

UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE PREGRADO



**“CONDICIÓN CORPORAL, DIETA Y NIVELES DE INFECCIÓN CON  
*TRYPANOSOMA CRUZI* EN EL VECTOR SILVESTRE *MEPRAIA SPINOLA*, EN  
DOS AÑOS CON CONDICIONES ABIÓTICAS CONTRASTANTES”**

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

**CAMILA FERNANDA CORTÉS ARGANDOÑA**

Directora del Seminario de Título: Dra. Carezza Botto Mahan

Co-director del Seminario de Título: Mag. Esteban San Juan Cortés

Julio, 2023

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 **Srta.**

**CAMILA FERNANDA CORTÉS ARGANDOÑA**

**“CONDICIÓN CORPORAL, DIETA Y NIVELES DE INFECCIÓN CON *TRYPANOSOMA CRUZI* EN EL VECTOR SILVESTRE *MEPRAIA SPINOLAI*, EN DOS AÑOS CON CONDICIONES ABIÓTICAS CONTRASTANTES”**

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

Dra. Carezza Botto Mahan

**Director Seminario de Título:** \_\_\_\_\_

Mag. Esteban San Juan Cortés

**Co-director Seminario de Título:** \_\_\_\_\_

**Comisión Revisora y Evaluadora**

Dr. David Veliz Baeza

**Presidente Comisión:** \_\_\_\_\_

Dr. Pablo Sabat Kirkwood

**Evaluador:** \_\_\_\_\_

Santiago de Chile, .....

## Biografía



Nació en 1995, en Vicuña, Valle de Elqui, donde vivió gran parte de su vida en la tranquilidad de un lugar donde nunca pasa nada y en el seno de una familia numerosa, que le inculcó el amor y respeto por la naturaleza desde la tradición mapuche, gracias a su bisabuela.

Al salir del colegio, e impulsada por su pasión por la biología, incursionó en el área de la salud, donde, afortunadamente, se dio cuenta que le interesaba la investigación y finalmente, llegó a estudiar Biología Ambiental.

Ahora, ya finalizados sus estudios, reafirma su decisión de convertirse en bióloga, entusiasmada por estudiar los ecosistemas del norte semi-árido, el cual sigue siendo su hogar.

## Agradecimientos

Quiero agradecer a todas aquellas personas e instituciones que contribuyeron de manera significativa en la realización de este Seminario de Título.

Al Laboratorio de Ecología de Interacciones, en especial a la profesora Carezza, por brindarme un espacio para aprender y desarrollarme académicamente. Su guía fue fundamental, y siempre estaré agradecida por su confianza en mí.

A mi familia y amigos, quienes han sido mi pilar durante todo este proceso, en especial a mi papás y mis abuelas, quienes me motivaron a seguir adelante en lo que me apasiona. A mi hermano y primos: gracias Nacho, Antu y Alen, por recordarme la importancia de tomar descansos y disfrutar de los momentos simples de la vida.

A todas aquellas personas que me tendieron su mano en momentos difíciles, quiero extenderles mi más sincero agradecimiento. Su generosidad y contención me salvaron y me ayudaron a mantenerme enfocada en mi objetivo: sin su ayuda, no existiría este trabajo. Gracias a Pablo, a Camila y a Isaías.

Y un agradecimiento especial a todas mis mascotas, en especial a mi Flor, por su compañía incondicional y a Likán, por su cariño infinito.

Finalmente, este Seminario de Título fue financiado gracias a los proyectos Enlace-FONDECYT 2021 ENL01/21 y FONDECYT 1221045.

## Índice de Contenidos

<b>Resumen</b> .....	1
<b>Abstract</b> .....	3
<b>Introducción</b> .....	5
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos .....	11
<b>Metodología</b> .....	12
Sitio de estudio .....	12
Caracterización abiótica .....	13
Caracterización biótica .....	13
Captura de ejemplares y estructura poblacional .....	15
Cálculo del Índice de Masa Corporal en ejemplares de <i>M. spinolai</i> .....	16
Extracción de intestino y heces de <i>M. spinolai</i> .....	17
Extracción de ADN .....	18
Determinación de infección con <i>T. cruzi</i> .....	18
Caracterización de la dieta de <i>M. spinolai</i> .....	19
Análisis estadísticos .....	20
<b>Resultados</b> .....	23
Caracterización abiótica y NDVI .....	23
Captura de ejemplares y estructura poblacional .....	23
Índice de Masa Corporal (sBMI) .....	25
Dieta y oferta ambiental de vertebrados .....	27
Niveles de infección con <i>T. cruzi</i> .....	31
Modelo Lineal Generalizado (GLM) .....	32
<b>Discusión</b> .....	34
Estructura poblacional de <i>M. spinolai</i> .....	35
Efecto de las factores ambientales sobre el sBMI, dieta, oferta ambiental, abundancia de vinchucas e infección con <i>T. cruzi</i> .....	36
<b>Conclusiones</b> .....	44
<b>Bibliografía</b> .....	45
<b>Anexo</b> .....	53

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Resultados de la comparación de variables ambientales entre años: T <sub>máx</sub> y T <sub>mín</sub> (mediana), Pp acum y NDVI (promedio), con la prueba de Kruskal-Wallis. ....	23
<b>Tabla 2.</b> Número total de vinchucas capturadas por colonia en cada año. ....	24
<b>Tabla 3.</b> Mediana del sBMI por colonia de <i>M. spinolai</i> en cada año. ....	27
<b>Tabla 4.</b> Estructura comunitaria a través del índice de similitud de Jaccard (J) y de la diversidad en el sitio de estudio en cada año contrastante mediante el Índice de Diversidad de Shannon-Wiever (H). ....	30
<b>Tabla 5.</b> Frecuencia de infección (FI) con <i>T. cruzi</i> de cada colonia de <i>M. spinolai</i> . ....	32
<b>Tabla 6.</b> Modelo Lineal Generalizado (GLM) para la variable respuesta Índice de Masa Corporal Estandarizado (sBMI), utilizando las variables: Año y Abundancia. ....	32
<b>Tabla 7.</b> Modelo Lineal Generalizado (GLM) para la variable respuesta frecuencia de infección (FI), utilizando las variables: Año y Abundancia. ....	33
<b>Tabla A1.</b> Valores promedio de NDVI (-1 a 1) por colonia, considerando un radio de ~30 m como ámbito de hogar de <i>M. spinolai</i> . ....	53
<b>Tabla A2.</b> Número de ejemplares de <i>M. spinolai</i> capturados por colonia y por estadio. ....	53
<b>Tabla A3.</b> Listado de especies identificadas mediante registros de cámaras trampa (oferta ambiental de vertebrados para <i>M. spinolai</i> ) en ambos años, donde la “x” indica si la especie fue detectada ese año en particular. ....	53
<b>Tabla A4.</b> Listado de especies identificadas en la dieta de <i>M. spinolai</i> mediante NGS en ambos años, donde la “x” indica si la especie fue detectada ese año en particular. ....	54

