Hernández, C.E., Palma, R.E., 2008. A new record and an evaluation of the phylogenetic relationships of *Abrothrix olivaceus markhami* (Rodentia: Sigmodontinae). *Mammalian Biology*. 73, 309–317.
- Rothschild, N.C., 1911. Some new genera and species of Siphonaptera. *Novitates Zoologicae*. 18:117-122.
- Rzotkiewicz, S., Gutiérrez, R., Krasnov, B.R., Morick, D., Khokhlova, I.S., Nachum-Biala, Y., Baneth, G., Harrus, S., 2015. Novel evidence suggests that a “Rickettsia felis-like” organism is an endosymbiont of the desert flea, *Xenopsylla ramesis*. *Molecular Ecology*. 24, 1364–1373.
- Sagarin, R.D., Gaines, S.D., 2002. The “abundant centre” distribution: To what extent is it a biogeographical rule? *Ecology Letters*. 5, 137–147.

- Salgado, R., Barja, I., Hernández, M. del C., Lucero, B., Castro-Arellano, I., Bonacic, C., Rubio, A. v., 2022. Activity patterns and interactions of rodents in an assemblage composed by native species and the introduced black rat: implications for pathogen transmission. *BMC Zool.* 7, 1–11.
- Samaniego, H., Marquet, P.A., 2009. Mammal and butterfly species richness in Chile: Taxonomic covariation and history. *Revista Chilena de Historia Natural.* 82, 135–151.
- Samuel, M. D., Poje, J. E., Rocke, T. E., & Metzger, M. E., 2022. Potential Effects of Environmental Conditions on Prairie Dog Flea Development and Implications for Sylvatic Plague Epizootics. *EcoHealth.* 19, 365-377.
- Sanchez, J., Amor, V., Bazán-León, E.A., Vásquez, R.A., Lareschi, M., 2012. Redescription of *Neotyphloceras chilensis* Jordan, new status (Siphonaptera: Ctenophthalmidae: Neotyphloceratini). *Zootaxa.* 51–57.
- Sanchez, J., Lareschi, M., 2014a. Two new species of *Neotyphloceras* (Siphonaptera: Ctenophthalmidae) from Argentinean Patagonia. *Zootaxa.* 3784, 159–170.
- Sanchez, J., Lareschi, M., 2014b. New records of fleas (Siphonaptera: Ctenophthalmidae: Rhopalopsyllidae and Stephanocircidae) from Argentinean Patagonia, with remarks on the morphology of *Agastopsylla boxi* and *Tiarapsylla argentina*. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 85, 383–390.
- Sanchez, J., Lareschi, M., 2018. Diversity, distribution and parasitism rates of fleas (Insecta: Siphonaptera) on sigmodontine rodents (Cricetidae) from Argentinian Patagonia. *Bulletin of Entomological Research.* 109, 72–83.
- Sanchez, J., Lareschi, M., Salazar-Bravo, J., Gardner, S.L., 2018. Fleas of the genus *Neotyphloceras* associated with rodents from Bolivia: new host and distributional records, description of a new species and remarks on the morphology of *Neotyphloceras rosenbergi*. *Medical and Veterinary Entomology.* 32, 462–472.
- Sanchez, J.P., Udrizar Sauthier, D.E., Lareschi, M., 2009. Nuevos registros de pulgas (insecta, siphonaptera) parásitas de roedores Sigmodontinos (cricetidae) de la Patagonia Austral, Argentina. *Mastozoología. Neotropical* 16, 1–4.
- Sánchez, S., Serrano, E., Gómez, M. S., Feliu, C., Morand, S. 2014. Positive co-occurrence of flea infestation at a low biological cost in two rodent hosts in the Canary archipelago. *Parasitology.* 141, 511-521.
- Sarabeev, V., Balbuena, J.A., Morand, S., 2019. Aggregation patterns of helminth populations in the introduced fish, *Liza haematocheilus* (Teleostei: Mugilidae): disentangling host–parasite relationships. *International Journal for Parasitology.* 49, 83–91.

- Schemske, D.W., Mittelbach, G.G., Cornell, H. V., Sobel, J.M., Roy, K., 2009. Is there a latitudinal gradient in the importance of biotic interactions? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 40, 245–269.
- Seoane, J., Laiolo, P., Obeso, J.R., 2017. Abundance leads to more species, particularly in complex habitats: a test of the increased population size hypotheses in bird communities. *Journal of Biogeography*. 44, 556–566.
- Shvydka, S., Cadarso-Suárez, C., Ballová, D., Sarabeev, V., 2020. Patterns of monogenean abundance in native and invasive populations of *Planiliza haematocheila* (Teleostei: Mugilidae): interactions between climate and host defence mechanisms explain parasite release. *International Journal for Parasitology*. 50, 1023–1031.
- Shvydka, S., Sarabeev, V., Estruch, V.D., Cadarso-Suárez, C., 2018. Optimum sample size to estimate mean parasite abundance in fish parasite surveys. *Helminthologia (Poland)*. 55, 52–59.
- Silva, S. I. 2005. Posiciones tróficas de pequeños mamíferos en Chile: una revisión. *Revista Chilena de Historia Natural*. 78, 589-599.
- Silverman, J., Michael K. Rust, Donald A. Reiersen., 1981. Influence of Temperature and Humidity on Survival and Development of the Cat Flea, *Ctenocephalides Felis* (Siphonaptera: Pulicidae), *Journal of Medical Entomology*, Volume 18, 78–83.
- Smit, F. G. A. M. 1955. Siphonaptera from Bariloche, Argentina, collected by Dr. J. M. de la Barrera in 1952-1954. *Trans. Roy. Ent. Soc. London*. 107: 319-339.
- Smit, F. G. A. M., Dunnet, G. M., 1962. A new genus and species of flea from Antarctica. *Pacif. Insects*, 4, 895-903.
- Smit, F.G.A.M., 1987. An illustrated catalogue of the Rothschild collection of fleas (Siphonaptera) in the British Museum. Volume VII Malacopsylloidea. Printed of the trustees of the British Museum. London. Great Britain.
- Soshina, Y.F., 1973. The rate of flea infestation in murid Rodentia occurring in high abundance in the forest zone of the Krym mountains. *Parazitologiya*. 7, 31–35 (in Russian.)
- Stephens, P.R., Altizer, S., Smith, K.F., Alonso Aguirre, A., Brown, J.H., Budischak, S.A., Byers, J.E., Dallas, T.A., Jonathan Davies, T., Drake, J.M., Ezenwa, V.O., Farrell, M.J., Gittleman, J.L., Han, B.A., Huang, S., Hutchinson, R.A., Johnson, P., Nunn, C.L., Onstad, D., Park, A., Vazquez-Prokopec, G.M., Schmidt, J.P., Poulin, R., 2016. The macroecology of infectious diseases: a new perspective on global-scale drivers of pathogen distributions and impacts. *Ecol Lett*. 19, 1159–1171.
- Thomas, O., 1895. XXII.—Preliminary diagnoses of new mammals from Northern Luzon, collected by Mr. John Whitehead. *Journal of Natural History*, 16, 160-164.

