



UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE PREGRADO

**“Conducta de evitación del roedor nativo *Octodon degus* a las picaduras del insecto hematófago *Mepraia spinolai* (Reduviidae: Triatominae).”**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con mención Medio Ambiente.

**Daniel Ignacio Hermosilla Sobarzo**

Directora del Seminario de Título: Dra. Carezza Botto Mahan

Co-Directora del Seminario de Título: Mg. Nicol Quiroga Hidalgo

Diciembre 2022

Santiago - Chile



## INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por la **Sr. Daniel Hermosilla**.

**“Conducta de evitación del roedor nativo *Octodon degus* a las picaduras del insecto hematófago *Mepraia spinolai* (Reduviidae: Triatominae).”**

Ha sido aprobada por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con mención Medio Ambiente.

Dra. Carezza Botto Mahan

Directora Seminario de Título

\_\_\_\_\_

Mg. Nicol Quiroga Hidalgo

Co-Directora Seminario de Título

\_\_\_\_\_

Comisión Revisora y Evaluadora

Dr. Claudio Veloso

Presidente Comisión

\_\_\_\_\_

Dr. Rodrigo Vásquez

Evaluador

\_\_\_\_\_

Santiago de Chile, Diciembre de 2022

## BIOGRAFÍA



Daniel Hermosilla Sobarzo nació el 24 de octubre de 1996. En 2014 egresó de cuarto medio del liceo Bicentenario Oscar Castro Zúñiga de Rancagua, en el año 2015 ingresó a la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso a estudiar Licenciatura en Biología por un año y el siguiente año, el 2016 ingresó a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile a estudiar la carrera de Biología Ambiental.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Daniela Estay, Juan Contardo, Javier Cuadra, Carezza Botto y Nicol Quiroga por la recolección de los datos de terreno, también a CONAF de la Reserva Nacional Las Chinchillas por permitir la realización de la toma de datos y a Esteban San Juan por la ayuda con los análisis estadísticos.

Agradezco a mi directora y co-directora de tesis, Carezza y Nicol, por su ayuda, apoyo y su gran amabilidad.

Y agradezco especialmente a mi familia y amigos por siempre apoyarme en todo.

Este Seminario de Título fue financiado por los Proyectos FONDECYT 1170367 & 1221045, y por la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo (VID) de la Universidad de Chile, proyecto código ENL01/21.

## Índice de contenidos

Resumen	1
Abstract	3
Introducción	5
Objetivos	11
Materiales y Métodos	12
Resultados	17
Discusión	25
Conclusiones	30
Bibliografía	31

## Índice de Tablas

Tabla 1. Etograma de las conductas asociadas al hospedero <i>Octodon degus</i> , indicando la conducta, su descripción y el tipo de variable medida.	18
Tabla 2. Etograma de las conductas asociadas al vector <i>Mepraia spinolai</i> . Se indica la conducta, su descripción y el tipo de variable medida.	18

## Índice de Figuras

- Figura 1.** Mapa de la zona centro-norte de Chile con la localización del sitio de captura de *Octodon degus* en la Reserva Nacional Las Chinchillas, Región de Coquimbo. Esquina superior derecha: *Octodon degus* (Fotografía: M. Acuña-Retamar), derecha-centro: Sitio de estudio (Fotografía: C. Botto), esquina inferior derecha: *Mepraia spinolai* (Fotografía: C. Botto). 12
- Figura 2.** Arena experimental. (A) Vista panorámica de la arena experimental con un roedor en el contenedor de acrílico interior. (B) Arena experimental desde una vista lateral, donde se observan las dos cajas, la más grande contiene a las cuatro vinchucas y la caja más pequeña o contenedor de acrílico, donde sólo contiene al hospedero (Fotografías: N. Quiroga). 14
- Figura 3.** Promedio ( $\pm$  EE) de la frecuencia de rascado para el tiempo de adecuación (sin interacción entre *Octodon degus* y ninfas) y el tiempo del experimento (con interacción). 19
- Figura 4.** Promedio ( $\pm$  EE) de la frecuencia de rascado de hembras y machos de *Octodon degus* durante el experimento. 20
- Figura 5.** Correlación entre el tiempo inmóvil y el promedio estandarizado de diferencial de peso. Círculos celestes representan degú macho y anaranjados degú hembra. 22
- Figura 6.** Correlación entre del tiempo inmóvil y el tiempo de alimentación. Círculos celestes representan degú macho y anaranjados degú hembra. 22
- Figura 7.** Arriba: Correlación del tiempo inmóvil de *O. degus* y tiempo de alimentación de las vinchucas, (A) hembras y (B) machos. Abajo: Correlación

del promedio estandarizado del diferencial de peso de vinchucas y el tiempo inmóvil de *O. degus*, (C) hembras y (D) machos.



## Lista de abreviaturas

DE: Desviación estándar.

EE: Error estándar.

## Resumen

*Octodon degus* es un roedor endémico de Chile, social y de hábito diurno, que se encuentra en ambientes abiertos con poca vegetación entre las regiones de Atacama y del Maule. Se ha documentado que *O. degus* es fuente de alimentación del insecto hematófago silvestre *Mepraia spinolai* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae), conocido comúnmente como vinchuca. Este insecto es vector del parásito protozoo *Trypanosoma cruzi*, agente causante de la enfermedad de Chagas en humanos, transmitido mediante sus heces infectantes a diferentes especies de mamíferos hospederos. A pesar de que se conocen aspectos relacionados a la conducta de picada y defecación de *M. spinolai*, se desconoce si las especies de micromamíferos más relevantes en el ciclo de transmisión silvestre de *T. cruzi* han desarrollado conductas defensivas que promueven la evitación de la picadura de *M. spinolai*.

En este Seminario de Título se identificó la respuesta conductual de *O. degus* ante la picadura o intento de picadura del vector *M. spinolai*, y se examinó si existían diferencias en la conducta de machos y hembras de esta especie de hospedero. Para ello, se capturaron individuos de ambos sexos del roedor, en un área silvestre donde *O. degus* interactúa naturalmente con *M. spinolai*. Los animales capturados fueron colocados individualmente en arenas experimentales, junto a cuatro vinchucas de estadio II. Se grabó la interacción entre el roedor y las vinchucas, y se construyó un etograma de las conductas de interacción hospedero-vector. Además, se pesó a las vinchucas antes y después de los experimentos para cuantificar la cantidad de sangre ingerida, se cuantificó la frecuencia de las respuestas conductuales de machos y hembras de *O. degus*, y la proporción de tiempo asignado a cada conducta. Durante los experimentos, no se encontraron diferencias en la respuesta conductual (rascar, explorar o estar quieto)

de los roedores, así como tampoco entre machos y hembras a la presencia de vinchucas. Se observó una asociación positiva y significativa entre el tiempo inmóvil del roedor y la ingesta estandarizada de sangre de las ninfas, tanto para machos como para hembras de *O. degus*, y una asociación marginalmente significativa entre el tiempo inmóvil del roedor y el tiempo de alimentación de vinchucas sólo en hembras de *O. degus*. Además, se encontró una diferencia significativa por sexo del hospedero en la cantidad de sangre ingerida por las ninfas de *M. spinolai*.

Estos resultados muestran que las vinchucas lograron alimentarse más eficientemente a partir de hembras de degú que de machos, sin embargo, los mecanismos que explican este patrón son desconocidos, por lo que se sugiere realizar estudios fisiológicos que permitan dar cuenta de esta diferencias, como diferencias en el calor corporal, en las hormonas o en su configuración del sistema circulatorio.

Palabras claves: *Octodon degus*, *Mepraia spinolai*, degú, vinchuca, conducta de evitación, conducta de picada.

## Abstract

*Octodon degus* is an endemic rodent from Chile with social and diurnal habits, found in open environments with scarce vegetation between Atacama and Maule regions. It has been documented that *O. degus* is blood-meal source of the hematophagous wild insect *Mepraia spinolai* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae), commonly known as kissing bug. This insect is vector of the protozoan parasite *Trypanozoma cruzi*, the causative agent of Chagas disease in humans, transmitted through its infective feces to several host mammal species. Although, several aspects related to biting and defecation behaviors of *M. spinolai* are known, it is unknown if the most relevant small mammal species involved in the wild transmission cycle of *T. cruzi* have developed defensive behaviors that promote avoidance of *M. spinolai* bites.

In this undergraduate thesis, the behavioral response of *O. degus* toward the bite or biting attempt of the vector *M. spinolai* is described, examining whether there are differences between male and female behavior of this host species. To this end, males and females of this rodent species were captured in a protected area, where *O. degus* naturally interacts with *M. spinolai*. The captured rodents were placed individually in experimental arenas, along with four second-stage nymphs. The interaction between the rodent and the kissing bugs was recorded, and an ethogram of the host-vector interaction behaviors was built. In addition, kissing bugs were weighed before and after the experiment to quantify the amount of blood ingested, the frequency of behavioral responses of male and female *O. degus* was quantified, as well as the proportion of time allocated to each behavior. During the experiments, no differences were detected in the behavioral response (scratching, exploring or staying still) of the rodents, and neither between males and females to the presence of kissing bugs. A positive and significant association

between staying-still time of rodents and the standardized ingested blood by kissing bugs was observed for both male and female *O. degus*, and a marginally significant association between staying-still time and feeding time in females *O. degus* only. In addition, a significant difference was found in the blood ingested by nymphs depending on the host sex.

These results show that kissing bugs manage to feed more efficiently from a female degu than from a male, however, the mechanisms explaining this pattern is unknown, so it is suggested to carry out physiological studies to account for these differences, such as body heat, hormones or in their configuration of the circulatory system.

Key words: *Octodon degus*, *Mepraia spinolai*, degu, kissing bug, avoidance behavior, biting behavior.