## Índice de Figuras

<b>Figura 1. A:</b> Mapa de la zona de estudio: Reserva Nacional Las Chinchillas, ubicada al sur de la Región de Coquimbo. <b>B:</b> Zona de estudio dentro de la Reserva. <b>C:</b> Localización de las colonias de <i>M. spinolai</i> y cámaras trampa (CT) instaladas en el sitio de estudio. ....	12
<b>Figura 2.</b> Estadios de desarrollo de <i>M. spinolai</i> . De izquierda a derecha: estadios I, II, III, IV, V y V con primordios alares. Abajo adultos, de izquierda a derecha: hembra micróptera, y machos micróptero, braquíptero y macróptero. ....	16
<b>Figura 3.</b> Estructura poblacional de <i>M. spinolai</i> , con cada barra representando la cantidad de individuos capturados para cada año y estadio. ....	25
<b>Figura 4.</b> Boxplot del Índice de Masa Corporal estandarizado (sBMI) según estadio de <i>M. spinolai</i> , entre los años contrastantes. ....	26
<b>Figura 5.</b> Comparación del Índice de Masa Corporal estandarizado (sBMI) de <i>M. spinolai</i> entre dos años contrastantes, por grupos según estadio. Grupo 1: estadios ninfales I y II; Grupo 2: estadios ninfales III y IV; Grupo 3: estadio ninfal V y adultos. ...	27
<b>Figura 6.</b> Porcentajes de potenciales presas de <i>M. spinolai</i> obtenidas a través de registros de cámaras trampa (CT) y de presas reales obtenidas a través de análisis de dieta mediante NGS, entre dos años contrastantes. Todas las especies listadas en la leyenda de la figura fueron detectadas mediante NGS, mientras que sólo <i>A. bennettii</i> , <i>O. degus</i> , <i>O. cuniculus</i> , <i>P. darwini</i> y <i>T. elegans</i> fueron detectadas mediante ambas metodologías. Por otra parte, “otros” incluye cinco especies que sólo fueron identificadas mediante el uso de cámaras trampa, pero no fueron parte de la dieta; especies que se identificaron en ambos años. ....	29
<b>Figura 7.</b> Registros fotográficos de la oferta ambiental de vertebrados detectados en ambos años. <b>a)</b> Tapaculo ( <i>Scerlochilus albicollis</i> ), <b>b)</b> Conejo europeo ( <i>O. cuniculus</i> ), <b>c)</b> Degú común ( <i>O. degus</i> ), <b>d)</b> Iguana chilena ( <i>Callopistes maculatus</i> ), <b>e)</b> Zorro culpeo ( <i>Lycalopex culpaeus</i> ), <b>f)</b> Cabra ( <i>Capra hircus</i> ), esta última sólo presente en fotografías del año 2020. ....	30
<b>Figura 8.</b> Comparación de la frecuencia de infección con <i>T. cruzi</i> en cada uno de los grupos (1: ninfas I y II; 2: ninfas III y IV; 3: ninfas V y adultos) entre los años contrastantes. ....	31

## Lista de abreviaturas

Abreviatura	Descripción
<b>BMI</b>	Body Mass Index (Índice de Masa Corporal)
<b>CT</b>	Cámaras trampa
<b>ELISA</b>	Enzimoanálisis de adsorción
<b>FI</b>	Frecuencia de Infección
<b>GLM</b>	Generalized Linear Model (Modelo Lineal Generalizado)
<b>NDVI</b>	Normalized Difference Vegetation Index (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)
<b>NGS</b>	Next Generation Sequencing (Secuenciación de próxima generación)
<b>OTU</b>	Operational Taxonomic Unit (Unidad taxonómica operativa)
<b>pb</b>	Pares de bases nitrogenadas
<b>PCR</b>	Polymerase Chain Reaction (Reacción en cadena de polimerasa)
<b>Ppacum</b>	Precipitación acumulada (anual)
<b>sBMI</b>	Standardized Body Mass Index (Índice de Masa Corporal estandarizado)
<b>Tmax</b>	Temperatura diaria máxima
<b>Tmin</b>	Temperatura diaria mínima

## Resumen

Los triatominos, comúnmente conocidos como vinchucas, son insectos del orden Hemiptera (Reduviidae, Triatominae), hematófagos estrictos y asociados a vertebrados, lo que incluye fauna silvestre, doméstica y seres humanos. Además, son vectores del protozoo parásito *Trypanosoma cruzi*, causante de la enfermedad de Chagas en humanos.

Al igual que otros invertebrados, la condición corporal de los triatominos varía de acuerdo a su estado nutricional, pudiendo presentar el cuerpo aplanado dorso-ventralmente en ayuno prolongado o presentar el abdomen abultado cuando están recientemente alimentados. Del mismo modo, su tiempo de desarrollo varía según las condiciones ambientales, tales como la temperatura, humedad relativa y disponibilidad de hospederos. En Chile, se han descrito tres especies de vinchucas silvestres endémicas, una de estas es *Mepraia spinolai*, que está presente desde la Región de Atacama a la Región de O'Higgins y es el principal vector silvestre de la enfermedad de Chagas en el país. En algunas poblaciones de *M. spinolai*, se han descrito altas frecuencias de infección con *T. cruzi*, lo cual afecta directamente la sobrevivencia y reproducción de los individuos de esta especie. Se compararon colonias de *M. spinolai* presentes en un año con precipitación promedio con colonias de un año con déficit de precipitación, relacionándolo con la disponibilidad ambiental de hospederos. Se realizó una caracterización ambiental de cada año, utilizando el Índice de Vegetación de

Diferencia Normalizada (NDVI), vertebrados identificados como potenciales presas y variables meteorológicas. La comparación de estos dos años contrastantes fue mediante la cuantificación del Índice de Masa Corporal (BMI) de los ejemplares, niveles de infección con *T. cruzi* y caracterización de su dieta considerando los vertebrados identificados como sus presas, mediante análisis de secuenciación de próxima generación (NGS) por colonia. Los resultados muestran que existen diferencias significativas entre años contrastantes en la condición corporal, dieta e infección con *T. cruzi* mediada por factores ambientales, tanto bióticos (cobertura vegetal) como abióticos (precipitación acumulada y temperatura). Los datos obtenidos de este estudio permitirán sugerir qué variables aportan a un mayor riesgo de contacto vector-hospedero y sus implicancias epidemiológicas.

## Abstract

Triatomine bugs, commonly known as kissing bugs, are strict hematophagous insects of the order Hemiptera (Reduviidae, Triatominae) associated with vertebrates, including wildlife, domestic animals, and humans. In addition, they are vectors of the parasitic protozoan *Trypanosoma cruzi*, which causes Chagas disease.

Like other invertebrates, the body condition of triatomines varies according to their nutritional status, presenting a dorso-ventrally flattened body in prolonged fasting or a swollen abdomen when recently fed. In the same way, its developmental time varies according to environmental conditions, such as temperature, relative humidity and availability of hosts. In Chile, three species of endemic wild kissing bugs have been described, one of them is *Mepraia spinolai*, occurring from the Atacama Region to the O'Higgins Region, and the main wild vector of Chagas disease in the country. In some populations of *M. spinolai*, high frequencies of *T. cruzi* infection have been described, which directly affects the survival and reproduction of individuals of this species. Colonies of *M. spinolai* present in a year with average precipitation were compared with colonies of another year with deficit of precipitation, relating it to the environmental availability of hosts. An environmental characterization of each year was carried out, using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), vertebrates identified as potential prey, and meteorological variables. The comparison of these two

contrasting years was through the quantification of the Body Mass Index (BMI) of each specimens, levels of infection with *T. cruzi*, and characterization of their diet considering the vertebrates identified as prey by Next Generation Sequencing (NGS) per colony. The results show that there are significant differences between the contrasting years in body condition, diet and infection with *T. cruzi* mediated by environmental factors, both biotic (vegetation cover) and abiotic (accumulated precipitation and temperature). The data obtained from this study will allow to suggest which variables contribute to a greater risk of vector-host contact and its epidemiological implications.

## Introducción

El aumento de la temperatura a escala global, una de las grandes consecuencias del Cambio Climático, altera a su vez otras variables y eventos meteorológicos, tales como ocurrencia de tormentas y disminución o aumento de las frecuencias de precipitación (Baede y col., 2001). Con esto, el equilibrio del ciclo hidrológico se ha visto perturbado, provocando inundaciones en algunas regiones del planeta y sequías en otras (Röcklov & Dubrow, 2020). Este último caso es un fenómeno que afecta en particular a la zona centro-norte de Chile, un escenario climático que se ha denominado Megasequía (CR2, 2015). Sin embargo, este fenómeno no sólo tiene causa antropogénica, sino que también está influenciado por anomalías climáticas que ocurren de forma natural en la zona: Oscilación del Sur o El Niño y su fase inversa, La Niña, fase que se asocia a temperaturas más bajas y disminución de precipitaciones en la zona mencionada (Garreaud y col., 2018). Bajo este contexto climático, se hace imperativo estudiar cómo afectan las variaciones ambientales a los ecosistemas y a las interacciones ecológicas insertas en ellos. Un ejemplo de lo anterior, son las enfermedades infecciosas transmitidas por vectores y los factores ecológicos asociados a éstas, ya que su dinámica es sumamente sensible a cambios ambientales, como variaciones en la temperatura y en la disponibilidad de hospederos (Rupasinghe y col., 2022). En particular, en el vector, la adecuación biológica tiende a ser mayor en sistemas más cálidos, dado que, al ser —en general— organismos ectotermos, su

temperatura corporal y metabolismo dependen completamente de la temperatura ambiental y las condiciones de su hábitat (Martin y col., 2008), existiendo factores, tanto bióticos como abióticos, que afectan la abundancia, reproducción y sobrevivencia de éstos, tales como la disponibilidad de refugio, disponibilidad de hospederos, carga parasitaria, presencia de especies exóticas y/o asilvestradas, cantidad de precipitación acumulada anual y disponibilidad de agua y humedad (Githeko y col., 2000; Li y col., 2014; Cheke y col., 2015).