- Teta, P., Cañón, C., Patterson, B.D., Pardiñas, U. F., 2017. Phylogeny of the tribe Abrotrichini (Cricetidae, Sigmodontinae): integrating morphological and molecular evidence into a new classification. *Cladistics*. 33, 153-182.
- Torres-Castro, M., Noh-Pech, H.R., Lugo-Caballero, C.I., Dzul-Rosado, K.R., Puerto, F.I., 2020. Las enfermedades transmitidas por vector: importancia y aspectos epidemiológicos. *Bioagrobiencias*. 13, 31–41.
- Torres-Pérez, F., Navarrete-Droguett, J., Aldunate, R., Yates, T.L., Mertz, G.J., Vial, P.A., Ferrés, M., Marquet, P.A., Palma, R.E., 2004. Peridomestic small mammals associated with confirmed cases of human hantavirus disease in Southcentral Chile. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 70, 305–309.
- Tyerman, D., Bennet, G., 1832. *Journal of Voyages and Travels by the Rev. Daniel Tyerman and George Bennet, Esq: Deputed from the London Missionary Society, to Visit Their Various Stations in the South Sea Islands, China, India, &c. Between the Years 1821 and 1829 (Vol. 1)*. Crocker and Brewster.
- Ulrich, W., Almeida-Neto, M., Gotelli, N.J., 2009. A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos*. 118, 3–17.
- Urdapilleta, M., Linardi, P.M., Lareschi, M., 2019. Fleas associated with sigmodontine rodents and marsupials from the Paranaense Forest in Northeastern Argentina. *Acta Tropica*. 193, 71–77.
- Valdez, L., D'Elía, G., 2021. Genetic Diversity and Demographic History of the Shaggy Soft-Haired Mouse *Abrothrix hirta* (Cricetidae; Abrotrichini). *Front Genet*. 12, 1–14.
- Van Der Mescht, L., Le Roux, P.C., Mathee, S., 2013. Remnant fragments within an agricultural matrix enhance conditions for a rodent host and its fleas. *Parasitology*. 140, 368–377.
- Van Der Mescht, L., Mathee, S., Mathee, C.A., 2015. Comparative phylogeography between two generalist flea species reveal a complex interaction between parasite life history and host vicariance: Parasite-host association matters. *BMC Evolutionary Biology*. 15, 1–15.
- Van Der Mescht, L., Warburton, E.M., Khokhlova, I.S., Stanko, M., Vinarski, M. v., Korralo-Vinarskaya, N.P., Krasnov, B.R., 2018. Biogeography of parasite abundance: latitudinal gradient and distance decay of similarity in the abundance of fleas and mites, parasitic on small mammals in the Palearctic, at three spatial scales. *International Journal for Parasitology*. 48, 857–866.
- Vashchenok, V. S., 1967. On the ecology of fleas *Echidnophaga oshanini* Wagn.(Pulicidae, Aphaniptera) in the Tuva ASSR. *Parazitologiya*. 1, 27–35 (in Russian).
- Vashchenok, V. S., 1993. The factors that regulate oviposition in *Leptopsylla segnis* (Leptopsyllidae: Siphonaptera) fleas. *Parazitologiya*. 27(6), 382-388.

- Vázquez, D.P., Stevens, R.D., 2004. The latitudinal gradient in niche breadth: concepts and evidence. *Am Nat.* 164, 0–19. <https://doi.org/10.1086/421445>
- Vinarski, M. v., Korralo-Vinarskaya, N.P., Shenbrot, G.I., Warburton, E.M., Surkova, E.N., Khokhlova, I.S., Krasnov, B.R., 2020. Species associations and trait dissimilarity in communities of ectoparasitic arthropods harboured by small mammals at three hierarchical scales. *Ecological Entomology.* 45, 321–332.
- Vye, S.R., Dickens, S., Adams, L., Bohn, K., Chenery, J., Dobson, N., Dunn, R.E., Earp, H.S., Evans, M., Foster, C., Grist, H., Holt, B., Hull, S., Jenkins, S.R., Lamont, P., Long, S., Mieszkowska, N., Millard, J., Morrall, Z., Pack, K., Parry-Wilson, H., Pocklington, J., Pottas, J., Richardson, L., Scott, A., Sugden, H., Watson, G., West, V., Winton, D., Delany, J., Burrows, M.T., 2020. Patterns of abundance across geographical ranges as a predictor for responses to climate change: Evidence from UK rocky shores. *Diversity and Distributions.* 26, 1357–1365.
- Waterhouse, G., 1837. Numerous species of *Mus*, forming part of the collection presented by Charles Darwin, Esq. from the southern coast of South America. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1837:15-21.
- Waterhouse, G. R., 1845. Descriptions of coleopterous insects collected by Charles Darwin, Esq., in the Galapagos Islands. *Journal of Natural History*, 16(102), 19-41.
- Waterhouse, G. R., 1839. Descriptions of some new species of exotic insects. *Transactions of the Entomological Society of London*, 2 (3). First Series, 188-196.
- Weber, M.M., Stevens, R.D., Diniz-Filho, J.A.F., Grelle, C.E. V., 2017. Is there a correlation between abundance and environmental suitability derived from ecological niche modelling? A meta-analysis. *Ecography.* 40, 817–828.
- Whiting, M.F., Whiting, A.S., Hastriter, M.W., Dittmar, K., 2008. A molecular phylogeny of fleas (Insecta: Siphonaptera): Origins and host associations. *Cladistics.* 24, 677–707.
- Zurita, A., Lareschi, M., Cutillas, C., 2023. New Insights into the Taxonomy of Malacopsylloidea Superfamily (Siphonaptera) Based on Morphological, Molecular and Phylogenetic Characterization of *Phthiropsylla agenoris* (Malacopsyllidae) and *Polygenis (Polygenis) rimatus* (Rhopalopsyllidae). *Diversity*, 15(2), 308.