## Introducción

Un parásito es un organismo que vive a expensas de un organismo de otra especie, llamado hospedero, del cual obtiene total o parcialmente los nutrientes y provoca algún tipo de daño en el hospedero (Sánchez y col., 2017; Price, 2020). Se estima que más de la mitad de los organismos existentes son parásitos y están presentes en todos los reinos de la naturaleza (Sánchez y col., 2017). Se les puede clasificar en endoparásitos y ectoparásitos, el primero se ubica al interior y el segundo se ubica de manera externa con relación al hospedero (Rodríguez-Diego y col., 2009). Los parásitos además se pueden clasificar según el tiempo de interacción con el hospedero en fijos y temporales. Un ectoparásito fijo es aquel que coexiste permanentemente con su hospedero, mientras que un ectoparásito temporal interactúa con un hospedero sólo para alimentarse (Hamm, 2005; Lehane, 2005; Mehlhorn y col., 2010).

En algunos hospederos mamíferos se ha descrito la conducta defensiva o de evitación ante ectoparásitos, entre ellos se encuentra *Mus musculus* (ratón común); donde en un estudio de laboratorio se demostró que el acicalamiento disminuía la infestación del hospedero con piojos o ácaros (Hart, 1994). Adicionalmente, diversos estudios han encontrado que los ungulados (e.g., *Rangifer tarandus*, reno; *Bos taurus*, vaca) presentan mecanismos para evitar o reducir las picaduras de mosquitos, tales como agitar las orejas, sacudir la cabeza, sacudir el hocico, crispas los músculos, mover la cola y las patas (Espmark, 1967; Okumura, 1977; Harvey y Launchbaugh, 1982). Además, se ha estudiado la eficacia de estos mecanismos, por ejemplo, un estudio realizado en vacas Holstein (*Bos primigenius taurus*) demostró que mover la cola es un mecanismo

eficaz, ya que las vacas a las que se les había amputado la cola (práctica de cría habitual) presentaban más moscas que los animales con la cola intacta, además las vacas sin cola reemplazaron el movimiento de la cola con el movimiento de las patas (Eicher y col., 2001). Sumado a lo anterior, se ha encontrado que en ungulados existe una diferencia asociada al sexo con respecto al acicalamiento, donde la hembra tiende a acicalarse más que los machos (Hart, 1994). Por último, en ungulados y algunos roedores se ha encontrado que el macho de una especie poligínica, cuando está en periodo reproductivo gasta menos tiempo en acicalarse, por lo que se infecta más de pulgas o garrapatas que las hembras, además se ha observado que, en machos con altos niveles de testosterona, el acicalamiento disminuye como un trade-off, lo que aumentaría su carga de ectoparásitos (Hughes y Randolph, 2001; Mooring y col., 2003; Hillegass y col., 2008; Archer y col., 2016). Recopilando lo dicho en los párrafos anteriores se puede inferir que una de las consecuencias de la evolución de conductas de evitación podría ser la disminución de la probabilidad de infección por parásitos (Møller y col., 1993).

En Chile las especies de roedores silvestres presentan diferentes interacciones con ectoparásitos; dentro de los ectoparásitos fijos encontramos piojos, garrapatas, ácaros y pulgas (Castro y Cicchino, 2002; Burger y col., 2011; Yáñez-Meza, 2015), y dentro de los ectoparásitos temporales encontramos a las vinchucas del género *Mepraia* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) (Oda y col., 2014).

*Octodon degus* (degú o ratón cola de pincel) es un roedor endémico de Chile, social y de hábito diurno, que construye un sistema de galerías bajo tierra donde vive en colonias de hasta 100 individuos (Muñoz y Yáñez, 2000). Se distribuye entre las regiones de Atacama y del Maule, donde habita ambientes abiertos con vegetación poco densa como

la estepa de espinos en la zona central (Iriarte, 2010; Roach, 2016; Ramírez-Álvarez, 2018). El periodo de gestación de las crías es de alrededor de tres meses, por lo que corresponde a una especie precocial (Previtali y col., 2010), y la madurez sexual la alcanzan al año (Iriarte, 2010). Las hembras forman anidaciones comunales para cuidar a las crías de manera conjunta (Ebensperger y col., 2002; Becker y col., 2007). Además, se propone que entre machos y hembras se turnan para alimentar a las crías, una vez que dejan de lactar, ya que se ha observado a adultos de ambos sexos acarreado pasto hasta el nido para alimentarlas (Fulk, 1976). *Octodon degus* presenta dos picos de actividad diaria, uno en la mañana y otro en la tarde, que varían levemente en invierno y verano, requiriendo una temperatura ambiente óptima para salir de sus cuevas (Fulk, 1976). Además, se ha detectado diferencias en la capacidad de navegar espacialmente, debido a que la hembra se orienta fácilmente, pero el macho es el que tarda menos tiempo en salir a explorar (Popović y col., 2010).

La dieta de la vinchuca silvestre *Mepraia spinolai*, está compuesta principalmente por pequeños mamíferos nativos (*Phyllotis darwini*, *O. degus*, *Abrothrix olivaceus*, *Oligoryzomys longicaudatus*, y *Thylamys elegans*) (Rengifo, 2000; Chacón y col., 2016; De Bona y col., en revisión), además de conejos (*Oryctolagus cuniculus*), roedores invasores (*Mus musculus*), perros, cabras, humanos y aves (*Gallus gallus*) (Canals y col., 2001; Chacón y col., 2016). Al ser *O. degus* parte de la dieta de este insecto hematófago, ambas especies exhiben una interacción de consumo ectoparásito-hospedero. A pesar de que se conocen aspectos relacionados a la conducta de picada y defecación de *M. spinolai* (Botto-Mahan y col., 2006), se desconoce si las especies de micromamíferos más relevantes en el ciclo de transmisión silvestre de *T. cruzi* han desarrollado conductas defensivas que disminuya la probabilidad de recibir una picadura



de *M. spinolai*. Dada esta evidencia y a lo observado para hembras y machos de otros grupos de mamíferos, donde afirman que la hembra se acicala más que los machos especialmente cuando están en período reproductivo (Hart, 1994; Hughes y Randolph, 2001; Mooring y col., 2003), y que el acicalamiento disminuye la infestación con ectoparásitos (Hart, 1994), en este trabajo se propone que las hembras de *O. degus* podrían repeler las picadas o intentos de picadas de *M. spinolai* más que los machos.

Los triatominos, conocidos como vinchucas, son insectos hematófagos estrictos con un ciclo de vida hemimetábolo y requieren la sangre de vertebrados para alcanzar la adultez (Lent y Wygodzinsky, 1979). Los triatominos se alimentan principalmente de mamíferos, los cuales serían junto a algunas especies de reptiles los únicos vertebrados reservorios de *T. cruzi* (Bern y col., 2011; Botto-Mahan y col., 2022). Un evento de alimentación comienza con la detección del hospedero mediante los órganos sensoriales presentes en las antenas (Wigglesworth y Gillett, 1934), mueven ambas antenas simultánea o alternativamente de forma discontinua hasta detectar un posible hospedero, luego comienzan a acercarse a éste, extienden la probóscide (aparato picador) y las piezas bucales hacen contacto con la piel del hospedero. En ocasiones realizan contacto con la piel del hospedero numerosas ocasiones antes de perforarla, este contacto con la piel se le conoce como *probing* (movimiento activo de la probóscide en la piel del hospedero), la mandíbula y maxilares penetran la superficie de la piel y son insertadas en una serie de estocadas y retracciones durante los cuales expulsan saliva continuamente, después de uno o más muestreos del líquido disponible inicia la ingesta de sangre. Se alimentarán hasta que alcancen un volumen abdominal crítico, en ninfas puede ser hasta nueve veces su peso corporal y en adultos hasta tres veces su peso (Friend y Smith, 1977; Lazzari y Núñez, 1989; Guarneri y col., 2003). Se ha descrito que la duración de la

alimentación, desde que hace *probing* hasta que deja de alimentarse dura alrededor de 10-30 minutos dependiendo del hospedero y de la especie de triatomino (Zeledón y col., 1977; Soares y col., 2000; Guarneri y col., 2003). Con respecto a la picada de los triatominos, se ha descrito como casi indolora, pero en especies silvestres como *Mepraia spinolai* es ligeramente dolorosa (Lehane, 2005). Como antecedente anecdótico, Tobar (1953) al estudiar la especie se dejó picar y describió la picada como: “produce el ligero dolor de un pinchazo y luego nada”.

La vinchuca *Mepraia spinolai* es una especie diurna que habita en el ecosistema Mediterráneo semiárido presente en la zona centro-norte de Chile entre 26° y 33° S, que abarca desde la Región de Atacama hasta la Región de O'Higgins (Frías-Lasserre, 2010). El hábitat de *M. spinolai* incluye corrales de animales domésticos, nidos de aves, grietas en rocas, cuevas, bromelias terrestres e incluso se ha encontrado en casas abandonadas, exhibe una estrategia de “*sit and wait*” cuando busca alimento (Botto-Mahan y col., 2005; Oda y col., 2014). *Mepraia spinolai* presenta un ámbito de hogar que varía según la estación del año, en verano llega a ser siete veces mayor que en invierno (Botto-Mahan y col., 2005). Este insecto es vector del parásito protozoo *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastea: Trypanosomatidae), agente causante de la enfermedad de Chagas en humanos, transmitido mediante las heces infectantes del vector a diferentes especies de mamíferos hospederos (Botto-Mahan y col., 2006). La enfermedad de Chagas es una zoonosis transmitida al ser humano principalmente por insectos vectores, aunque también existen otras rutas de transmisión como la transfusión de sangre y transmisión oral mediante consumo de alimentos contaminados por vectores o heces de vectores infectados (WHO, 2020).