Los insectos triatominos, conocidos como vinchucas, son hematófagos estrictos (Hwang & Weirauch, 2012), cuya alimentación está basada en vertebrados de la fauna silvestre y doméstica, incluyendo también ganado y seres humanos (Canals y col., 2001). El ambiente en el cual habitan los triatominos modula sus rasgos de historia de vida, y variables como temperatura, humedad relativa y disponibilidad de hospederos, determinan variaciones en el tiempo de desarrollo (Nattero y col., 2011). Del mismo modo, variaciones ambientales y temporales, influyen en la abundancia y estructura poblacional de los triatominos, determinando que, por ejemplo, en años con inviernos lluviosos exista mayor abundancia de ninfas tempranas (estadios de desarrollo I y II) en los meses de verano, por sobre estadios tardíos (IV, V y adultos), dado por un incremento en la reproducción de las vinchucas (Cattan y col., 2002).

Los triatominos, son vectores del protozoo parásito *Trypanosoma cruzi*, agente etiológico de la enfermedad de Chagas, la cual es potencialmente mortal (Kollien & Schaub, 2000) y está catalogada por la Organización Mundial de la Salud

(OMS) como una de las enfermedades reemergentes más desatendidas del mundo (Hotez y col., 2007). En 2017, se estimó que existen 6,1 millones de personas en el mundo afectadas (Röcklov & Dubrow, 2020), mientras que, en América, menos del 10% de las personas portadoras de la enfermedad han sido diagnosticadas adecuadamente (Salas, 2020).

En Chile, *Mepraia spinolai* (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae) (Porter, 1934), es el principal vector silvestre de la enfermedad de Chagas (Botto-Mahan y col., 2005), y está presente desde la Región de Atacama a la Región de O'Higgins, habitando en zonas semiáridas-mediterráneas (Botto-Mahan, 2009; Garrido y col., 2019). Esta especie, en particular, es de hábito diurno, y, como otros triatominos, su ciclo de desarrollo es hemimetábolo, el que consta de un huevo, cinco estadios ninfales y el imago, en el cual existe polimorfismo alar: las hembras siempre presentan alas no desarrolladas, es decir, son micrópteras, mientras que los machos pueden ser micrópteros, macrópteros —con alas funcionales— o braquípteros —alas desarrolladas no funcionales— (Botto-Mahan, 2009; Garrido y col., 2019). Se ha descrito que habitan en pedregales, nidos de aves, madrigueras y en matorrales silvestres, particularmente en bromeliáceas del género *Puya* (Canals y col., 2001; Bacigalupo y col., 2006; Valenzuela y col., 2022).

Al igual que en otros insectos, la condición corporal de *M. spinolai* varía de acuerdo a su estado nutricional, el cual, a su vez, está determinado por la disponibilidad de presas en su entorno. Según su estado nutricional, pueden

presentar un cuerpo aplanado dorso-ventralmente en ayuno prolongado o un abdomen abultado cuando están recientemente alimentadas (Estay-Olea y col., 2020). En relación a lo anterior, la dieta de *M. spinolai* depende de la disponibilidad de hospederos, y, en Chile central, se ha reportado que las especies de roedores *Octodon degus* y *Phyllotis darwini* como las principales presas detectadas en la dieta de esta vinchuca (De Bona y col., 2023). Adicionalmente, se ha descrito que otras especies de vertebrados, como aves y reptiles, también pueden ser encontrados en la dieta de *M. spinolai*. Por lo tanto, la composición de la dieta de este insecto puede variar dependiendo de la disponibilidad de presas en el ambiente (Rengifo, 2000; Canals y col., 2001; Chacón y col., 2016; Vergara, 2018). Con el objetivo de identificar qué vertebrados están presentes en la dieta, se han utilizado diferentes técnicas de laboratorio, como, por ejemplo, la enzimo-inmunoanálisis de adsorción (ELISA), basada en identificación de hospederos mediante proteínas sanguíneas (Canals y col., 2001). Actualmente, se utilizan técnicas que identifican ADN en muestras de contenido intestinal de las vinchucas, como la Secuenciación de Próxima Generación (NGS, por sus siglas en inglés), que ha probado ser más eficiente, logrando secuenciar grandes cantidades de segmentos de ADN de forma masiva y en paralelo (Arias-Giraldo y col., 2020; Rubio y col., 2020).

Al igual que en la dieta, los vertebrados que están involucrados directamente en la mantención del ciclo de *T. cruzi* son principalmente mamíferos, tanto silvestres como domésticos y/o exóticos. Uno de ellos es el conejo europeo (*Oryctolagus*

*cuniculus*) que no sólo cumple un rol fundamental en la dieta de esta vinchuca en Chile central, sino que también es un reservorio silvestre del parásito (Acuña-Retamar, 2009; Botto-Mahan y col., 2009; San Juan y col., 2020). Adicionalmente, un estudio reciente sugiere que algunos reptiles nativos también están involucrados en la mantención del ciclo silvestre (Botto-Mahan y col., 2022).

En Chile, los niveles de infección con *T. cruzi* en *M. spinolai* pueden ser altos en algunas poblaciones. Mediante métodos moleculares, se detectó un 46,2% de individuos infectados en zonas semiáridas de la Región de Coquimbo, sin embargo, las frecuencias de infección pueden variar de acuerdo a la latitud y condiciones ambientales de cada población en estudio (Botto-Mahan y col., 2015). La dinámica del ciclo de infección con *T. cruzi* se ve directamente afectada ante variaciones ambientales, por, sobre todo, variaciones en la temperatura, cobertura vegetal —principalmente de bromeliáceas— y disponibilidad de hospederos involucrados en la mantención del ciclo (San Juan y col., 2020). Además, existe evidencia que muestra que la infección con *T. cruzi* en este vector puede alterar su adecuación biológica, pudiendo afectar el desarrollo de los distintos estadios, su sobrevivencia, conducta de forrajeo, como un aumento en la tasa de picada respecto a vinchucas no infectadas y una disminución en el tiempo en que demoran en localizar un hospedero (Botto-Mahan y col., 2006; Botto-Mahan, 2009).

Debido a la complejidad ecológica en los sistemas naturales, es de interés examinar los factores que influyen en la interacción entre el vector, hospedero y

parásito, dentro de un contexto con variaciones ambientales. Por tanto, este trabajo pretende contribuir a entender cómo la interacción vector-hospedero-parásito es afectada por variables bióticas y abióticas contrastantes, mediante la comparación de colonias de *M. spinolai* presentes en un año con precipitación promedio (2018) con colonias presentes en otro año con déficit de precipitación (2020), lo que determina una mayor y menor disponibilidad ambiental de hospederos, respectivamente, en una zona hiperendémica de la enfermedad de Chagas en Chile.

## Objetivos

### Objetivo General:

Comparar la condición corporal, dieta y estatus de infección con *T. cruzi* de individuos de *M. spinolai* entre dos años con condiciones ambientales contrastantes, para evaluar las variaciones en un sistema hospedero-vector-parásito.