ANEXOS

Anexo 1: Mapa de Chile indicando la ubicación de las localidades de muestreo. Cada punto indica el sitio exacto de muestreo en terreno. Mapa realizado en el programa ArcGis versión 10.5.



Anexo 2: Script utilizado en programa R Studios para realizar análisis de regresión lineal de Poisson, teniendo a Riqueza de pulgas en cada localidad de muestreo como variable dependiente.

```
#Para MLG Poisson Riqueza
install.packages("ISWR")
library("ISWR")
TablaMLG<-read.csv('C:/Users/camil/OneDrive/Escritorio/Tesis Magister/R/Tabla para MLG.csv"
, sep=";", dec=".")
m.poisson<-glm(Riqueza.pulgas ~ i..Temperatura.minima + Temperatura.maxima +
Humedad.minima + Humedad.maxima +
Abundancia.pulgas +
Interacciones.roedores, family = "poisson", data = TablaMLG)
summary(m.poisson)
```

Anexo 3: Script utilizado en programa R Studios para realizar análisis de regresión lineal de Poisson, teniendo la abundancia de *C. inopinata* de pulgas en cada localidad de muestreo como variable dependiente.

```
#Para Abundancia de Inopinata
install.packages("ISWR")
library("ISWR")
Inopinata<-read.csv("C:/Users/camil/OneDrive/Escritorio/Tesis Magister/R/inopinata.csv"
, sep=";", dec=".")
m.poisson<-glm(C..inopinata ~ i..Temperatura.minima + Temperatura.maxima +
Humedad.minima + Humedad.maxima + Riqueza.pulgas +
Interacciones.roedores, family = "poisson", data = Inopinata)
summary(m.poisson)
```

Anexo 4: Script utilizado en programa R Studios para realizar análisis de regresión lineal de Poisson, teniendo la abundancia de *N.crassispina* de pulgas en cada localidad de muestreo como variable dependiente.

```
#Para Abundancia de Crassispina
install.packages("ISWR")
library("ISWR")
Crassispina<-read.csv("C:/Users/camil/OneDrive/Escritorio/Tesis Magister/R/crassispina.csv"
, sep=";", dec=".")
m.poisson<-glm(N..crassispina ~ i..Temperatura.minima + Temperatura.maxima +
Humedad.minima + Humedad.maxima + Riqueza.pulgas +
Interacciones.roedores, family = "poisson", data = Inopinata)
summary(m.poisson)
```

Anexo 5: Script utilizado en programa R Studios para realizar análisis de regresión lineal de Poisson, teniendo la abundancia de *S. ares* de pulgas en cada localidad de muestreo como variable dependiente.

```
#Para Abundancia de Ares

install.packages("ISWR")
library("ISWR")
Ares<-read.csv("C:/Users/camil/OneDrive/Esitorio/Tesis Magister/R/ares.csv"
, sep=";", dec =".")
m.poisson<-glm(S..ares ~ i..Temperatura.minima + Temperatura.maxima +
Humedad.minima + Humedad.maxima + Riqueza.pulgas +
Interacciones.roedores, family = "poisson", data = Ares)
summary(m.poisson)
```

Anexo 6: Script utilizado en programa R Studios para realizar análisis de regresión lineal de Poisson, teniendo la abundancia de *T. rhombus* de pulgas en cada localidad de muestreo como variable dependiente.

```
#Para Abundancia de Rhombus

install.packages("ISWR")
library("ISWR")
Rhombus<-read.csv("C:/Users/camil/OneDrive/Esitorio/Tesis Magister/R/Rhombus.csv"
, sep=";", dec =".")
m.poisson<-glm(T..rhombus ~ i..Temperatura.minima + Temperatura.maxima +
Humedad.minima + Humedad.maxima + Riqueza.pulgas +
Interacciones.roedores, family = "poisson", data = Rhombus)
summary(m.poisson)
```

Anexo 7: Script utilizado en programa R Studios para realizar análisis de regresión lineal de Poisson, teniendo la abundancia de *T. tantilus* de pulgas en cada localidad de muestreo como variable dependiente.

```
#Para Abundancia de Tantilus

install.packages("ISWR")
library("ISWR")
Tantilus<-read.csv("C:/Users/camil/OneDrive/Esitorio/Tesis Magister/R/tantilus.csv"
, sep=";", dec =".")
m.poisson<-glm(T..tantilus ~ i..Temperatura.minima + Temperatura.maxima +
Humedad.minima + Humedad.maxima + Riqueza.pulgas +
Interacciones.roedores, family = "poisson", data = Tantilus)
summary(m.poisson)
```

Anexo 8: Scrip utilizado en programa R Studios para función de co ocurrencia (C-Score) según ausencia o presencia de pulgas en zonas muestreadas.

```
#Análisis de co-ocurrencia
install.packages("EcoSimR")
library("EcoSimR")
Datos=read.csv(file="Co ocurrencia.csv", header = TRUE, sep = ";", dec=".")
modelo<-cooc_null_model (speciesData = Datos,suppressProg = TRUE)

summary(modelo)
plot(modelo,type="burn_in")|
plot(modelo,type="hist")
plot(modelo,type="cooc")
```

Anexo 9: Localidades muestreadas ordenadas de norte a sur con su respectivo número de visitas durante el estudio.