Una zona con baja perturbación donde poblaciones naturales de *O. degus* y *M. spinolai* se solapan, es la Reserva Nacional Las Chinchillas, Región de Coquimbo, donde ambas especies presentan altas abundancias. De hecho, *O. degus* es una de las especies de micromamífero más abundante en esta área (Oda y col., 2014), está naturalmente infectado con *T. cruzi* y presenta gran variación en su frecuencia de infección alcanzando hasta 70,4% en poblaciones naturales de este hospedero (Jiménez y col., 2015). Sin embargo, a pesar de la alta tasa de infección a nivel poblacional, no se ha detectado disminución en su sobrevivencia en poblaciones infectadas (Botto-Mahan y col., 2012). En este contexto, se propone que *O. degus* sería una especie de gran importancia para la mantención y transmisión de *T. cruzi*.

En este estudio se examina en terreno si ejemplares silvestres del roedor *Octodon degus*, provenientes de una zona donde cohabita con *Mepraia spinolai*, presentan algún tipo de conducta de evitación contra el intento de picada de *M. spinolai*. Además, se evalúa si existe diferencias entre las conductas de individuos machos y hembras de esta especie de roedor nativo. El rol de las conductas de evitación en la transmisión de enfermedades zoonóticas ha sido escasamente estudiado, sin embargo, diversos estudios apoyan que, en mamíferos, acicalarse o mover alguna parte del cuerpo como la cola o las extremidades son métodos efectivos para disminuir la presencia y contacto con ectoparásitos, y se podría inferir que estas conductas también están involucradas en la disminución de la probabilidad de transmisión de enfermedades zoonóticas.

## Objetivos

Objetivo general:

Describir la respuesta conductual del roedor nativo *Octodon degus* ante la picadura o intento de picadura del insecto hematófago *Mepraia spinolai*, evaluando diferencias entre sexos.

Objetivos específicos:

- Elaborar un etograma para las conductas de interacción de *Octodon degus* y *Mepraia spinolai* en un experimento controlado.
- Evaluar si las respuestas conductuales de *Octodon degus* hacia *Mepraia spinolai* dependen del sexo del roedor.

## Materiales y Métodos

### Captura de *Octodon degus*

La captura de *O. degus* se realizó en los veranos de 2020 y 2021, y consistió en activar al atardecer (19:00 hrs) entre 150 a 290 trampas con rejilla por noche en diferentes puntos de la Reserva Nacional Las Chinchillas (31°30'S, 71°06'O, Región de Coquimbo, Figura 1), y revisar las trampas en la mañana del día siguiente en dos horarios (09:00 y 10:00 hrs), una vez que los roedores ya habían salido de sus madrigueras. Cabe destacar que algunos *O. degus* fueron capturados al atardecer, cuando aún estaban activos fuera de sus madrigueras (19:00-21:00). Estos ejemplares fueron retirados de las trampas inmediatamente. Las trampas fueron geo-referenciadas y provistas con avena como cebo y algodón como material de refugio.

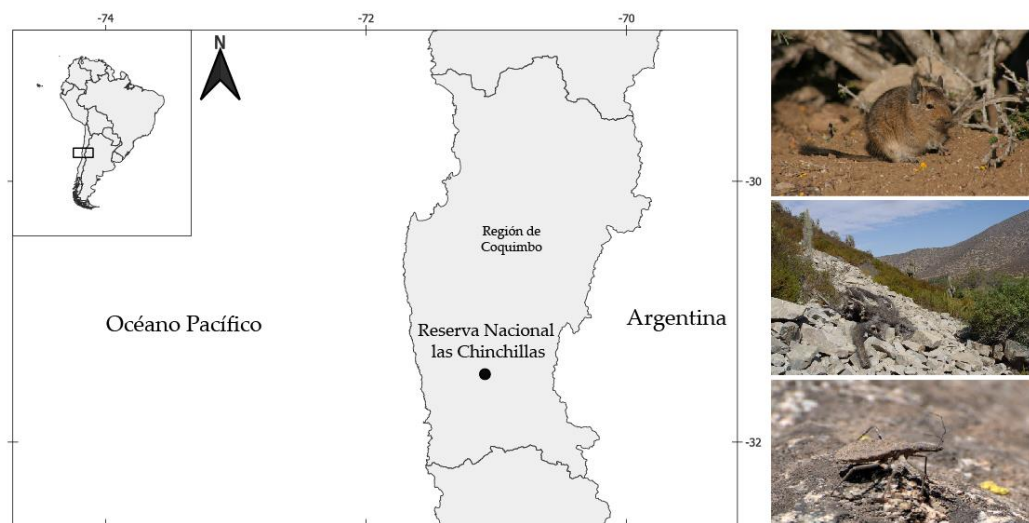


Figura 1. Mapa de la zona centro-norte de Chile con la localización del sitio de captura de *Octodon degus* en la Reserva Nacional Las Chinchillas, Región de Coquimbo. Esquina superior derecha: *Octodon degus* (Fotografía: M. Acuña-Retamar), derecha-centro: Sitio de estudio (Fotografía: C. Botto), esquina inferior derecha: ninfa camuflada de *Mepraia spinolai* (Fotografía: C. Botto).

Los ejemplares capturados se llevaron a un laboratorio de campaña, donde se mantuvieron en sus mismas trampas de captura en un lugar fresco hasta la realización de los experimentos conductuales, proporcionándoles vegetales frescos y semillas de maravilla. Al finalizar los experimentos conductuales los animales fueron liberados en los mismos puntos de captura. La captura contó con el permiso del Servicio Agrícola y Ganadero (Resolución SAG 687/2020), de la Corporación Nacional Forestal Región de Coquimbo (Carta N°1/2018) y del Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales (CICUA) de la Universidad de Chile (17074-FCS-UCH).

### **Objetos de estudio**

Para los experimentos de conducta, se utilizaron individuos de *M. spinolai* en estadio ninfal II con dos semanas de ayuno y libres de infección por *T. cruzi*. Las ninfas fueron criadas en el laboratorio y se alimentaron con roedores de laboratorio anestesiados (*M. musculus*), colocados en un contenedor rectangular (19 cm x 10 cm) por 30 minutos. Cada roedor (peso  $\geq 20$  g) fue anestesiado con una inyección intraperitoneal de tiopental sódico (30-40mg kg<sup>-1</sup>) (Garrido y col., 2021). Los roedores utilizados para los experimentos de evitación fueron sólo *O. degus* adultos (excluyendo hembras evidentemente preñadas y en lactancia), y por el lugar de captura es muy probable que hayan experimentado contacto con vinchucas con las cuales cohabitan en el sitio de estudio (Figura 1).

### **Set-up experimental**

Los experimentos se realizaron durante el día, entre las 10:00 y las 19:00 h, debido a que ambas especies son de hábitos diurnos, y se registró la temperatura y humedad relativa al momento del experimento. **La sala de experimentación (3 m largo x 2 m ancho)**

estaba ubicada en las instalaciones de CONAF, y correspondía a una pieza aislada de la luz directa y del ruido exterior para no interferir en las conductas de los animales. La arena experimental incluía un contenedor individual de acrílico transparente (10 cm ancho x 25,5 cm largo x 10 cm alto) donde se colocó al roedor, posicionado al centro de una caja de plástico semitransparente de mayor tamaño (31 cm ancho x 48 cm largo x 45 cm alto). El contenedor de acrílico presentaba cuatro ranuras en su base que permitían la entrada y salida de las ninfas (1 cm x 10 cm por cada lado) (Figura 2).

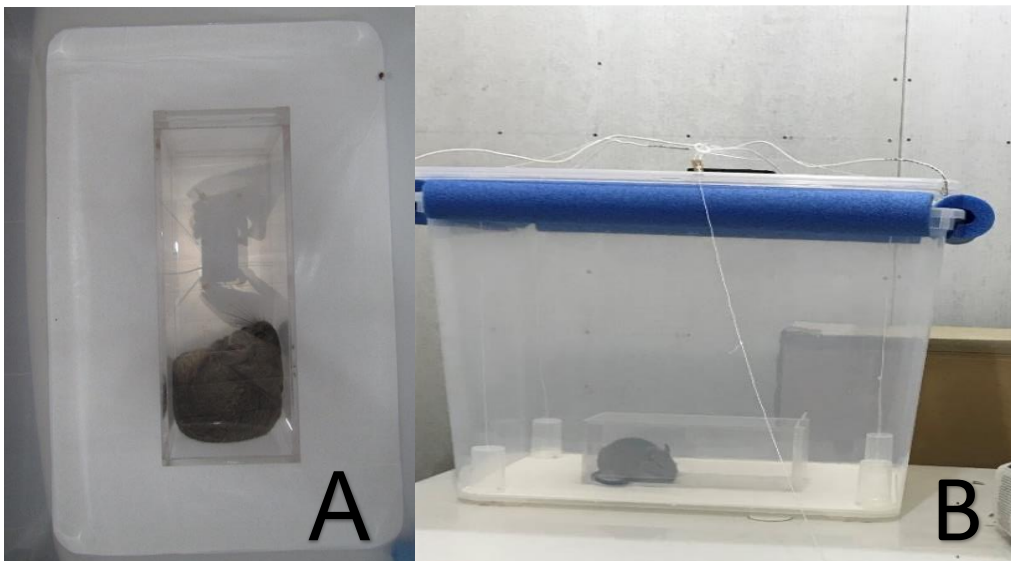


Figura 2. Arena experimental. (A) Vista panorámica de la arena experimental con un roedor en el contenedor de acrílico interior. El punto café en el costado superior derecho de este panel corresponde a una ninfa II. (B) Arena experimental desde una vista lateral, donde se observan las dos cajas, la más grande contiene a las cuatro vinchucas y la caja más pequeña o contenedor de acrílico, donde sólo contiene al hospedero (Fotografías: N. Quiroga).