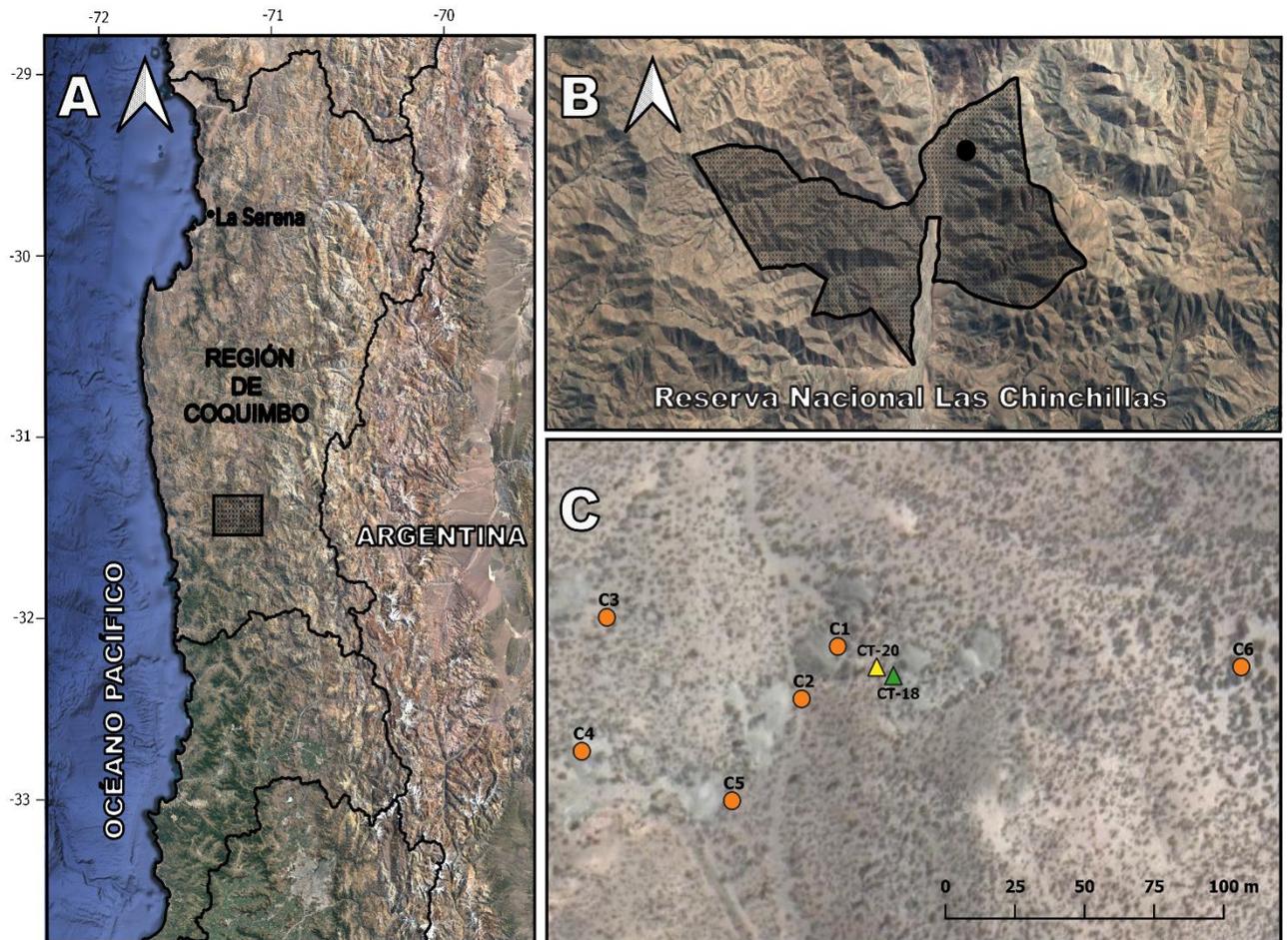
### Objetivos Específicos:

- Caracterizar variables abióticas (temperatura, precipitación) y bióticas (NDVI, disponibilidad de potenciales presas) del ambiente donde habita *M. spinolai* para dos años.
- Determinar la condición corporal de individuos de *M. spinolai* mediante el cálculo del Índice de Masa Corporal (BMI) de cada ejemplar en cada año.
- Comparar la estructura etaria por colonia en cada año.
- Determinar la abundancia de ejemplares infectados y no infectados con *T. cruzi* a nivel de colonia en ambos años.
- Caracterizar la dieta mediante NGS para cada colonia y año, y comparar con la oferta ambiental a través de la revisión de cámaras trampa.

## Metodología

### Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Nacional Las Chinchillas, ubicada al sur de la Región de Coquimbo ( $31^{\circ}30'S$ ,  $71^{\circ}06'O$ ) (Figura 1A-B).



#### Leyenda

- ▲ CT 2018
- ▲ CT 2020
- Colonias de *M. spinolai*
- Límite regional y nacional
- ▨ Reserva Nacional Las Chinchillas
- Sitio de estudio

**Figura 1.** A: Mapa de la zona de estudio: Reserva Nacional Las Chinchillas, ubicada al sur de la Región de Coquimbo. B: Zona de estudio dentro de la Reserva. C: Localización de las colonias de *M. spinolai* y cámaras trampa (CT) instaladas en el sitio de estudio.

Esta área protegida se encuentra en una zona de clima Mediterráneo semiárido, con eventos de precipitación durante los meses de invierno —con un promedio anual de 185 mm—, los cuales son fluctuantes temporalmente, entre periodos de sequía y déficit de precipitación y lluvias abundantes, consecuencia de la ocurrencia de los fenómenos de El Niño y La Niña (Di Castri & Hajek, 1976). Supeditada a las fluctuaciones climáticas, la composición vegetal es espinosa, representada mayormente por cactáceas y arbustos (Lubert & Plissock, 2006).

### **Caracterización abiótica**

Se obtuvieron registros climáticos diarios, durante los 10 meses previos a los eventos de recolección de *M. spinolai*, para cada año en estudio, i.e., durante el periodo abril 2017 – enero 2018 (para insectos capturados el año 2018) y abril 2019 – enero 2020 (para insectos capturados el año 2020), incluyendo: temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación, proveídos por CONAF-Illapel (Centro Meteorológico Reserva Nacional Las Chinchillas).

### **Caracterización biótica**

Dado que la cantidad de potenciales presas de *M. spinolai* dependen de la vegetación, se evaluó la oferta ambiental asociada a la productividad primaria en el sitio de estudio, y se usó como proxy el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés). Este índice se obtuvo mediante el procesamiento de capas ráster correspondientes al mes de octubre (para cada año) en el software RStudio 1.4 1103 (RStudio Team, 2023) y QGIS 3.14.15 (con

GRASS 7.8.3) (QGIS Development Team, 2023), según el geoproceto que utiliza las bandas espectrales 4 y 8, las cuales corresponden a valores de rojo visible e infrarrojo cercano en imágenes del satélite Sentinel 2, respectivamente. Para la obtención de imágenes satelitales, se seleccionaron aquellas en las que el porcentaje de nubosidad fuera menor o igual al 20%, con el objetivo de reducir interferencias en el análisis de la vegetación (Pech-May, 2020). Posterior a la selección de imágenes, se utilizaron las bandas espectrales necesarias para la obtención del NDVI por colonia, dada la fórmula:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Donde NIR corresponde a la banda de Infrarrojo cercano (NIR, por sus siglas en inglés) y RED a la banda de rojo del espectro visible (Rouse y col., 1973). El cálculo de NDVI se realizó considerando un radio de ~30 m alrededor del punto georreferenciado como colonia (en ambos años, para las 6 colonias estudiadas), considerando que el ámbito de hogar de *M. spinolai* se extiende por, aproximadamente, 30 m (Botto-Mahan y col., 2005).

Adicionalmente, se determinaron las especies de vertebrados presentes en el sitio de estudio, asociados a las colonias de vinchucas e identificadas como posibles presas de *M. spinolai* (mamíferos, aves y reptiles) y/o potenciales reservorios de *T. cruzi* (mamíferos y reptiles). Para ello, se revisaron fotografías de cámaras trampa (Bushnell Nature View HD Max) instaladas en el sitio de estudio. Para ambos años se instaló una cámara trampa en las cercanías de las

colonias de *M. spinolai*, las cuales estuvieron activas desde julio del año previo a la captura (2017 y 2019, respectivamente) a enero del año de captura (2018 y 2020, respectivamente). Para determinar la abundancia de potenciales presas, se utilizaron todos los registros fotográficos captados en aquellos siete meses. Las especies de vertebrados fueron identificadas utilizando guías de mamíferos, aves y reptiles (Iriarte & Tartakowsky, 2010; Mella, 2017; Jaramillo, 2022). Con la información recopilada se calcularon abundancias y proporciones de cada grupo presente en las cercanías a las colonias de *M. spinolai* y también se determinó la similitud y diversidad asociada al sitio de estudio en cada año, utilizando el Índice de Jaccard (J) y el Índice de Shannon-Wiener (H), respectivamente. La comparación de similitud se realizó por metodología y por año, mientras que la diversidad (H) fue calculada sólo para registros de cámaras trampa.

Cabe mencionar que, para evitar sobreestimar la abundancia de las especies identificadas, se consideraron individuos diferentes, si los registros fotográficos estaban separados por mínimo una hora entre sí (San Juan y col., 2020).