Localidad	Número de visitas
Tal tal	2
Pan de Azúcar	2
Llanos de Challe	2
Caleta Chungungo	1
Isla Chungungo	1
P.N. Fray Jorge	12
Peral Ojo de Agua El Morai	2
Canela Baja	2
Reserva Nacional Las Chinchillas	8
Putando	1
Til-til	1
Lago Peñuelas	3
Reserva Nacional El Yali	2
Lolol	2
Reserva Nacional Laguna Torca	2
Sierras de Bellavista	1
La Mina	6
Termas del Flaco	3
Parque Inglés	3
Reserva Nacional Altos de Lircay	4
Reserva Nacional Los Queules	3
Cobquecura	3
Quilmo	1
Concepción	5
Parque Nacional Nonguén	3
Parque Nacional Laguna del Laja	3
Parque Nacional Nahuelbuta	1
Isla Mocha	2
Gorbea	1

Valdivia	1
Fundo San Martín	1
Puyehue	4
Maicolpué	1
Hornopirén	1
Parque Nacional Chiloé	1
Chiloé-Cucao	1
La Junta	1
Puerto Aysén	1
Puerto Chacabuco	1
Reserva Nacional Coyhaique	1
Lago Elizalde	1
Parque Nacional Cerro Castillo	1
Parque Nacional Torres del Paine	1
Reserva Nacional Magallanes	1

Anexo 10: Equivalencias para interpretar gráfico de presencia ausencia y Plot de ocurrencia donde los nombres de las especies de pulgas fueron transformados y las localidades están reemplazadas por un número.

Localidad	Número	Especies pulgas	Equivalencia
Tal-tal	1	<i>Agastopsylla boxi</i>	Sp.1
Parque Nacional Pan de Azúcar	2	<i>Barreropsylla excelsa</i>	Sp.2
Parque Nacional Llanos de Challe	3	<i>Ctenoparia inopinata</i>	Sp.3
Isla Chungungo	4	<i>Ctenoparia jordani</i>	Sp.4
Caleta Chungungo	5	<i>Ctenoparia sp.</i>	Sp.5
Parque Nacional Fray Jorge	6	<i>Ctenoparia propinqua</i>	Sp.6
Peral Ojo de Agua El Morai	7	<i>Ctenoparia topali</i>	Sp.7
Canela Baja	8	<i>Ectinorus cocyti</i>	Sp.8
Reserva Nacional Las Chinchillas	9	<i>Ectinorus sp.</i>	Sp.9
Putando	10	<i>Hectopsylla sp.</i>	Sp.10
Til-til	11	<i>Leptopsylla segnis</i>	Sp.11
Lago Peñuelas	12	<i>Listronius sp.</i>	Sp.12
Reserva Nacional El Yali	13	<i>Neotyphloceras chilensis</i>	Sp.13
Lolol	14	<i>Neotyphloceras crassispina</i>	Sp.14
Reserva Nacional Laguna Torca	15	<i>Neotyphloceras pardinasi</i>	Sp.15
Sierras de Bellavista	16	<i>Neotyphloceras sp.</i>	Sp.16
La Mina	17	<i>Nosopsyllus fasciatus</i>	Sp.17
Termas del Flaco	18	<i>Plocopsylla wolffsohni</i>	Sp.18
Parque Inglés	19	<i>Sphinctopsylla ares</i>	Sp.19
Reserva Nacional Altos de Lircay	20	<i>Tetrapsyllus amplus</i>	Sp.20
Reserva Nacional Los Queules	21	<i>Tetrapsyllus corfidii</i>	Sp.21
Cobquecura	22	<i>Tetrapsyllus maulinus</i>	Sp.22
Quilmo	23	<i>Tetrapsyllus rhombus</i>	Sp.23

Concepción	24	<i>Tetrapsyllus sp.</i>	Sp.24
Parque Nacional Nonguén	25	<i>Tetrapsyllus tantilus</i>	Sp.25
Parque Nacional Laguna del Laja	26		
Parque Nacional Nahuelbuta	27		
Isla Mocha	28		
Gorbea	29		
Valdivia	30		
Fundo San Martín	31		
Puyehue	32		
Maicolpué	33		
Hornopirén	34		
Parque Nacional Chiloé	35		
Chiloé-Cucao	36		
La Junta	37		
Puerto Aysén	38		
Puerto Chacabuco	39		
Reserva Nacional Coyhaique	40		
Lago Elizalde	41		
Parque Nacional Cerro Castillo	42		
Parque Nacional Torres del Paine	43		
Reserva Nacional Magallanes	44		

Anexo 11: Tabla de esfuerzo de muestreo en las localidades realizada con correlación utilizando coeficiente de Spearman y su valor de significancia respectivo.

Localidades	Visitas	C. Spearman A.	p value A.	C. Spearman R	P value
1	2	0,28	0,00	-0,01	0,50
2	2	0,17	0,00	-0,08	0,10
3	2	-0,23	0,20	-0,51	0,08
4	1	-0,41	0,98	-0,03	0,01
5	1	0,31	0,05	-0,44	0,03
6	12	0,46	0,09	0,62	0,12
7	2	0,67	0,12	0,01	0,09
8	2	0,43	0,34	-0,1	0,02
9	8	-0,19	0,11	-0,25	0,35
10	1	-0,07	0,21	-0,01	0,43
11	1	-0,20	0,43	0,06	0,07
12	3	-0,14	0,64	0,17	0,06
13	2	0,6	0,29	-0,1	0,03
14	2	0,14	0,21	-0,3	0,01
15	2	0,1	0,37	0,11	0,06
16	1	-0,18	0,13	-0,15	0,12
17	6	-0,23	0,02	0,17	0,07