En cada experimento se colocaron cuatro ninfas individualizadas de *M. spinolai*, una en cada esquina de la caja externa, pesadas antes y después del ensayo para determinar el éxito de alimentación por diferencial de peso (BOECO, modelo BPB 31,  $d = 0,1$  mg). Los experimentos tuvieron una duración de 20 min, y durante ese tiempo sólo un investigador permaneció en la sala de experimentación, distante 1,5 m de la arena

experimental, para no interferir con la conducta del roedor y ninfas. Durante los experimentos, se permitieron los primeros 5 min para habituación tanto del roedor como de las ninfas, luego se liberó a las ninfas al mismo tiempo de forma remota, y se grabó durante los 15 minutos restantes la interacción ninfa-roedor. La cámara de video fue colocada sobre la arena experimental justo sobre el hospedero, en una posición central, lo que proporcionaba una vista panorámica de la arena y los interactuantes (Figura 2A).

### **Análisis de videos y confección de etograma**

Las filmaciones de los experimentos fueron analizadas mediante la elaboración de un etograma de las conductas de *O. degus* y ninfas de *M. spinolai*, para posteriormente medir la frecuencia y duración de cada conducta.

Los videos fueron analizados sin conocer el sexo del roedor. Se registró el tiempo en el que comenzaba el experimento, el cual se consideraba desde que se liberaban las vinchucas. Cada video fue revisado cinco veces para hacer el seguimiento de un individuo a la vez (4 ninfas y el hospedero). Cada vez que se detectaba una conducta considerada según el etograma, se anotaba el tiempo de inicio y término del evento conductual o su ocurrencia como frecuencia.

### **Compilación de datos y análisis estadístico**

La información registrada incluyó los tiempos de cada conducta, para obtener la duración y frecuencia de éstas. Esta información se complementó con las variables asociadas a los vectores: promedio estandarizado del diferencial de peso, la proporción de ninfas que comieron y el tiempo de alimentación. Se decidió usar el promedio estandarizado de la diferencia de peso para evitar el efecto de la diferencia de tamaños de las ninfas



utilizadas, incluyendo sólo aquellas ninfas que presentaron conductas asociadas a alimentación.

Para el análisis de datos, se examinó la distribución de las variables, para ver si cumplían con los requisitos de una distribución normal. Ninguna de las variables cuantificadas a partir de las conductas de *O. degus* hacia *M. spinolai* presentaron distribución normal.

Luego se evaluó si existían diferencias significativas entre: (i) los años 2020 y 2021 (para evaluar si se podían unir los datos), (ii) la proporción de tiempo o la frecuencia de las conductas, según corresponda (Tabla I), durante el período de adecuación y el tiempo del experimento, y (iii) machos y hembras para cada conducta, utilizando las pruebas de U de Mann-Whitney, Fisher, Kolmogorov-smirnov y Wilcoxon (Sokal y Rohlf, 1995). Esta última sólo se utilizó para comparar entre tiempo de adecuación y tiempo de experimento.

Además, se examinó la asociación entre las variables relacionadas a los vectores (promedio estandarizado del diferencial de peso, proporción de ninfas que comen y el tiempo de alimentación) con el tiempo inmóvil y/o el tiempo de acicalamiento o rascado de los hospederos. Esto se analizó en todos los individuos de *O. degus* juntos y luego separados por sexo. El análisis se realizó con el software de acceso libre RStudio 4.0.2 (R Core Team, 2020) y el software Past versión 4.03 (Hammer, 2001).

## Resultados

### Captura, Experimentos y Etograma

En los dos años de muestreo, se capturó un total de 17 individuos adultos de *O. degus*, de los cuales 4 corresponden al periodo de captura del año 2020 y 13 al año 2021, 9 hembras (peso promedio  $\pm$  DE: 150,44 g  $\pm$  20,62) y 8 machos (peso promedio  $\pm$  DE: 167,29 g  $\pm$  33,24) y todos fueron utilizados en los experimentos de interacción con ninfas de *M. spinolai*. De los experimentos se definieron conductas de la interacción vector-hospedero, asociadas al hospedero *O. degus* que incluyeron: acicalamiento, respuesta al intento de picada (e.g., rascarse, intentar depredar al vector), explorar la arena experimental, entre otras. Las conductas asociadas al vector *M. spinolai* incluyeron: detectar al hospedero, acercarse al hospedero, intentar picar, y picar exitosamente (Botto-Mahan y col. 2006). Estas conductas se midieron por el tiempo que el vector u hospedero invirtió en ellas o por medio de la frecuencia de ocurrencia. Las conductas asociadas al hospedero se encuentran en la Tabla I y al vector en la Tabla II.

### Frecuencias y tiempos asociados a las conductas de *Octodon degus*

De las conductas de *O. degus* analizadas, repeler y depredar al vector sólo se detectaron una vez en individuos diferentes, un macho fue registrado repeliendo al vector mientras que una hembra depredó al vector. Por otro lado, la frecuencia de rascado no presentó diferencias significativas entre tiempo de adecuación y experimento (Test de Wilcoxon;  $W = 40$ ,  $p = 0,533$ ), así como tampoco mostró diferencias entre machos y hembras (U de Mann-Whitney;  $U = 27$ ,  $p = 0,386$ ).

Tabla I. Etograma de las conductas asociadas al hospedero *Octodon degus*, indicando la conducta, su descripción y el tipo de variable medida.

Conductas hospedero		Tipo de variable	
Conducta	Descripción	Frecuencia	Tiempo
<b>Rascarse</b>	El hospedero se rasca o acicala con alguno de sus miembros anteriores o posteriores	*	*
<b>Percibir al vector</b>	El hospedero nota la presencia de la vinchuca.	*	
<b>Repeler al vector</b>	El hospedero se rasca el miembro donde el vector le pico, y/o se mueve de su lugar luego de que una vinchuca se le acercara, incluso intenta morderla.	*	*
<b>Depredar al vector</b>	El hospedero ingiere a la vinchuca.	*	
<b>Explorar e intentar escapar</b>	El hospedero se dedica a explorar la arena o trata de escapar.		*
<b>Estar inmóvil</b>	El hospedero se queda en su lugar.		*

Tabla II. Etograma de las conductas asociadas al vector *Mepraia spinolai*. Se indica la conducta, su descripción y el tipo de variable medida.

Conductas vector		Tipo de variable	
Conducta	Descripción	Frecuencia	Tiempo
<b>Interés</b>	La vinchuca muestra interés por el hospedero y se aproxima a éste.	*	
<b>Probing</b>	La vinchuca saca su probóscide y comienza a probar donde puede picar (Friend y Smith, 1977).	*	*
<b>Abalanzar</b>	La vinchuca se abalanza para picar al hospedero y alimentarse.	*	
<b>Concluye la alimentación</b>	Término de la picada, la vinchuca deja de alimentarse y se aleja del hospedero.	*	
<b>Tiempo de alimentación</b>	La suma de tiempo desde <i>probing</i> hasta concluir la alimentación		*

Para poder comparar la frecuencia de rascado entre el tiempo de adecuación y el del experimento, tomando en cuenta que el tiempo de adecuación correspondió a 5 minutos y el del experimento a 15 minutos, se estandarizó dividiendo las frecuencias de la adecuación y las frecuencias del experimento en sus respectivos tiempos. Los promedios de la frecuencia de rascado para el tiempo de adecuación y el tiempo del experimento fueron (promedio  $\pm$  EE):  $0,105 \pm 0,035$  y  $0,182 \pm 0,093$ , respectivamente (Figura 3), mientras que los promedios de la frecuencia de rascado para hembras y machos fueron (promedio  $\pm$  EE):  $1,444 \pm 0,884$  y  $4,875 \pm 3,131$ , respectivamente (Figura 4).

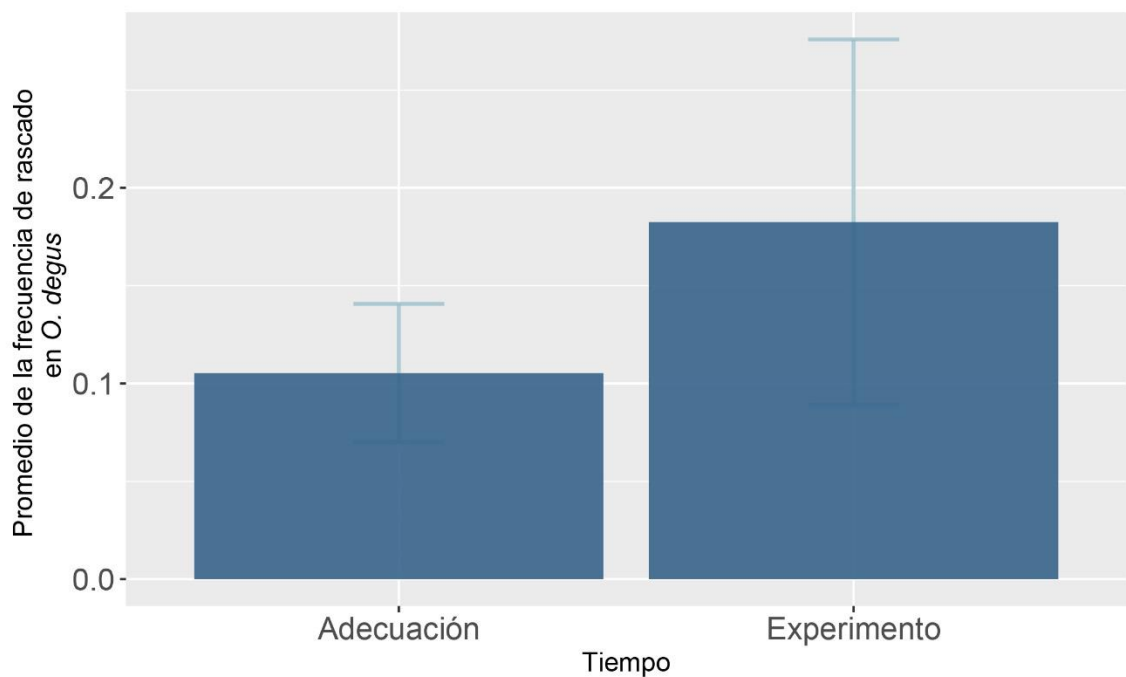


Figura 3. Promedio ( $\pm$  EE) de la frecuencia de rascado para el tiempo de adecuación (sin interacción entre *Octodon degus* y ninfas) y el tiempo del experimento (con interacción).