### **Captura de ejemplares y estructura poblacional**

Se capturaron ejemplares de *M. spinolai* en dos años, durante enero de 2018 y febrero de 2020, en el sitio de estudio (**Figura 1C**). Se realizó captura manual, frente a las colonias de *M. spinolai*, recolectando todos los ejemplares que se acercaron en un periodo de una hora. Posteriormente, los triatomínos fueron almacenados en frascos individuales y llevados al laboratorio de campaña, donde fueron catalogados según su estadio de desarrollo (**Figura 2**), masados,

congelados y finalmente, trasladados al Laboratorio de Ecología de Interacciones en la Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Adicionalmente, se realizó un conteo de individuos para cada uno de los estadios para comparar la distribución de éstos obtenidas entre los años contrastantes, y evaluar diferencias en la estructura poblacional dadas por las distintas condiciones abióticas y bióticas.



**Figura 2.** Estadios de desarrollo de *M. spinolai*. De izquierda a derecha: estadios I, II, III, IV, V y V con primordios alares. Abajo adultos, de izquierda a derecha: hembra micróptera, y machos micróptero, braquíptero y macróptero.

### **Cálculo del Índice de Masa Corporal en ejemplares de *M. spinolai***

Todos los ejemplares de *M. spinolai* fueron fotografiados dorsalmente sobre papel milimetrado posterior a la captura y congelamiento. Las fotografías fueron utilizadas para obtener medidas corporales (largo total y ancho de abdomen), mediante el software Image J (Versión 1x; Schneider y col., 2012). Estas mediciones fueron necesarias para calcular el Índice de Masa Corporal (BMI, por sus siglas en inglés) de cada individuo, junto a la masa obtenida inmediatamente

posterior a la captura. El cálculo se realizó de acuerdo a la ecuación descrita por Peig & Green (2010):

$$BMI = \frac{M}{(L \times A) \times 10000}$$

Donde  $M$  corresponde a la masa obtenida posterior a la captura, en gramos,  $L$  es el largo total y  $A$  el ancho del abdomen, en milímetros.

Además, este valor fue estandarizado de acuerdo al estadio de desarrollo (sBMI), mediante la ecuación descrita por Yu & col. (2009):

$$sBMI = \frac{BMI - Vmin}{Vmax - Vmin}$$

Donde  $Vmin$  corresponde al valor de BMI mínimo para cada estadio en específico y  $Vmax$  al máximo valor. Los valores que puede tener este índice están entre 0 y 1.

### **Extracción de intestino y heces de *M. spinolai***

En un ambiente previamente esterilizado, se procedió a extraer el intestino de cada individuo capturado, obteniendo muestras del contenido intestinal y también del tejido de este órgano, mediante la compresión y apertura del abdomen. Se utilizaron antiparras de seguridad, guantes quirúrgicos, delantales desechables y una pantalla de acrílico como elementos de protección personal y también para evitar contaminación de las muestras con ADN humano. Adicionalmente, los

utensilios de laboratorio fueron esterilizados entre cada extracción (De Bona y col., 2023).

### **Extracción de ADN**

Alícuotas de cada muestra de intestino y contenido intestinal, de 25 mg como máximo, fueron mezcladas con 20  $\mu$ L de agua libre de nucleasas. Posteriormente, se extrajo el ADN de éstas, utilizando el kit de extracción MoBio UltraClean Tissue & Cells DNA Isolation Kit para el año 2018 y el 2020 se utilizó el kit de extracción DNeasy® Blood & Tissue Kit (QIAGEN, CA, USA). Adicionalmente, se aplicó un control interno de amplificación (IAC, por sus siglas en inglés) a las muestras, con la finalidad de evaluar la presencia de inhibidores. El IAC consistió en 100 pg de ADN de *Arabidopsis thaliana* (Duffy y col., 2009). Las muestras fueron centrifugadas durante 4 minutos a 17000  $\times$ g para secar la columna de centrifugado, siendo el volumen final de elución de 100  $\mu$ L.

Finalmente, las muestras fueron almacenadas a -20°C para posteriores análisis moleculares: determinación de infección con *T. cruzi* y dieta mediante NGS.

### **Determinación de infección con *T. cruzi***

El nivel de infección por *T. cruzi* en *M. spinolai* se determinó utilizando un QuantStudio® 3 RealTime PCR System (ThermoFisher, USA). Las muestras fueron analizadas en duplicado, utilizando 0,4  $\mu$ M de partidor de ADN satélite nuclear de *T. cruzi*: Cruzi 1 y Cruzi 2 (Piron y col., 2007), 1X HOT FIREPoI® EvaGreen® qPCR Mix Plus (Solis BioDyne, Tartu, Estonia) y 5  $\mu$ L de ADN

templado, constituyendo un volumen final de 20  $\mu$ L. Cada prueba incluyó dos cepas diferentes de *T. cruzi*: TCI y TCII como controles positivos y agua en lugar de ADN como control negativo.

Las condiciones del ciclo fueron de 15 minutos a 95°C, seguido por 50 ciclos a 95°C por 15 segundos, a 65°C por 20 segundos y a 72°C por 20 segundos, finalizando con una curva de fusión estándar. Para evaluar falsos negativos, se realizaron ensayos de PCR con IAC, utilizando partidores de IAC a una concentración de 0,4  $\mu$ M (Ramírez y col., 2015). En cuanto a las condiciones de PCR, fueron 12 minutos a 95°C seguidos de 40 ciclos a 95°C por 15 segundos, a 64°C por 15 segundos y a 72°C por 15 segundos, finalizando también con una curva de fusión estándar.

Se consideraron positivas las vinchucas cuando el IAC fue amplificado eficientemente y, además, el valor umbral del número de ciclos (Ct, por sus siglas en inglés) para *T. cruzi* fue menor a 42. Las muestras que tenían un valor de Ct mayor a 42 fueron sometidas a electroforesis, en busca de un amplicón de 166 pb (Piron y col., 2007).

### **Caracterización de la dieta de *M. spinolai***

La caracterización de la dieta de las vinchucas se realizó a partir de análisis de secuenciación de próxima generación (NGS). El análisis se realizó para 20 muestras del contenido intestinal elegidas aleatoriamente, en lo posible, 10 de individuos infectados y 10 de individuos no infectados: un pool para cada colonia, de cada año. Se realizó una prueba de diversidad utilizando bTEFAP® Illumina

20 k en Cyt-b de vertebrados. Las lecturas obtenidas —o número de *reads*— fueron filtradas utilizando Sickle 1.33 (<https://github.com/ucdavis-bioinformatics/sickle>), donde se removieron aquellas con menos de 200 pb o con una calidad inferior a QV20.

Se removieron las secuencias de adaptadores y partidores con CutAdapt 1.18 (Martin, 2011) y luego se generaron unidades taxonómicas operativas (OTUs, por sus siglas en inglés) utilizando vsearch v2.18.0 (Rognes y col., 2016), con una identidad de secuencia del 97%. Además, se eliminaron las OTUs con menos de 100 lecturas de abundancia (Estrada-Franco y col., 2020). Posteriormente, cada OTU se comparó con secuencias de Cyt b de la base de datos del NCBI, usando la herramienta Blastn, la cual está disponible en <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>. Finalmente, cada OTU se asignó a la especie correspondiente a la puntuación más alta obtenida de la comparación. Se definió como “puntaje más alto” sobre los 500 puntos para poder asignar la especie de vertebrado correspondiente, esto, considerando valores-E cercanos a 0 y sobre un 90% de identidad y cobertura de la secuencia. Para los “puntajes más altos” menores a 500, se asignó el nivel taxonómico más bajo posible.

### **Análisis estadísticos**

Los análisis estadísticos se ejecutaron en el software RStudio 1.4 1103 (RStudio Team, 2023) y QGIS 3.14.15 (QGIS Development Team, 2023).

Los factores ambientales, tales como temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación acumulada y NDVI, fueron comparados entre años mediante el análisis no paramétrico Kruskal Wallis, utilizando la función “kruskal.test”. En cuanto a las distribuciones de la estructura poblacional, estas se contrastaron utilizando la Prueba de Kolmogorov-Smirnov, con la función “ks.test”. Por otra parte, la abundancia, tanto el total de vinchucas capturadas cada año como el número de vinchucas por colonia, se contrastó mediante una Prueba de Kruskal Wallis.