18	3	-0,18	0,12	0,47	0,81
19	3	0,00	0,03	0,25	0,23
20	3	0,45	0,12	0,6	0,22
21	4	0,,01	0,34	0,42	0,91
22	3	0,45	0,28	-0,32	0,12
23	1	0,05	0,11	0,28	0,09
24	5	0,09	0,45	0,17	0,06
25	3	0,05	0,22	-0,23	0,13
26	3	-0,34	0,08	-0,41	0,28
27	1	0,18	0,82	0,31	0,07
28	2	0,53	0,12	0,46	0,02
29	1	*-0,8	0,13	-0,1	0,03
30	1	0,33	0,81	0,39	0,08
31	1	0,33	0,01	0,0,5	0,12
32	4	-0,15	0,45	0,07	0,07
33	1	-0,45	0,01	-0,1	0,82
34	1	0,25	0,29	0,09	0,01
35	1	0,6	0,87	0,15	0,13
36	1	0,42	0,07	0,8	0,27
37	1	-0,32	0,08	0,3	0,45
38	1	0,67	0,07	-0,21	0,67
39	1	-0,1	0,06	0,23	0,29
40	1	0,08	0,12	0,52	0,34
41	1	0,3	0,91	0,4	0,08
42	1	-0,17	0,23	0,17	0,01
43	1	-0,34	0,07	0,5	0,17
44	1	0,57	0,01	0,2	0,45

Anexo 12: Tabla de localidades de muestreo con latitud, longitud, y condiciones ambientales (humedad mínima y máxima y temperatura mínima y máxima registradas) con sus respectivos valores de riqueza y abundancia de pulgas en *A. olivacea*.

Latitud	Longitud	Localidades	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Humedad mínima	Humedad máxima	Abundancia pulgas	Riqueza pulgas	Riqueza roedores
-25.407	-70.486	Tal-tal	11.4	24.1	56.0	72.0	4.0	3.0	6.0
-26.343	-70.616	Parque Nacional Pan de Azúcar	9.0	24.0	70.0	91.0	9.0	3.0	2.0
-28.141	-71.012	Parque Nacional Llanos de Challe	5.0	28.0	60.2	68.8	2.0	2.0	2.0
-29.412	-71.357	Isla Chungungo	13.0	25.0	54.0	90.0	7.0	4.0	0.0
-29.447	-71.300	Caleta Chungungo	14.0	22.0	43.0	94.0	13.0	5.0	0.0
-30.660	-71.660	Parque Nacional Fray Jorge	7.0	23.0	69.0	85.0	118.0	12.0	7.0
-30.560	-71.650	Peral Ojo de Agua El Morai	-13.1	24.0	67.0	80.0	4.0	2.0	3.0
-31.380	-71.450	Canela Baja	5.0	32.0	65.0	91.0	76.0	11.0	5.0
-31.617	-71.150	Reserva Nacional Las Chinchillas	6.0	25.0	35.0	50.0	95.0	7.0	7.0
-32.626	-70.717	Putando	0.0	32.0	58.0	78.0	2.0	2.0	3.0
-33.083	-70.933	Til-til	-3.0	40.0	40.0	57.0	3.0	3.0	7.0
-33.004	-71.501	Lago Peñuelas	0.0	30.0	51.0	71.0	2.0	2.0	5.0
-33.440	-71.390	Reserva Nacional El Yali	8.0	32.0	52.0	96.0	1.0	1.0	2.0
-34.717	-71.633	Lolol	1.1	35.6	32.0	82.0	8.0	2.0	1.0
-34.750	-72.067	Reserva Nacional Laguna Torca	7.0	33.0	75.0	81.0	8.0	3.0	4.0
-34.805	-70.751	Sierras de Bellavista	4.0	34.0	53.0	89.0	1.0	1.0	3.0
-34.956	-71.000	La Mina	3.4	33.0	14.0	58.0	20.0	5.0	5.0
-34.957	-70.437	Termas del Flaco	2.9	35.0	27.0	61.0	14.0	4.0	7.0

-35.476	-70.995	Parque Inglés	-3.2	34.0	42.0	65.0	11.0	5.0	4.0
-35.591	-70.940	Reserva Altos de Lircay	3.0	36.0	18.0	60.0	5.0	3.0	6.0
-36.017	-72.700	Reserva Nacional Los Queules	-2.0	33.0	21.0	55.0	59.0	7.0	5.0
-36.133	-72.783	Cobquecura	10.2	33.0	51.0	92.0	27.0	6.0	5.0
-36.677	-72.077	Quilmo	-2.0	36.0	27.0	61.0	72.0	6.0	0.0
-36.833	-73.050	Concepción	2.0	32.0	63.4	93.6	47.0	5.0	4.0
-36.867	-72.983	Parque Nacional Nonguén	2.0	29.0	70.0	95.0	7.0	3.0	4.0
-37.422	-71.363	Parque Nacional Laguna del Laja	-5.7	35.0	39.0	89.0	24.0	7.0	3.0
-37.794	-72.997	Parque Nacional Nahuelbuta	4.2	36.5	43.0	84.0	2.0	1.0	5.0
-38.231	-73.520	Isla Mocha	9.0	24.0	30.0	91.0	73.0	9.0	4.0
-39.103	-72.676	Gorbea	-5.0	35.0	82.1	100.0	5.0	3.0	4.0
-39.814	-73.246	Valdivia	0.0	28.5	47.3	93.7	1.0	1.0	4.0
-39.814	-73.246	Fundo San Martín	1.0	29.0	54.0	87.0	16.0	4.0	5.0
-40.659	-72.602	Puyehue	-2.0	21.0	66.0	92.0	59.0	8.0	7.0
-40.559	-72.125	Maicolpué	7.0	31.0	52.0	92.0	4.0	3.0	2.0
-41.550	-72.471	Hornopirén	1.1	24.6	56.0	100.0	35.0	3.0	2.0
-42.513	-74.034	Parque Nacional Chiloé	2.0	24.0	87.0	100.0	13.0	5.0	2.0
-42.638	-74.110	Chiloé-Cucao	-3.3	25.0	64.0	100.0	45.0	6.0	2.0
-43.972	-72.405	La Junta	-1.0	14.0	62.0	97.0	12.0	4.0	0.0
-45.400	-72.700	Puerto Aysén	-3.0	23.0	86.0	100.0	9.0	4.0	2.0
-45.450	-72.817	Puerto Chacabuco	-2.0	24.0	72.0	100.0	27.0	5.0	2.0
-45.517	-72.066	Reserva Nacional Coyhaique	0.0	24.5	25.1	86.9	34.0	5.0	4.0
-45.460	72.180	Lago Elizalde	0.0	24.0	57.0	88.0	17.0	3.0	2.0
-46.046	72.160	Parque Nacional Cerro Castillo	-4.0	25.0	59.0	88.0	3.0	3.0	5.0

-51.259	-72.345	Parque	Nacional	-4.0	24.0	88.0	99.0	9.0	3.0	4.0
-53.150	-71.167	Torres del Paine Reserva	Nacional	0.0	24.0	51.7	82.0	17.0	6.0	1.0
<hr/>										

Anexo 13: Tabla extraída de Mamíferos de Chile, 2000 de Muñoz-Pedrerros y Yáñez

Distribución roedores de Chile, destacando en celeste *A. olivacea* y con "X" en negrita a las especies de roedores que comparten zonas de distribución con él. Los números indican distintas localidades de distribución de las especies de roedores mencionadas en la tabla.