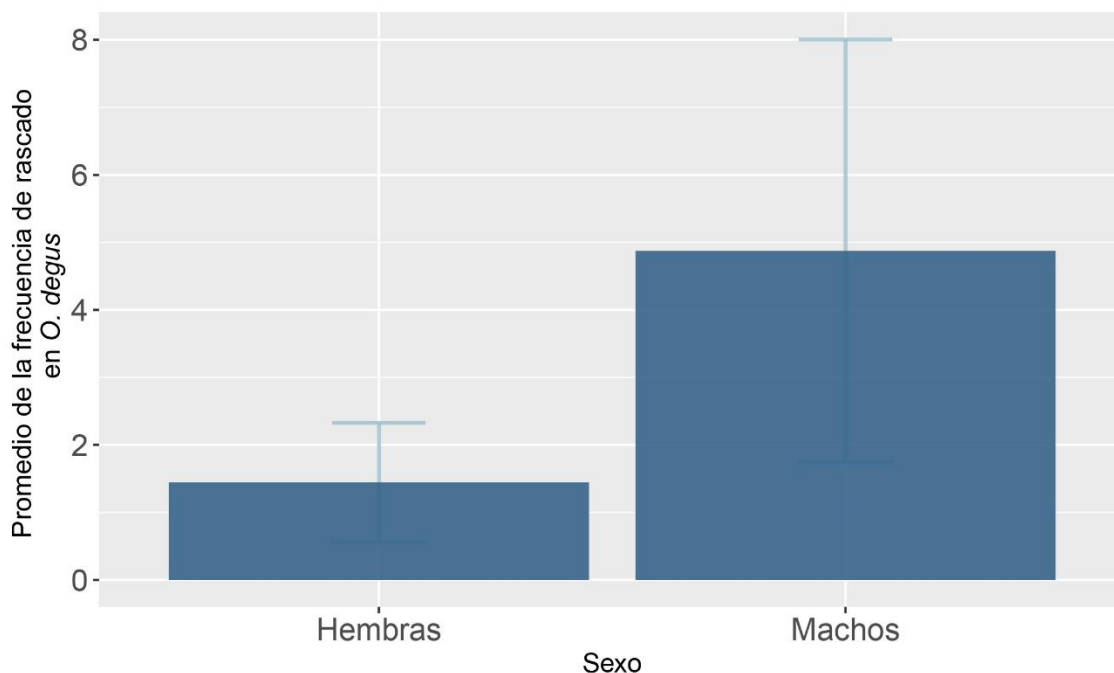


Figura 4. Promedio ( $\pm$  EE) de la frecuencia de rascado de hembras y machos de *Octodon degus* durante el experimento.

### **Respuestas conductuales de *Octodon degus* hacia *Mepraia spinolai***

Se verificó que no hubiese diferencia entre años en las variables medidas. Al comparar las conductas de acicalarse o rascarse, explorar y estar inmóvil de los ejemplares de *O. degus* sometidos a experimentación en 2020 y 2021, no se detectaron diferencias significativas entre años (U de Mann-Whitney: tiempo en explorar  $U = 38$ ,  $p = 0,964$ ; tiempo en rascarse  $U = 39$ ,  $p = 0,96$ ; tiempo inmóvil  $U = 38$ ,  $p = 0,964$ ). Por tanto, se decidió unir los datos de los experimentos de ambos años.

No hubo efecto del experimento sobre las variables medidas: rascarse, explorar y estar inmóvil al comparar las conductas entre el tiempo de adecuación y el tiempo del experimento (Test de Wilcoxon; tiempo en explorar  $W = 75$ ,  $p = 0,158$ ; tiempo en rascarse  $W = 38$ ,  $p = 0,657$ , tiempo inmóvil  $W = 75$ ,  $p = 0,394$ ).

No se encontró diferencias entre sexos sobre las conductas medidas: rascarse, explorar y estar inmóvil (Test de Kolmogorov Smirnov; tiempo en explorar  $D = 0,333$ ,  $p = 0,638$ ; tiempo en rascarse  $D = 0,292$ ,  $p = 0,791$ ; tiempo inmóvil  $D = 0,222$ ,  $p = 0,967$ ).

No se detectaron diferencias significativas entre el número de ejemplares de *O. degus* que se rascaron durante el tiempo de adecuación y tiempo del experimento (Prueba de Fisher;  $p = 1,0$ ). Tampoco se detectaron diferencias significativas entre el número de machos y hembras que exhibieron la conducta de rascado durante el tiempo del experimento (Prueba de Fisher;  $p = 0,637$ ).

### **Respuestas conductuales de *Mepraia spinolai* hacia *Octodon degus***

Con el fin de determinar la asociación entre el éxito de alimentación de las vinchucas y la conducta de *Octodon degus*, se realizó una correlación entre el tiempo inmóvil del roedor y el promedio estandarizado del diferencial de peso de las vinchucas (Figura 5) (Coeficiente de correlación de Pearson;  $t = 1,740$ ,  $p = 0,102$ ), además de tiempo inmóvil y tiempo de alimentación de las vinchucas (Figura 6) (Coeficiente de correlación de Pearson;  $t = 1,237$ ,  $p = 0,235$ ). Adicionalmente, se realizó una correlación entre el tiempo en rascarse con la proporción de ninfas que se alimentaron (Coeficiente de correlación de Pearson;  $t = -0,285$ ,  $p = 0,780$ ) y entre el tiempo en rascarse con el número de ninfas que se alimentaron (Coeficiente de correlación de Pearson;  $t = 0,337$ ,  $p = 0,741$ ), no detectando asociaciones estadísticamente significativas para ninguna de las correlaciones probadas.

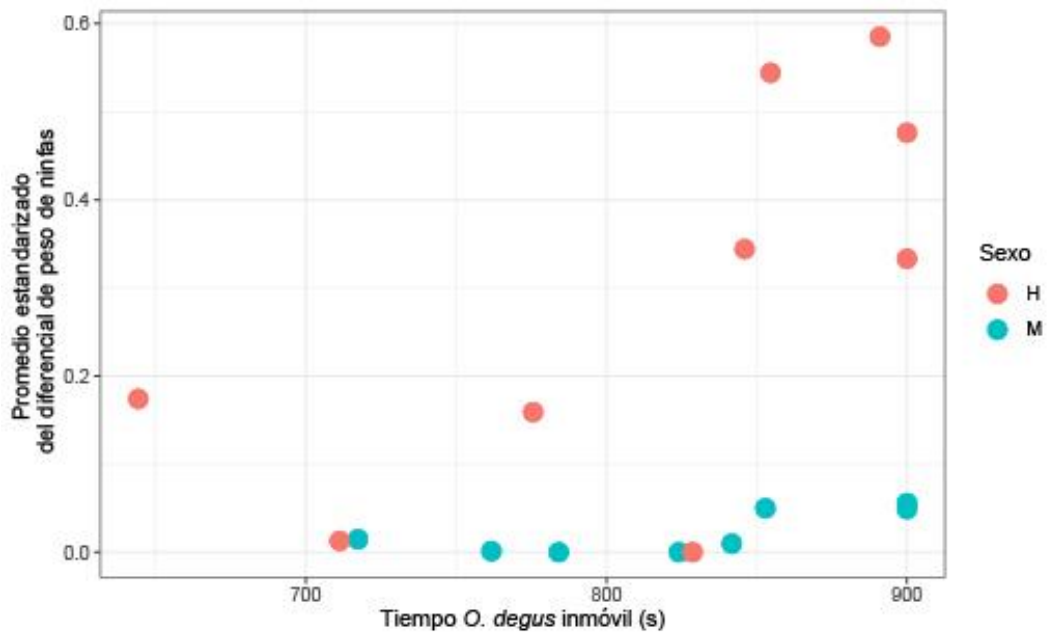


Figura 5. Correlación entre el tiempo inmóvil y el promedio estandarizado de diferencial de peso. Círculos celestes representan degú macho y anaranjados degú hembra.