Para la comparación de las variables en estudio: índice de masa corporal (sBMI), dieta y niveles de infección, entre los dos años contrastantes, los ejemplares fueron clasificados en tres grupos según estadio de desarrollo: Grupo 1: ninfas I y II; Grupo 2: ninfas III y IV y Grupo 3: ninfas V y adultos; clasificación basada en las diferencias que pueden existir entre las distintas etapas de desarrollo en cuanto a comportamiento, dieta e infección (Cortés y col., 2021; De Bona y col., 2023).

En cuanto a la comparación de los valores de sBMI, se procedió también con la Prueba de Kruskal Wallis, para los valores totales entre años, por grupo según estadio y también por colonia. Respecto a los niveles de infección con *T. cruzi*, estos se contrastaron mediante la Prueba de Chi-cuadrado (función “chisq.test”), entre años y según grupo de estadio, mientras que a nivel de colonia se utilizó una Prueba de Kruskal Wallis.

Finalmente, utilizando la función “glm” se crearon modelos lineales generalizados (GLM) para integrar todas las variables, tanto bióticas como abióticas, considerando una distribución de probabilidad de tipo quasipoisson para los datos de sBMI y una de tipo binomial para la variable niveles de infección.

## Resultados

### Caracterización abiótica y NDVI

Los resultados de las variables ambientales: T<sub>máx</sub>, T<sub>mín</sub>, Pp acum y NDVI, se muestran resumidos en la **Tabla 1**. Cabe mencionar que estas variables fueron utilizadas para caracterizar y diferenciar cada año en estudio, teniendo en cuenta que para el 2020, se registraron valores de Pp acum bajo lo normal en el sitio de estudio.

**Tabla 1.** Resultados de la comparación de variables ambientales entre años: T<sub>máx</sub> y T<sub>mín</sub> (mediana), Pp acum y NDVI (promedio), con la prueba de Kruskal-Wallis.

Variable	2018	2020	p-valor
T <sub>máx</sub> (°C)	21,4	25,4	< 0,001
T <sub>mín</sub> (°C)	6,4	3,4	< 0,001
Pp acum (mm)	203,2	17,2	N/A
NDVI	0,2167	0,0896	< 0,001

Las diferencias encontradas son altamente significativas en la temperatura entre años —T<sub>máx</sub> y T<sub>mín</sub>— ( $\chi^2 = 92,67$ ;  $\chi^2 = 159,11$ , respectivamente,  $p < 0,001$  en ambos casos). En cuanto a la Pp acum, esta variable no se sometió a análisis debido a que sólo existe un valor anual. Los valores de NDVI pueden ser visualizados en la **Tabla A1** del Anexo, los cuales difieren significativamente entre años, siendo mayores durante el 2018 ( $\chi^2 = 372,54$ ,  $p < 0,001$ ).

### Captura de ejemplares y estructura poblacional

En total, se capturaron 750 vinchucas: 215 individuos durante el 2018 y 535 individuos el 2020, provenientes de las mismas 6 colonias para ambos años (**Tabla 2**). Del total capturado, 715 fueron ninfas y 35 adultos. No obstante, 13

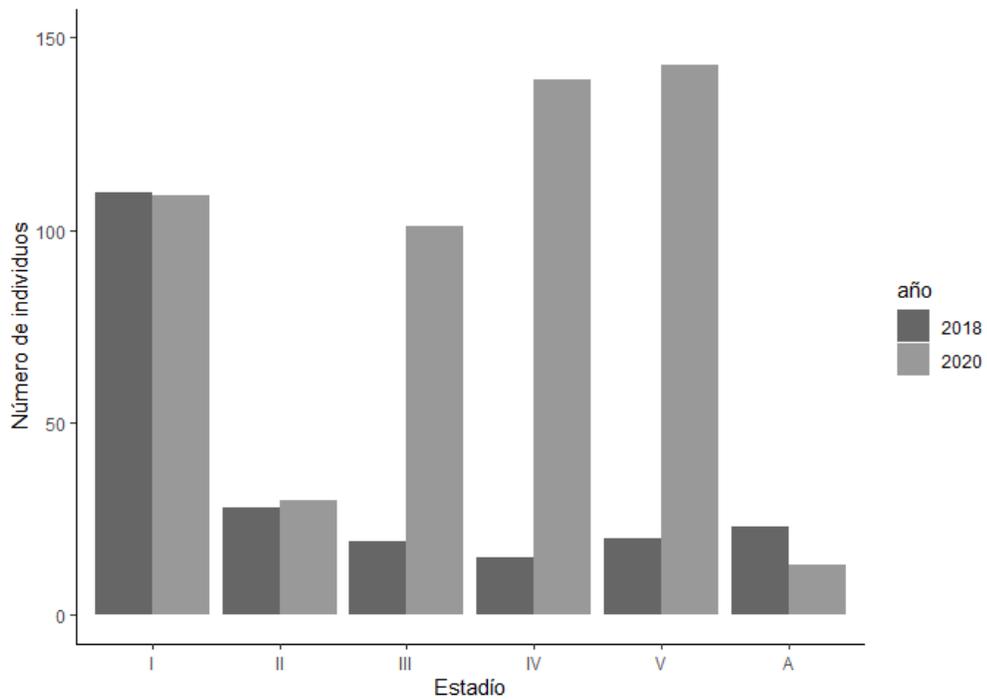
ninfas fueron eliminadas de los análisis estadísticos posteriores a este punto —4 del 2018 y 9 del 2020—, ya que no cumplían con los criterios para los análisis (e.g., no contar con fotografías aptas para las mediciones requeridas).

**Tabla 2.** Número total de vinchucas capturadas por colonia en cada año.

Colonias	N° vinchucas 2018	N° vinchucas 2020
Colonia 1	39	74
Colonia 2	36	88
Colonia 3	6	75
Colonia 4	37	61
Colonia 5	52	84
Colonia 6	45	153

Para el 2018, el mayor número de ejemplares se registró en el Grupo 1 (138 individuos), siendo el estadio I el más representado durante este año (110 individuos); mientras que, en el 2020, el estadio más representado fue el V, con un total de 143 individuos. En cuanto a grupo, en el 2020, el mayor número de ejemplares capturados se registró en el Grupo 2 (240 individuos), con un mayor número de ninfas III (101 individuos) (**Figura 3; Tabla A2, Anexo**).

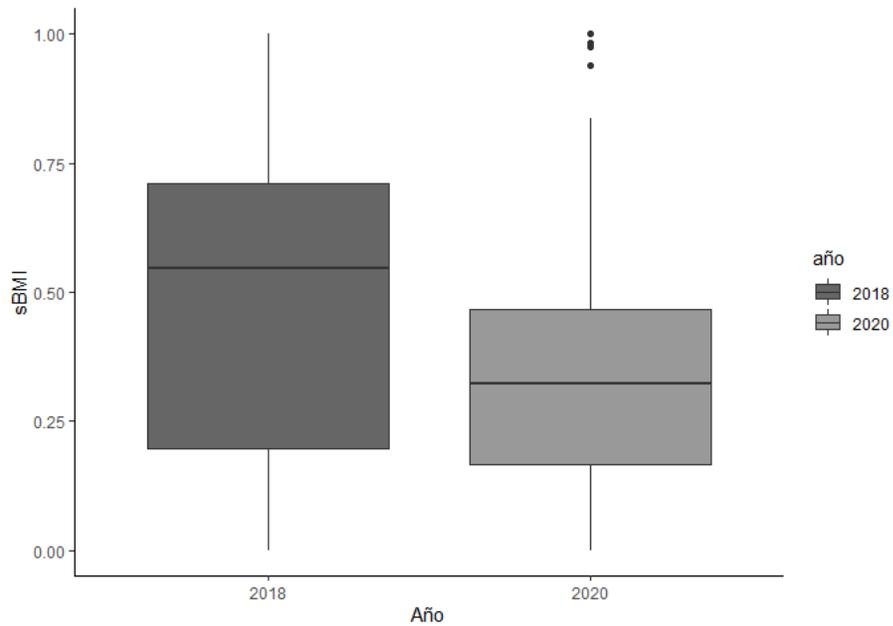
La abundancia de vinchucas fue significativamente mayor el 2020 respecto al 2018 para las seis colonias ( $\chi^2 = 8,308$ ,  $p = 0,004$ ), mientras que las estructuras etarias difirieron significativamente entre años, existiendo más individuos dentro de los estadios III, IV y V en el año 2020 ( $D = 0,382$ ,  $p < 0,001$ ).