Especies/Localidades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<i>Abrothrix olivacea</i>						X		X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X			
<i>Oligoryzomus longicaudatus</i>						X		X		X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Akodon albiventer</i>	X		X																							
<i>Abrothrix herskhovitzii</i>																										
<i>Abrothrix lanosus</i>																										
<i>Abrothrix andinus</i>	X	X	X	X	X		X		X			X														
<i>Abrothrix longipilis</i>								X		X	X		X	X		X	X		X		X	X	X	X	X	X
<i>Abrothrix sanborni</i>																		X	X	X	X	X		X		
<i>Abrothrix xanthorhinus</i>																							X	X	X	X
<i>Geoxus valdivianus</i>																X	X	X		X	X	X	X		X	
<i>Chelemys delpini</i>																								X	X	
<i>Chelemys macronyx</i>												X			X		X	X	X				X			
<i>Chelemys megalonyx</i>								X		X			X			X										
<i>Pearsonomys annectens</i>																	X									
<i>Calomys lepidus</i>		X	X	X																						
<i>Calomys sp.</i>				X																						
<i>Eligmodontia puerulus</i>	X	X	X	X																						
<i>Eligmodontia morgani</i>																	X						X	X		
<i>Phyllotis darwini</i>						X		X		X	X	X	X	X		X										
<i>Phyllotis limatus</i>	X	X																								
<i>Phyllotis magister</i>			X																							

<i>Octodon degus</i>					X		X	X										
<i>Octodon lunatus</i>					X		X	X										
<i>Octodon pacificus</i>																		*
<i>Octodontomys gliroides</i>	X																	
<i>Spalacopus cyanus</i>				X	X		X	X	X	X								
<i>Aconaemys fuscus</i>										X	X	X						
<i>Aconaemys porteri</i>																		X
<i>Aconaemys sagei</i>													X					
<i>Ctenomys coyhaiquensis</i>																		X
<i>Ctenomys fulvus</i>	X		X	X														
<i>Ctenomys magellanicus</i>																		X
<i>Ctenomys maulinus</i>											X		X					
<i>Ctenomys opimus</i>		X		X														
<i>Ctenomys robustus</i>	X																	
<i>Ctenomys sp.</i>					X													
<i>Ctenomys sp.</i>																		X
<i>Abrocoma bennetti</i>				X	X	X				X								
<i>Abrocoma cinerea</i>	X	X	X															

Localidades: 1.-Desierto de atacama, 2.-Precordillera región de Arica y Parinacota, 3.-Altiplano región de Arica y Parinacota, 4.-Precordillera región de Tarapacá, 5.-Altiplano región de Tarapacá, 6.-Paposos-Caldera, 7.-Altiplano región de Antofagasta, 8.- < 2.800m. Región de Coquimbo, 9.- > 2.800. Región de Coquimbo, 10.-Valparaíso, 11.-Santiago, 12.- >2.000 m. Santiago, 13.-Cordillera de la Costa Región del Maule, 14.-Precordillera Región del Maule, 15.-Cordillera región del Maule, 16.-Nahuelbuta (*Isla Mocha), 17.-Alto Biobío, 18.- Puerto Montt

19.-Cordillera región de los Lagos, 20.-Chiloé, 21.-Chiloé continental, 22.-Puerto Aysén, 23.-Coyhaique, 24.-Torres del Paine, 25.-Punta Arenas, 26.- Tierra del Fuego.

Anexo 14: Especies de pulgas y abundancia según localidad de muestreo, ordenadas de norte a sur.

		<i>Especies de pulgas</i>																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Zona Norte	1 (-25,40°)			1									2	1												
	2 (-26,34°)												3	4												2
	3 (-28,14°)													1												1
	4 (-29,41°)															1		3	2							1
	5 (-29,44°)												7	1					3				1			1
	6 (-30,66°)			1					1	1	7			14	6	1	35			2				3	2	45
	7 (-30,56°)													2												2
	8 (-31,38°)										1	1	1	42	4	8		1	1	6					1	10
	9 (-31,61°)													63	6	2		2		6	1				3	12
Zona Centro	10 (-32,62°)													1												1
	11 (-33,08°)			1										1												1
	12 (-33,00°)												1	1												
	13 (-33,44°)																									1
	14 (-34,71°)			1																						7
	15 (-34,75°)			4										1						3						
	16 (-34,80°)			1																						
	17 (-34,95°)													5						1	1			2		11
	18 (-34,96°)													2	2									2		8
	19 (-35,48°)			6	1										6		10			12				20		4

	20 (-35,59°)			1									4					2				1		3	
	21 (-36,02°)												2	2								2		8	
	22 (-36,13°)			3										2			1		11				3	7	
	23 (-36,67°)												5	11	1	5		21						29	
Zona Sur	24 (-36,83°)			26										1					9				1	10	
	25 (-36,86°)			5															1				1		
	26 (-37,42°)			2									4	4		2		1	8				3		
	27 (-37,79°)													2											
	28 (-38,23°)			9		1							3	9		1			22			1	26	1	
	29 (-39,10°)			2														2	1						
	30 (-39,81°)																		1						
	31 (-39,81°)		6	6															3					1	
	32 (-40,65°)		2	18				1											2			17	1	1	17
	33 (-40,55°)		2																	1				1	
	34 (-41,55°)			21																7				7	
	35 (-42,51°)			8				1							1					1				2	
	36 (-42,63°)			24												1		1	15	1				3	
	37 (-43,97°)			7																3				1	1
	38 (-45,40°)			5															1					1	
	39 (-45,45°)			12											1		1			6				7	
	40 (-45,51°)			6											1		2			21				4	
	41 (-45,46°)													7	6					4					
	42 (-46,04°)			1											1	1									
	43 (-51,25°)																	5						2	2
44 (-53,15°)	2					2	6					1							2				4		