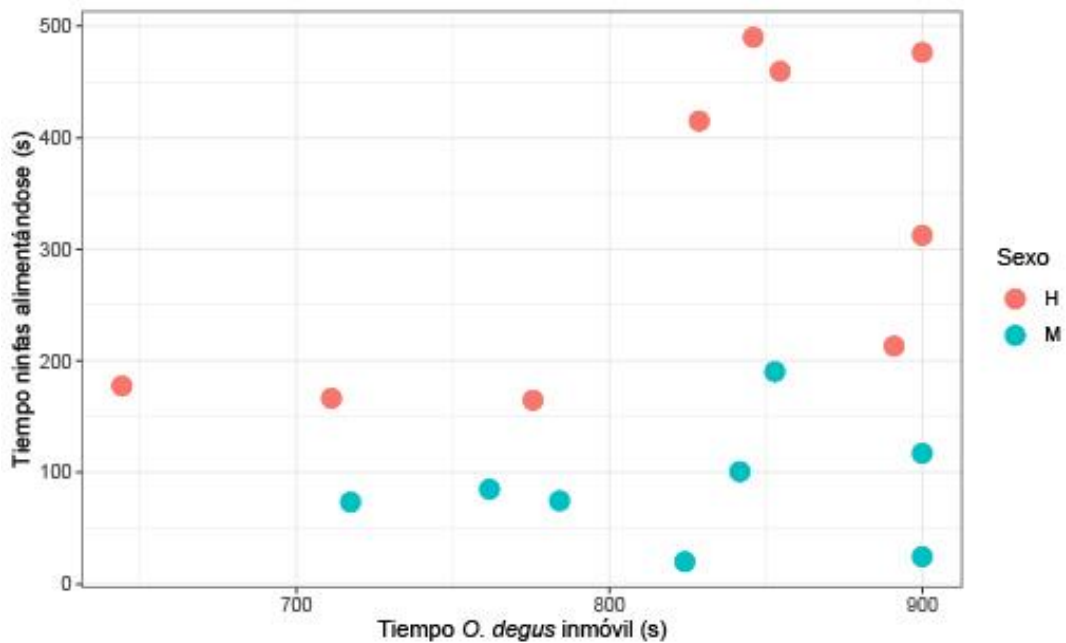


Figura 6. Correlación entre del tiempo inmóvil y el tiempo de alimentación. Círculos celestes representan degú macho y anaranjados degú hembra.

Luego se examinó a machos y hembras por separado, donde se encontró una correlación significativa y marginalmente significativa entre el promedio estandarizado de diferencial de peso y el tiempo inmóvil (Figura 7 C y D), respectivamente (Coeficiente de correlación de Pearson; machos:  $t = 2,597$ ,  $p = 0,041$ ; hembras:  $t = 2,315$ ,  $p = 0,054$ ). Se encontró que en ambos sexos estas variables se relacionan de manera positiva. En el mismo sentido, la asociación entre el tiempo de alimentación de las ninfas y el tiempo inmóvil del roedor fue marginalmente significativa para hembras (Coeficiente de correlación de Pearson;  $t = 2,083$ ,  $p = 0,076$ ; Figura 7 A), y en machos no hubo asociación (Coeficiente de correlación de Pearson;  $t = 0,284$ ,  $p = 0,786$ ). Por último, se encontró una diferencia significativa por sexo del hospedero para el promedio estandarizado de la diferencia de peso de las ninfas (promedio ninfas  $\pm$  EE que se alimentaron con hembras *O. degus* =  $0,292 \pm 0,073$ , y con machos de *O. degus* =  $0,023 \pm 0,009$ ; U de Mann-Whitney,  $U = 11$ ,  $p = 0,018$ ), es decir, ingieren mayor cantidad de sangre de las hembras.



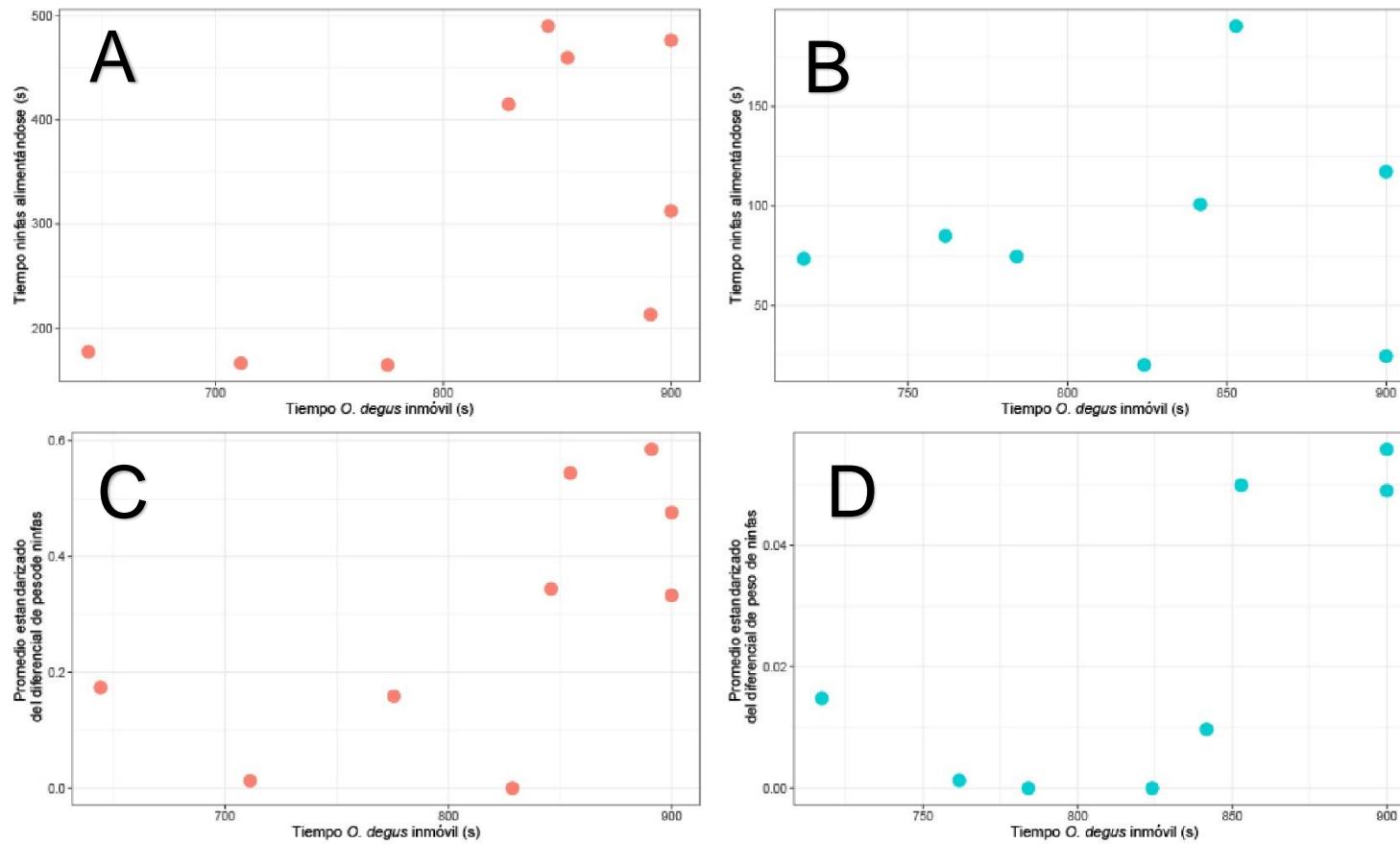


Figura 7. Arriba: Correlación del tiempo inmóvil de *O. degus* y tiempo de alimentación de las vinchucas, (A) hembras y (B) machos. Abajo: Correlación del promedio estandarizado del diferencial de peso de vinchucas y el tiempo inmóvil de *O. degus*, (C) hembras y (D) machos.

## Discusión

En este trabajo se evaluó por primera vez la conducta del roedor *O. degus* frente a la conducta de picada del ectoparásito *M. spinolai*, ambas especies silvestres diurnas. Para esto, se grabó la interacción hospedero-ectoparásito, y luego se confeccionó un etograma para describir y cuantificar sus conductas.

Al elaborar el etograma se detectó que los roedores se rascan, exploran y están inmóviles (descansan), todas estas conductas han sido descritas previamente en degús (Ebensperger y Hurtado, 2005), además en otros estudios en mamíferos se han descrito conductas de evitación a ectoparásitos similares (e.g., rascarse, crispase, mover la cola, mover las orejas, entre otras) (Espmark, 1967; Okumura, 1977; Harvey y Launchbaugh, 1982). Adicionalmente, en el presente estudio se describe por primera vez un caso de intento de depredación de una vinchuca por parte de un degú hembra, **que luego de masticarla la devolvió y la vinchuca no sobrevivió en el proceso.** En la misma línea, un degú macho repelió a una vinchuca, moviendo el miembro posterior derecho luego de ser picado, destacando que estos dos individuos fueron los únicos en notar la presencia de la vinchuca.

Respecto a las variables medidas durante el periodo de adecuación y el experimento, no se encontraron diferencias en las frecuencias de rascado, exploración y permanecer inmóvil a pesar de lo que se esperaba, la presencia de vinchucas no provocó un cambio en las conductas medidas de los degús. Estudios previos demuestran que mamíferos presentan diferentes conductas de evitación como mover la cola, mover las patas, entre otras (Espmark, 1967; Okumura, 1977; Harvey y Launchbaugh, 1982), pero éstas no fueron encontradas en la interacción degú-vinchuca a excepción de los dos eventos indicados más arriba. Este fenómeno podría deberse a que la interacción entre ellos es

de larga data, considerando que *M. spinolai* tiene su origen hace unos 3,6 millones de años (Campos y col., 2013) y *O. degus* hace aproximadamente 5 millones de años (Upham y Patterson, 2012). En términos evolutivos, las vinchucas podrían haber modificado su conducta de picar con el resultado de no detección por parte del hospedero y éxito en la alimentación sobre este. Por ejemplo, las ninfas de *M. spinolai* tienen la capacidad de camuflarse usando tierra sobre su cuerpo de manera de mimetizarse con el sustrato (Ramírez y col., 2013). En cuanto a la picada, algunos estudios afirman que la saliva de las vinchucas tiene moléculas inmunosupresoras, antiinflamatorias, entre otras (Ribeiro y Francischetti, 2002; Soares y col., 2006), que facilitaría el proceso de picada y alimentación. Por otro lado, la picada de las vinchucas se describe como indolora en el humano (Tobar, 1953), por lo que probablemente en otras especies no sería un estímulo lo suficientemente doloroso o molesto para activar la repulsión.