**Figura 3.** Estructura poblacional de *M. spinolai*, con cada barra representando la cantidad de individuos capturados para cada año y estadio.

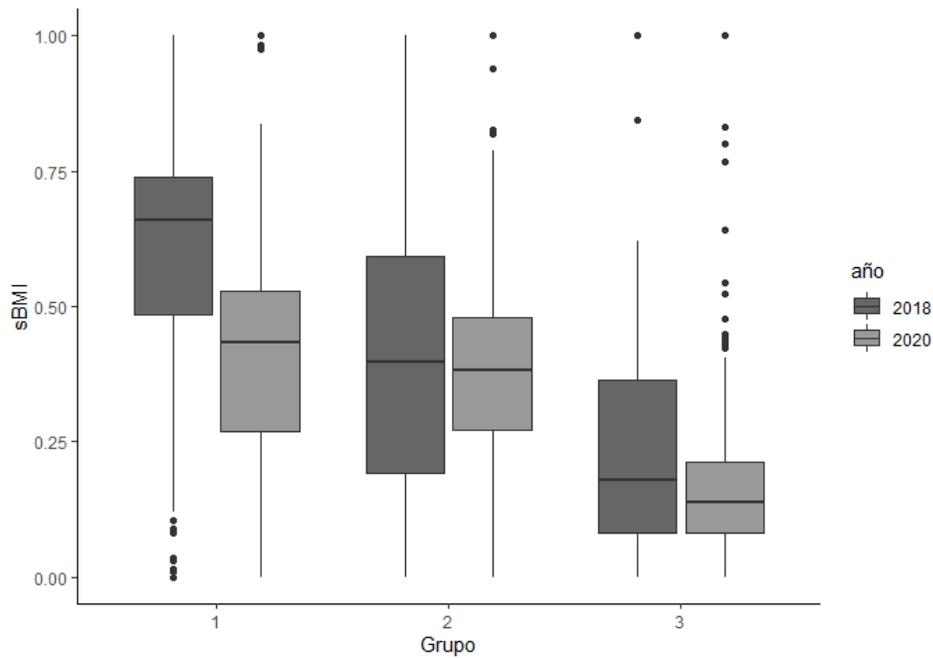
### Índice de Masa Corporal (sBMI)

Los valores de sBMI resultaron mayores en el 2018, tanto en el grupo completo de individuos analizados como por grupos según estadio. La mediana para este año fue de 0,545, mientras que para el 2020 fue de 0,322, detectándose diferencias significativas entre años ( $\chi^2 = 46,89$ ,  $p = 7,51 \times 10^{-12}$ ) (**Figura 4**).



**Figura 4.** Boxplot del Índice de Masa Corporal estandarizado (sBMI) de *M. spinolai*, entre los años contrastantes.

Por otra parte, sólo se detectaron diferencias significativas en el Grupo 1, según estadio de desarrollo (Grupo 1:  $\chi^2 = 43,01$  y  $p = 5,26 \times 10^{-11}$ ), no siendo así en los otros dos grupos (Grupo 2:  $\chi^2 = 0,0003$ ,  $p = 0,9851$ ; Grupo 3:  $\chi^2 = 1,5763$ ,  $p = 0,2093$ ) (**Figura 5**).



**Figura 5.** Comparación del Índice de Masa Corporal estandarizado (sBMI) de *M. spinolai* entre dos años contrastantes, por grupos según estadio. Grupo 1: estadios ninfales I y II; Grupo 2: estadios ninfales III y IV; Grupo 3: estadio ninfal V y adultos.

Por último, a nivel de colonia, hubo diferencias significativas en los sBMI entre los dos años contrastantes ( $\chi^2 = 5,026$ ;  $p = 0,025$ ).

**Tabla 3.** Mediana del sBMI por colonia de *M. spinolai* en cada año.

Colonia	sBMI 2018	sBMI 2020
Colonia 1	0,4007	0,2257
Colonia 2	0,6293	0,3428
Colonia 3	0,3199	0,3330
Colonia 4	0,7013	0,3768
Colonia 5	0,5151	0,3636
Colonia 6	0,5881	0,2713

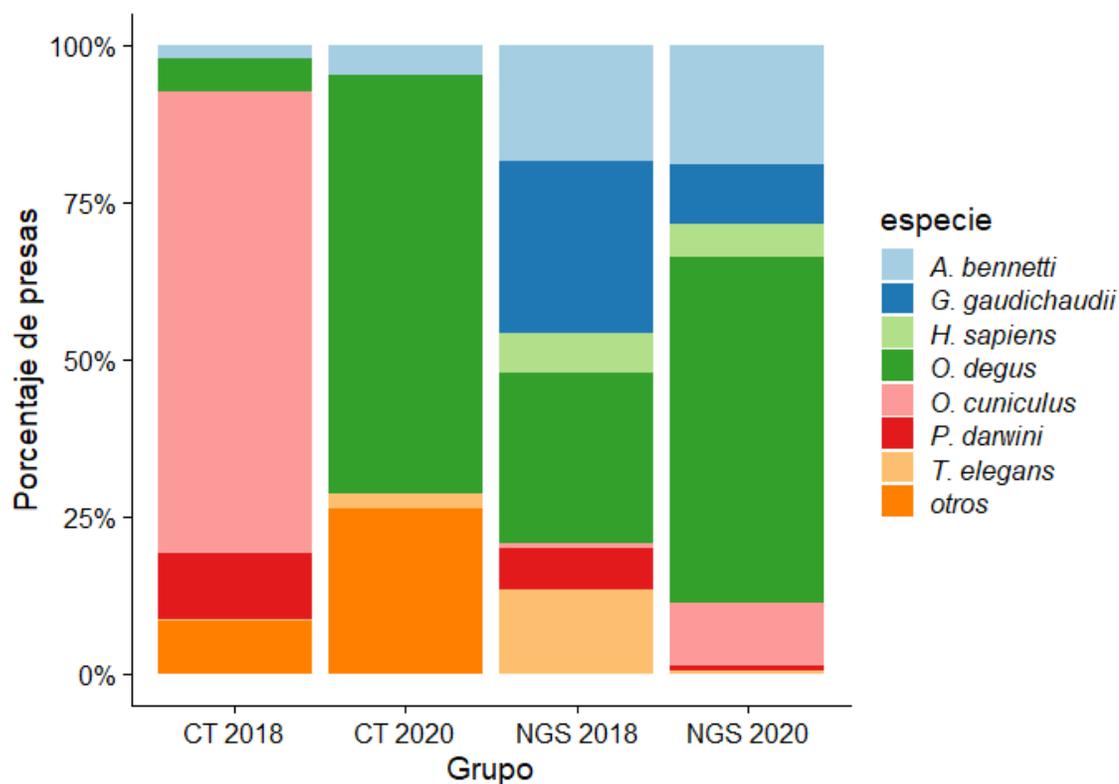
### Dieta y oferta ambiental de vertebrados

En los registros de cámaras trampa activadas durante 7 meses por año, fue posible identificar 18 especies de vertebrados como oferta ambiental para *M. spinolai* el año 2018 (7 mamíferos, 2 reptiles y 9 aves) y 16 especies para el 2020

(6 mamíferos, 5 reptiles y 5 aves) (**Tablas A3**, Anexo). De las especies identificadas, las más representadas fueron el Conejo europeo (*O. cuniculus*) (591 registros) en el 2018 y el Degú común (*O. degus*) (28 registros) en el 2020.