Localidades: 1.- Tal-tal, 2.- Parque Nacional Pan de Azúcar, 3.- Parque Nacional Llanos de Challe, 4.- Isla Chungungo, 5.- Caleta Chungungo, 6.- Parque Nacional Fray Jorge, 7.- Peral Ojo de Agua El Morai, 8.- Canela Baja, 9.- Reserva Nacional Las Chinchillas, 10.- Putaendo, 11.- Til-Til, 12.- Lago Peñuelas, 13.- Reserva Nacional El Yali, 14.- Lolol, 15.- Reserva Nacional Laguna Torca, 16.- Sierras de Bellavista, 17.- La Mina, 18.- Termas del Flaco, 19.- Parque Inglés, 20.- Reserva Nacional Altos de Lircay, 21.- Reserva Nacional Los Queules, 22.- Cobquecura, 23.- Quilmo, 24.- Concepción, 25.- Parque Nacional Nonguén, 26.- Parque Nacional Laguna del Laja, 27.- Parque Nacional Nahuelbuta, 28.- Isla Mocha, 29.- Gorbea, 30.- Valdivia, 31.- Fundo San Martín, 32.- Puyehue, 33.- Maicolpué, 34.- Hornopirén, 35.- Parque Nacional Chiloé, 36.- Chiloé-Cucao, 37.- La Junta, 38.- Puerto Aysén, 39.- Puerto Chacabuco, 40.- Reserva Nacional Coyhaique, 41.- Lago Elizalde, 42.- Parque Nacional Cerro Castillo, 43.- Parque Nacional Torres del Paine, 44.- Reserva Nacional Magallanes.

Especies de pulgas: 1.- *Agastopsylla boxi*, 2.- *Barreropsylla excelsa*, 3.- *Ctenoparia inopinata*, 4.- *Ctenoparia jordani*, 5.- *Ctenoparia sp.* 6.- *Ctenoparia propincua*, 7.- *Ctenoparia topali*, 8.- *Ectinorus cocyti*, 9.- *Ectinorus sp.*, 10.- *Hectopsylla sp.*, 11.- *Leptopsylla segnis*, 12.- *Listronius sp.*, 13.- *Neotyphloceras chilensis*, 14.- *Neotyphloceras crassispina*, 15.- *Neotyphloceras pardinasi*, 16.- *Neotyphloceras sp.*, 17.- *Nosopsyllus fasciatus*, 18.- *Plocopsylla wolffsohni*, 19.- *Sphinctopsylla ares*, 20.- *Tetrapsyllus amplus*, 21.- *Tetrapsyllus corfidii*, 22.- *Tetrapsyllus maulinus*, 23.- *Tetrapsyllus rhombus*, 24.- *Tetrapsyllus sp.*, 25.- *Tetrapsyllus tantilus*.

Anexo 15: Tabla de especies de pulgas reportadas, incluyendo magnitudes de abundancia total, abundancia media, prevalencia, intensidad media y rango según cada especie.

Especies	Abundancia total	Abundancia media	Prevalencia	Intensidad media	Rango
<i>Agastopsylla boxi</i>	2	0,0008	0,08%	1	0-2
<i>Barreropsylla excelsa</i>	10	0,0041	0,41%	2,5	0-5
<i>Ctenoparia inopinata</i>	167	0,0686	6,80%	6,68	0-6
<i>Ctenoparia jordani</i>	1	0,0004	0,04%	1	0-1
<i>Ctenoparia sp.</i>	2	0,0008	0,08%	1	0-2
<i>Ctenoparia propincua</i>	1	0,0004	0,04%	1	0-1
<i>Ctenoparia topali</i>	9	0,0037	0,37%	1	0-1
<i>Ectinorus cocyti</i>	1	0,0004	0,04%	1	0-1
<i>Ectinorus sp.</i>	1	0,0004	0,04%	1	0-1
<i>Hectopsylla sp.</i>	8	0,0032	0,32%	1,14	0-2
<i>Leptopsylla segnis</i>	1	0,0004	0,04%	1	0-1
<i>Listronius sp.</i>	2	0,0008	0,08%	1	0-1
<i>Neotyphloceras chilensis</i>	168	0,0691	6,91%	4,8	0-6
<i>Neotyphloceras crassispina</i>	79	0,0324	3,24%	4,93	0-1
<i>Neotyphloceras pardinasi</i>	3	0,0012	0,12%	1,5	0-1
<i>Neotyphloceras sp.</i>	80	0,0329	3,29%	1,66	0-4
<i>Nosopsyllus fasciatus</i>	1	0,0004	0,04%	1	0-1
<i>Plocopsylla wolffsohni</i>	29	0,0119	1,19%	1,7	0-3
<i>Sphinctopsylla ares</i>	158	0,0649	6,49%	4,05	0-5
<i>Tetrapsyllus amplus</i>	16	0,0065	0,65%	1,23	0-3
<i>Tetrapsyllus corfidii</i>	1	0,0004	0,04%	1	0-1
<i>Tetrapsyllus maulinus</i>	2	0,0008	0,08%	1	0-1

<i>Tetrapsyllus rhombus</i>	108	0,0444	4,44%	4,32	0-4
<i>Tetrapsyllus sp.</i>	6	0,0024	0,24%	1	0-1
<i>Tetrapsyllus tantilus</i>	166	0,0682	6,82%	3,01	0-6

Anexo 16: Tabla de magnitudes abundancia y riqueza de infracomunidades de pulgas, por localidad de estudio ordenadas de norte a sur.