Con relación a las conductas de *O. degus*, no se encontraron diferencias entre machos y hembras a diferencia de lo que se había propuesto como hipótesis. Primero, para el tiempo de rascado se ha observado en otros estudios (Fischer y col., 1986; Ebensperger y Hurtado, 2005), que las hembras son más sociales, invirtiendo más tiempo en acicalamiento que los machos, y este último tiende a ser más agresivo, sin embargo, estas diferencias ocurren solamente en su periodo reproductivo, de invierno a principio de primavera (Ebensperger y Hurtado, 2005). Segundo, para el tiempo que dedican a explorar los distintos sexos, se encontró un estudio en *O. degus* donde se detectó que los machos salen a explorar antes que las hembras desde las madrigueras. Específicamente este correspondió a un experimento conductual sobre la orientación de degús utilizando el laberinto de Barnes, que consiste en observar cuánto se demoran en

encontrar el agujero que tiene la salida (Popović y col., 2010), lo que podría ser interpretado como que los machos exploran más que las hembras. Por último, para el tiempo dedicado a permanecer inmóviles, Ebensperger y Hurtado, 2005 muestran que *O. degus* pasa aproximadamente un 8% de su tiempo descansando y no se encuentra una diferencia entre machos y hembras. Si bien otros estudios describen diferencias conductuales en *O. degus* dependiente del sexo (Fischer y col., 1986; Ebensperger y Hurtado, 2005; Popović y col., 2010), el diseño experimental usado en el presente trabajo no fue capaz de evidenciar diferencia entre las conductas de interacción de ambos sexos con vinchucas. Por otro lado, también se debe tener en cuenta que los trabajos (Fischer y col., 1986; Ebensperger y Hurtado, 2005; Popović y col., 2010) que afirman encontrar una diferencia por sexo entre machos y hembras de degú con relación al rascado o acicalamiento y la exploración, se llevaron a cabo por más tiempo y con un mayor tamaño de muestra, por tanto, esta es una limitación en nuestro estudio. Además, los experimentos del presente trabajo se realizaron de manera individual a diferencia de los estudios previamente citados que evalúan la conducta social de *O. degus*. Futuros estudios podrían llevarse a cabo con tamaños de muestra mayores e incorporando más de un individuo por experimento.

Para determinar la asociación entre el éxito de alimentación de las vinchucas y la conducta de *O. degus*, se buscó una relación entre el peso de vinchucas y el tiempo inmóvil de *O. degus*. Se encontró una asociación positiva al separar entre machos y hembras de degú, los degús al permanecer más tiempo inmóviles, permite a las vinchucas lograr alimentarse más (es decir, engordan más mientras más tiempo un degú está inmóvil), esto fue observado mayormente en machos. Además, se encontró una relación entre el tiempo inmóvil de *O. degus* y el tiempo de alimentación de las vinchucas,

mientras más tiempo inmóviles permanecen los degús, más tiempo tienen las vinchucas para alimentarse, pero esto sólo fue observado en hembras. A diferencia de lo encontrado en la literatura no esperábamos que los degús no percibieran la picada de *M. spinolai*, por lo que esta conducta de no evitación de la picada no había sido descrita previamente. Se recomienda en futuras investigaciones estudiar las variables que dan cuenta de la diferencia encontrada en los pesos de las vinchucas que ingirieron sangre de los distintos sexos, dado que esta diferencia no dependería de la conducta de los degús, como se proponía originalmente, pues no se encontró diferencias entre machos y hembras en las frecuencias y tiempos asignados a las conductas estudiadas.

Según lo encontrado en nuestros resultados, el degú no evitaría ser picado, lo que estaría aumentando la probabilidad de que si es picado por una vinchuca infectada con *T. cruzi*, ésta tenga tiempo para defecar y transmitir el protozoo. Esto a su vez explicaría porque el degú es un reservorio de *T. cruzi* en su vía de transmisión silvestre (Jiménez y col., 2015) y que se encuentre tan representado en la dieta de *M. spinolai* (Rengifo, 2000; Chacon y col., 2016; De Bona y col., 2022).

Algunas limitaciones del estudio son que no se consideró el estado de infección de los roedores con *T. cruzi*. Estudios afirman que altas cargas parasitarias son capaces de modificar el comportamiento de sus hospederos maximizando la probabilidad de que el parásito complete su ciclo de vida (Poulin, 1994). Se ha documentado que el parásito *T. cruzi* afecta el comportamiento de *M. spinolai* provocando que pique una mayor cantidad de veces a un hospedero, detectan de manera más rápida a un potencial hospedero y defecando más rápido, lo que aumenta la probabilidad de infectar al hospedero (Botto-Mahan y col., 2006). Si bien no se ha estudiado experimentalmente si la conducta de *O. degus* podría cambiar dependiendo de su estado de infección, se ha observado en otras

especies que cuando están infectados por parásitos cambian su comportamiento aumentando la probabilidad de transmisión del parásito. Este es el caso de la bacteria *Borrelia burgdorferi* que cuando infecta a roedores éstos disminuyen el acicalamiento, lo que aumenta la carga por *Ixodes scapularis*, el principal vector de la bacteria, aumentando la probabilidad de que la bacteria complete su ciclo de vida (Ostfeld y col., 2018). En este contexto, *O. degus* una vez que está infectado con *T. cruzi* podría disminuir su respuesta ante la picada de vinchucas o disminuir el acicalamiento pudiendo las vinchucas picar más eficientemente, ya que por ahora la única variable que se ha estudiado en degú es el movimiento, donde se encontró que al estar estos roedores infectados recorrían distancias más cortas (Jiménez y col., 2015). Se sugiere realizar más estudios a futuro para determinar si los degú modifican su conducta al estar infectados con *T. cruzi*. Adicionalmente, se podría evaluar si la conducta de evitación de los degú cambia al variar el tamaño de las vinchucas utilizadas en el experimento de interacción. Por otra parte, debido a que la captura de *O. degus* fue en años secos se cuenta con un bajo número de capturas al igual como se ha documentado en otros estudios (Previtali y col., 2010), obteniéndose un tamaño de muestra pequeño, lo que limita la posibilidad de realizar análisis estadísticos más complejos o con mayor poder estadístico.

Este trabajo entrega valiosa información de la interacción entre *O. degus* y *M. spinolai*. Si bien este trabajo está hecho a nivel del individuo puede ayudar a explicar patrones poblacionales en el ciclo de transmisión de *T. cruzi*.

## Conclusiones

- La principal respuesta conductual de *O. degus* al interactuar con *M. spinolai* es quedarse inmóvil, y sólo muy ocasionalmente repeler o intentar depredar al vector.
- Las respuestas conductuales de *O. degus* hacia *M. spinolai* no dependen del sexo de los roedores.
- Mientras mayor tiempo machos y hembras de *O. degus* están inmóviles, las ninfas de *M. spinolai* logran ingerir mayor cantidad de sangre.
- Las ninfas de *M. spinolai* logran ingerir mayor cantidad de sangre a partir de *O. degus* hembras.

## Bibliografía

- Archer, E.K., Bennett, N.C., Faulkes, C.G. & Lutermann, H. (2016). Digging for answers: contributions of density- and frequency-dependent factors on ectoparasite burden in a social mammal. *Oecologia* 180(2), 429-438.
- Becker, M.I., De Ioannes, A.E., León, C. & Ebensperger, L.A. (2007). Females of communally breeding rodent, *Octodon degus*, transfer antibodies to their offspring during pregnancy and lactation. *Journal of Reproductive Immunology* 74, 68-77.
- Bern, C., Kjos, S., Yabsley, M.J. & Montgomery, S.P. (2011). *Trypanosoma cruzi* and Chagas' disease in the United States. *Clinical Microbiology Reviews* 24(4), 655-681.
- Botto-Mahan, C., Cattán, P.E., Canals, M. & Acuña, M. (2005). Seasonal variation in the home range and host availability of the blood-sucking insect *Mepraia spinolai* in wild environment. *Acta Tropica* 95, 160-163.
- Botto-Mahan, C., Cattán, P. & Medel, R. (2006). Chagas disease parasite induces behavioural changes in the kissing bug *Mepraia spinolai*. *Acta Tropica* 98, 219-223.
- Botto-Mahan, C., Bacigalupo, A., Correa, J., Oda, E. & Solari, A. (2012). Field assessment of *Trypanosoma cruzi* infection and host survival in the native rodent *Octodon degus*. *Acta Tropica* 122, 164-167.
- Botto-Mahan, C., Correa, J., Araya-Donoso, R., Farías, F., San Juan, E., Quiroga, N., Campos-Soto, R., Reyes-Olivares, C. & González-Acuña, D. (2022). Lizards as silent hosts of *Trypanosoma cruzi*. *Emerging Infectious Diseases* 28(6), 1250-1253.
- Burger, J.R., Chesh, A.S., Muñoz, P., Fredes, F., Ebensperger, L. A., & Hayes, L.D. (2011). Sociality, exotic ectoparasites, and fitness in the plural breeding rodent *Octodon degus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 66(1), 57-66.
- Campos, R., Torres-Pérez, F., Botto-Mahan, C., Coronado, X. & Solari, A. (2013). High phylogeographic structure in sylvatic vectors of chagas disease of the genus *Mepraia* (Hemiptera: Reduviidae). *Infection, Genetics and Evolution* 19, 280-286.
- Canals, M., Cruzat, L., Molina, M., Ferreira, A. & Cattán, P. (2001). Blood host sources of *Mepraia spinolai* (Heteroptera: Reduviidae), wild vector of chagas disease in Chile. *Journal of Medical Entomology* 38(2), 303-307.
- Castro, C. & Cicchino, A. (2002). Las especies del género *Gyropus* Nitzsch, 1818 (Phthiraptera: Gyropidae) parásitas de Octodontidae (Mammalia: Rodentia). *Revista Chilena de Historia Natural* 75, 293-298.
- Chacón, F., Bacigalupo, A., Quiroga, J.F., Ferreira, A., Cattán, P.E. & Ramírez-Toloza, G. (2016). Feeding profile of *Mepraia spinolai*, a sylvatic vector of Chagas disease in Chile. *Acta Tropica* 162, 171-173.
- De Bona, S., Correa, P., San Juan, E., Estay-Olea, D., Quiroga, N., Bacigalupo, A., Araya-Donoso, R. Botto-Mahan, C. Opportunistic or selective eaters? Stage-dependent



- feeding behavior in a wild vector of Chagas disease. *International Journal for Parasitology* (en prensa).
- Ebensperger, L.A., Veloso, C. & Wallem, P.K. (2002). Do female degus communally nest and nurse their pups? *Journal of Ethology* 20, 143-146.
- Ebensperger, L. & Hurtado, M.J. (2005). Seasonal changes in the time budget of degus, *Octodon degus*. *Behaviour* 142(1), 91-112.
- Eicher, S.D., Morrow-Tesch, J.L., Albright, J.L. & Williams, R.E. (2001). Tail-docking alters fly numbers, fly-avoidance behaviors, and cleanliness, but no physiological measures. *Journal of Dairy Science* 84(8), 1822-1828.
- Espmark, Y. (1967). Observations of defense reactions to oestrid flies by semidomestic forest reindeer (*Rangifer tarandus* L.) in Swedish Lapland. *Zoologische Beiträge* 14, 155-167.
- Fischer, R.B., Smith, S.L., White, P.J. & Meunier, G.F. (1986). Sex differences during initial social contact in the degu (*Octodon degus*). *Behavioural Processes* 12(1), 67-76.
- Frías-Lasserre, D. (2010) A new species and karyotype variation in the bordering distribution of *Mepraia spinolai* (Porter) and *Mepraia gajardo* Frías et al. (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) in Chile and its parapatric model of speciation. *Neotropical Entomology* 39, 572-583.
- Friend, W.G. & Smith, J.J.B. (1977). Factors affecting feeding by blood-sucking insects. *Annual Review of Entomology*. 22, 309-331.
- Fulk, G.W. (1976). Notes on the activity, reproduction, and social behavior of *Octodon degus*. *Journal of Mammalogy* 57(3), 495-505.
- Garrido, R., Campos Soto, R., Quiroga, N. & Botto Mahan, C. (2021). Bloodmeal-stealing in wild-caught *Mepraia spinolai* (Hemiptera: Reduviidae), a sylvatic vector of *Trypanosoma cruzi*. *Ecological Entomology* 46, 681-683.
- Guarneri, A.A., Diotaiuti, L., Gontijo, N.F., Gontijo, A.F. & Pereira, M.H. (2003). Blood-feeding performance of nymphs and adults of *Triatoma brasiliensis* on human hosts. *Acta Tropica* 87, 361-370.
- Hamm, H. (2005). Mites, lice and fleas. Ectoparasitoses in infancy and childhood. *Der Hautarzt; Zeitschrift für Dermatologie, Venerologie, und Verwandte Gebiete* 56(10), 915-924.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4(1), 9.
- Hart, B. (1994). Behavioural defense against parasites: interaction with parasite invasiveness. *Parasitology* 109, S139-S151.
- Harvey, T. & Launchbaugh, J. (1982). Effect of horn flies on behavior of cattle. *Journal of Economic Entomology* 75, 25-27.
- Hillegass, M.A., Waterman, J.M. & Roth, J.D. (2008). The influence of sex and sociality on parasite loads in an African ground squirrel. *Behavioral Ecology* 19(5), 1006-1011.

- Hughes, V. & Randolph, S. (2001). Testosterone increases the transmission potential of tick-borne parasites. *Parasitology* 123(4), 365-371.
- Iriarte, A. (2010). *Guía de Campo de los Mamíferos de Chile*. Flora y Fauna Chile Ltda, 216 pp.
- Jiménez, C., Fontúrbel, F., Oda, E., Ramírez, P. & Botto-Mahan, C. (2015). Parasitic infection alters rodent movement in a semiarid ecosystem. *Mammalian Biology* 80, 255-259.
- Lazzari, C.R. & Núñez, J.A. (1989). Blood temperature and feeding behavior in *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae). *Entomologia Generalis*, 14(3/4) 183-188.
- Lehane, M.J. (2005). *The Biology of Blood-Sucking in Insects* (2nd Revised edition). Cambridge University Press.
- Lent, H. & Wygodzinsky, P. (1979). Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas' disease. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 163, 123-520.
- Møller, A.P., Dufva, R. & Allander, K. (1993). Parasites and the evolution of host social behavior. *Advances in the Study of Behavior*, 22, 65-102.
- Mehlhorn, H., Al-Rasheid, K.A.S., Abdel-Ghaffar, F., Klimpel, S. & Pohle, H. (2010). Life cycle and attacks of ectoparasites on ruminants during the year in Central Europe: recommendations for treatment with insecticides (e.g., Butox®). *Parasitology Research* 107, 425-431.
- Mooring, M., Blumstein, D. & Stoner, C. (2003). The evolution of parasite-defence grooming in ungulates. *Biological Journal of the Linnean Society* 81(1), 17-37.
- Muñoz, A. & Yáñez, J. (2000). *Mamíferos de Chile*. CEA Ediciones.
- Oda, E., Solari, A. & Botto-Mahan, C. (2014). Effects of mammal host diversity and density on the infection level of *Trypanosoma cruzi* in sylvatic kissing bugs. *Medical and Veterinary Entomology* 28(4), 384-390.
- Okumura, T. (1977). The relationship of attacking fly abundance to behavioral responses of grazing cattle. *Japanese Journal of Applied Entomology & Zoology* 21, 119-122.
- Ostfeld, R., Brisson, D., Oggenfuss, K., Devine, J., Levy, M. & Kessing, F. (2018). Effects of a zoonotic pathogen, *Borrelia burgdorferi*, on the behavior of a key reservoir host. *Ecology and Evolution* 8, 4074-4083.
- Popović, N., Madrid, J.A., Rol, M.A., Caballero-Bleda, M. & Popović, M. (2010). Barnes maze performance of *Octodon degus* is gender dependent. *Behavioural Brain Research*, 212, 159-167.
- Poulin, R. (1994). The evolution of parasite manipulation of host behaviour. *Parasitology* 109, S109-S118.
- Previtali, M.A., Meserve, P.L., Kelt, D.A., Milstead, W.B. & Gutierrez, J.R. (2010). Effects of more frequent and prolonged El Niño events on life-history parameters of the Degu, a long-lived and slow-reproducing rodent. *Conservation Biology*, 24(1), 18-28.

- Price, P.W. (2020). *Evolutionary Biology of Parasites* (Vol. 15). Princeton University Press.
- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ramírez, P.A., González, A. & Botto-Mahan, C. (2013). Masking behavior by *Mepraia spinolai* (Hemiptera: Reduviidae): Anti-predator defense and life history trade-offs. *Journal of Insect Behavior* 26, 592-602.
- Ramírez-Álvarez, D. (2018). *Fauna Nativa de la región de O'Higgins, Chile, Vertebrados Terrestres*. Primera edición.
- Rengifo, A. (2000). Preferencias alimentarias específicas de *Mepraia spinolai* por vertebrados frecuentes en su hábitat. Memoria de Título, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.
- Ribeiro, J. & Francischetti, I. (2002). Role of arthropod saliva in blood feeding: Sialome and post-sialome perspectives. *Annual Review Entomology* 48, 73-88.
- Roach, N. (2016). *Octodon degus*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- Rodríguez-Diego, J.G., Olivares, J.L., Arece, J. & Roque, E. (2009). Evolución de los parásitos: Consideraciones generales. *Revista de Salud Animal* 31, 13-17.
- Sánchez, M.A., González, T., Ayora, T., Evangelista, Z. & Pacheco, N.A. (2017). ¿Qué son los microbios? *ciencia*, 68(2), 10-17.
- Soares, R.P.P., Evangelista, L.G., Laranja, L.S. & Diotaiuti, L. (2000). Population dynamics and feeding behaviour of *Triatoma brasiliensis* and *Triatoma pseudomaculata*, main vectors of Chagas disease in Northeastern Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 95, 151-155.
- Soares, A., Carvalho-Tavares, J., Gontijo, N., dos Santos, V., Teixeira, M. & Pereira, M. (2006). Salivation pattern of *Rhodnius prolixus* (Reduviidae; Triatominae) in mouse skin. *Journal of Insect Biology* 52, 468-472.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. (1995). *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. WH Freeman and Co. New York, USA.
- Tobar, R. G. (1953). Algo más sobre *Mepraia spinolai* Porter. *Revista Chilena de Entomología*, 3, 117-125.
- Upham, N.S. & Patterson, B.D. (2012). Diversification and biogeography of the neotropical caviomorph lineage Octodontidae (Rodentia: Hystricognathi). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 63, 417-429.
- Wigglesworth, V.B. & Gillett, J.D. (1934). The function of the antennae in *Rhodnius prolixus* (Hemiptera) and the mechanism of orientation to the host. *Journal of Experimental Biology* 11(2), 120-139.

World Health Organization. (2020). [Internet] Chagas disease (also known as American trypanosomiasis); [visitado el 26/03/2022]. Disponible en: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chagas-disease-\(american-trypanosomiasis\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chagas-disease-(american-trypanosomiasis)).

Yáñez-Meza, A. (2015). Topología de redes de interacción parásito-hospedero: micromamíferos y su fauna parasitaria en Chile semiárido. Tesis de Magister en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

Zeledón, R., Alvarado, R. & Jirón, L.F. (1977). Observations on the feeding and defecation patterns of three triatomine species (Hemiptera: Reduviidae). *Acta Tropica* 34, 65-77.