Localidades	Abundancia total	Abundancia media	Promedio Abundancia	Riqueza total	Riqueza máxima	Rango Riqueza	Promedio Riqueza
Tal-tal	4	2	1,5	3	2	0-2	1
Parque Nacional Pan de Azúcar	9	2,25	1,5	3	2	0-2	0,5
Parque Nacional Llanos de Challe	2	1	0,5	2	2	0-2	1
Isla Chungungo	7	3,5	3	4	3	0-3	1,5
Caleta Chungungo	13	13	5	5	5	0-5	5
Parque Nacional Fray Jorge	118	1,3	0,5	12	2	0-2	0,02
Peral Ojo de Agua El Morai	4	1	1	2	1	0-1	0,25
Canela Baja	76	5	1,2	11	3	0-3	0,2
Reserva Nacional Las Chinchillas	95	5	1,3	7	3	0-3	0,15
Putendo	2	2	2	2	2	0-2	2
Til-til	3	1	1	3	2	0-2	0,66
Lago Peñuelas	2	0,15	0,15	2	1	0-1	0,07
Reserva Nacional El Yali	1	0,14	0,14	1	1	0-1	0,14
Lolol	8	2,6	2,66	2	2	0-2	0,66
Reserva Nacional Laguna Torca	8	4	4	3	2	0-2	1
Sierras de Bellavista	1	0,33	0,33	1	1	0-1	0,33
La Mina	20	0,54	0,54	5	2	0-2	0,05
Termas del Flaco	14	0,73	0,73	4	2	0-2	0,1
Parque Inglés	11	0,68	3,68	5	3	0-3	0,18
Reserva Nacional Altos de Lircay	5	0,2	1,1	3	2	0-2	0,2
Reserva Nacional Los Queules	59	1,3	2,5	7	2	0-2	1

Cobquecura	27	2,25	2,25	6	3	0-3	0,25
Quilmo	72	3,5	3,42	6	4	0-4	0,19
Concepción	47	1,02	1,02	5	2	0-2	0,04
Parque Nacional Nonguén	7	0,41	0,411	3	1	0-1	0,05
Parque Nacional Laguna del Laja	24	2,66	2,66	7	3	0-3	0,33
Parque Nacional Nahuelbuta	2	0,5	0,5	1	1	0-1	0,25
Isla Mocha	73	3,04	3,04	9	3	0-3	0,125
Gorbea	5	5	5	3	3	0-3	3
Valdivia	1	0,14	0,14	1	1	0-1	0,14
Fundo San Martín	16	0,57	0,57	4	1	0-1	0,03
Puyehue	59	1,51	1,51	8	2	0-2	0,05
Maicolpué	4	0,8	0,8	3	3	0-3	0,6
Hornopirén	35	2,69	2,69	3	3	0-3	0,23
Parque Nacional Chiloé	13	0,37	0,37	5	2	0-2	0,05
Chiloé-Cucao	45	1,28	6,42	6	2	0-2	0,28
La Junta	12	1,2	1,2	4	3	0-3	0,3
Puerto Aysén	9	1,8	1,8	4	2	0-2	0,4
Puerto Chacabuco	27	2,07	2,07	5	2	0-2	0,15
Reserva Nacional Coyhaique	34	3,77	3,77	5	3	0-3	0,33
Lago Elizalde	17	3,4	3,4	3	3	0-3	0,6
Parque Nacional Cerro Castillo	3	1,5	1,5	3	3	0-3	1,5
Parque Nacional Torres del Paine	9	1	1	3	1	0-1	0,11
Reserva Nacional Magallanes	17	0,25	0,25	6	2	0-2	0,03

Anexo 17: Roedores que cohabitan con *A. olivacea* según localidades de muestreo, ordenadas de norte a sur.

Localidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tal-tal																X				
Parque Nacional Pan de Azúcar												X				X				
Parque Nacional Llanos de Challe			X													X				
Isla Chungungo																				
Caleta Chungungo																				
Parque Nacional Fray Jorge			X									X	X	X		X	X			X
Peral Ojo de Agua El Morai												X				X			X	
Canela Baja												X	X			X			X	X
Reserva Nacional Las Chinchillas	X	X	X									X	X			X				X
Putendo												X		X		X				
Til-til		X										X	X			X	X		X	X
Lago Peñuelas			X									X	X			X			X	
Reserva Nacional El Yali																X			X	
Lolol																			X	
Reserva Nacional Laguna Torca			X										X						X	X
Sierras de Bellavista													X			X			X	
La Mina		X	X										X			X				
Termas del Flaco			X		X				X	X			X			X	X			
Parque Inglés			X										X							
Reserva Altos de Lircay		X	X							X						X			X	
Reserva Nacional Los Queules		X						X					X			X			X	
Cobquecura		X									X		X			X			X	

Quilmo									
Concepción	X	X						X	X
Parque Nacional Nonguén	X	X						X	X
Parque Nacional Laguna del Laja	X	X						X	
Parque Nacional Nahuelbuta	X	X		X		X		X	
Isla Mocha	X	X							X
Gorbea	X	X						X	X
Valdivia		X	X					X	X
Fundo San Martín	X	X	X					X	X
Puyehue	X	X	X		X		X	X	X
Maicolpué								X	X
Hornopirén	X							X	
Parque Nacional Chiloé			X					X	
Chiloé-Cucao								X	X
La Junta									
Puerto Aysén	X								X
Puerto Chacabuco								X	X
Reserva Nacional Coyhaique	X			X		X		X	
Lago Elizalde	X	X							
Parque Nacional Cerro Castillo	X	X		X		X		X	
Parque Nacional Torres del Paine		X				X		X	X
Reserva Nacional Magallanes								X	

Especies de roedores: 1.- *A. benetti*, 2.- *Abrothrix hirta*, 3.- *Abrothrix Longipilis*, 4.- *A. sanborni*, 5.- *C. macronix*, 6.- *D. gliroides*, 7.- *G. valdivianus*, 8.- *I. tarsalis*, 9.- *L. micropus*, 10.- *L. pikumche*, 11.- *O. bridgesi*, 12.- *O. degus*, 13.- *O. longicaudatus*, 14.- *O. lunatus*, 15.- *O. pacificus*, 16.- *P. darwini*, 17.- *R. norvergicus*, 18.- *R. physodes*, 19.- *R. rattus*, 20.- *T. elegans*.