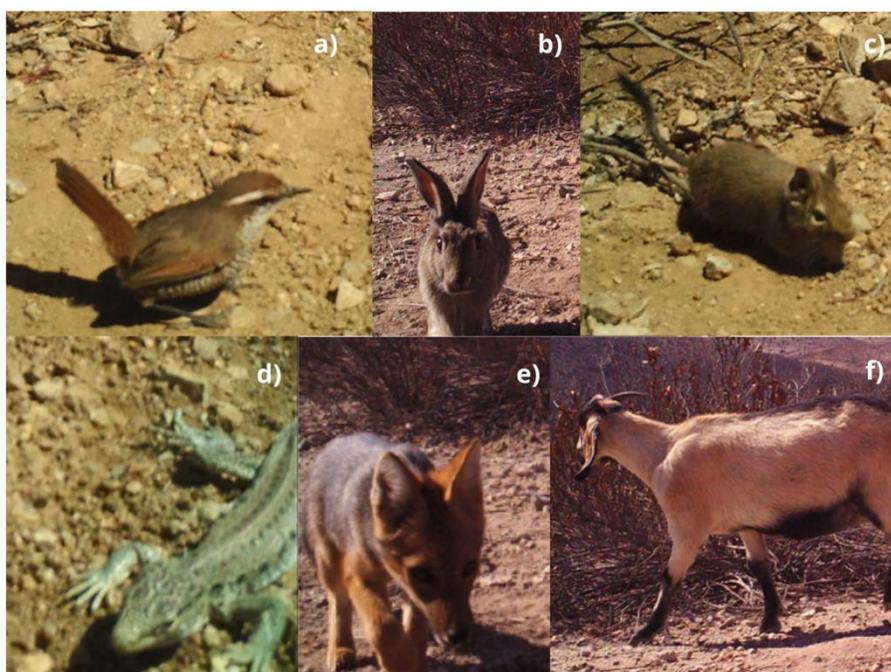
En contraste, del análisis de NGS se obtuvieron 8 especies de vertebrados en total para el año 2018, 6 mamíferos y 2 reptiles (**Tabla A4**, Anexo). No se encontraron especies de aves durante este año. Mientras que para el 2020, se registraron 11 especies de vertebrados, incluyendo 7 mamíferos, 2 reptiles y 2 aves (**Tabla A4**, Anexo). La especie más representada —mayor cantidad de *reads*— durante el 2018 fue la Salamaqueja del Norte Chico (*Garthia gaudichaudii*) y el 2020 fue el Degú común (*O. degus*).

A continuación, se muestran las especies más registradas mediante ambas metodologías, comparando entre años (**Figura 6**). Y, adicionalmente, en la **Figura 7** se muestran los registros fotográficos de especies captadas en ambos años.



**Figura 6.** Porcentajes de potenciales presas de *M. spinolai* obtenidas a través de registros de cámaras trampa (CT) y de presas reales obtenidas a través de análisis de dieta mediante NGS<sup>1</sup>, entre dos años contrastantes. Todas las especies listadas en la leyenda de la figura fueron detectadas mediante NGS, mientras que sólo *A. bennettii*, *O. degus*, *O. cuniculus*, *P. darwini* y *T. elegans* fueron detectadas mediante ambas metodologías. Por otra parte, “otros” incluye cinco especies que sólo fueron identificadas mediante el uso de cámaras trampa, pero no fueron parte de la dieta; especies que se identificaron en ambos años.

<sup>1</sup> Resultados de NGS corresponden a *reads*, lo que no es necesariamente equivalente a la abundancia de vertebrados presentes en la dieta, mas, sí corresponde a una aproximación para comparar la oferta ambiental y las presas de *M. spinolai*.



**Figura 7.** Registros fotográficos de la oferta ambiental de vertebrados detectados en ambos años. **a)** Tapaculo (*Scerlochilus albicollis*), **b)** Conejo europeo (*O. cuniculus*), **c)** Degú común (*O. degus*), **d)** Iguana chilena (*Callopistes maculatus*), **e)** Zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), **f)** Cabra (*Capra hircus*), esta última sólo presente en fotografías del año 2020.

Complementando lo anterior, los resultados de la estructura comunitaria para el sitio de estudio fueron los siguientes (**Tabla 4**):

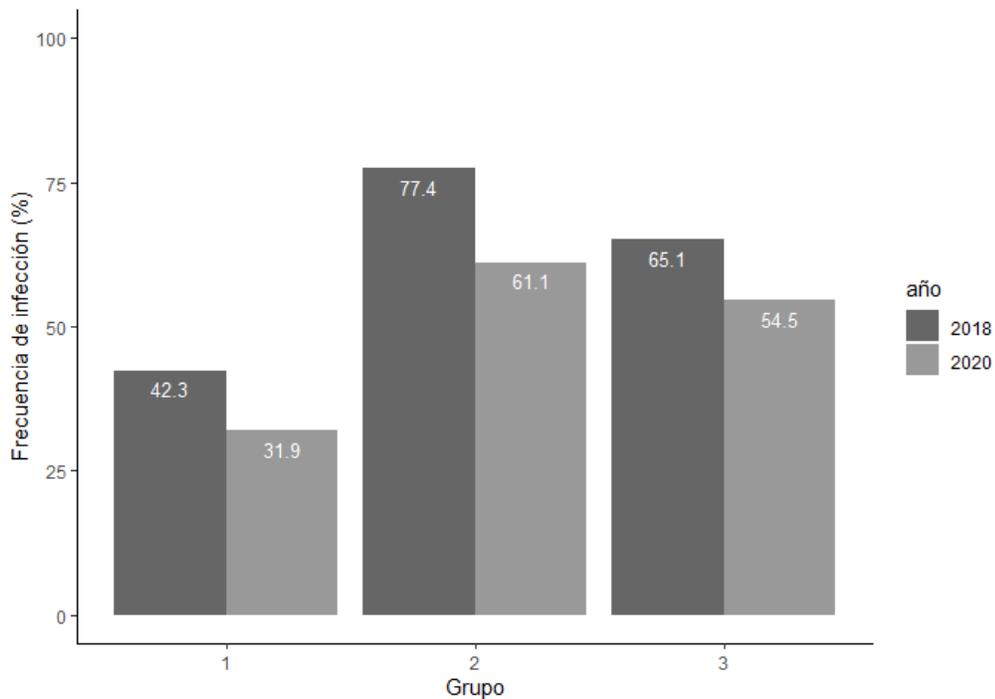
**Tabla 4.** Estructura comunitaria a través del índice de similitud de Jaccard (J), para ambas metodologías; y de la diversidad en el sitio de estudio en cada año contrastante mediante el Índice de Diversidad de Shannon-Wiever (H), solo para resultados de CT.

Índice	Comparación/ Metodología	Valor
J	<b>CT (2018 y 2020)</b>	43,48%
	<b>NGS (2018 y 2020)</b>	58,33%
	<b>CT y NGS 2018</b>	23,81%
	<b>CT y NGS 2020</b>	30,00%
H	<b>CT 2018</b>	0,5885
	<b>CT 2020</b>	0,8933

Existe una mayor similitud en la estructura comunitaria de las especies encontradas en la dieta de *M. spinolai*, entre ambos años (58,3%), que de las especies registradas por cámaras trampa (43,5%). En cuanto a la similitud entre especies detectadas por metodologías, la dieta fue más similar a la oferta ambiental en el 2020. Por otro lado, la diversidad (H) de vertebrados encontrados por cámaras trampa en el sitio de estudio fue mayor en el 2020 (**Tabla 4**).

### Niveles de infección con *T. cruzi*

No se detectaron diferencias significativas en la frecuencia de infección con *T. cruzi* entre los dos años contrastantes ( $\chi^2 = 0,005$ ;  $p = 0,945$ ). Tampoco se detectaron diferencias por grupo según estadio (Grupo 1:  $\chi^2 = 2,786$ ,  $p = 0,0958$ ; Grupo 2:  $\chi^2 = 2,463$ ,  $p = 0,117$ ; Grupo 3:  $\chi^2 = 1,131$ ,  $p = 0,288$ ) (**Figura 8**).



**Figura 8.** Comparación de la frecuencia de infección con *T. cruzi* en cada uno de los grupos (1: ninfas I y II; 2: ninfas III y IV; 3: ninfas V y adultos) entre los años contrastantes.

En ambos años, el grupo que presentó mayor frecuencia de infección fue el Grupo 2 —conformado por ninfas III y IV—, con un 77,4% el 2018 y 61,1% el 2020.

Del mismo modo, no se encontraron diferencias en la frecuencia de infección entre años a nivel de colonia ( $\chi^2= 5$ ;  $p = 0,416$ ). Los resultados por colonia se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Frecuencia de infección (FI) con *T. cruzi* de cada colonia de *M. spinolai*.

Colonia	FI 2018 (%)	FI 2020 (%)
Colonia 1	73,7	94,6
Colonia 2	65,7	37,3
Colonia 3	100,0	48,6
Colonia 4	47,2	25,0
Colonia 5	21,6	26,2
Colonia 6	55,6	64,2

### Modelo Lineal Generalizado (GLM)

Los siguientes dos modelos se generaron para evaluar el efecto del tipo de año (factor) y la abundancia de vinchucas por colonia sobre las variables respuesta sBMI (**Tabla 6**) y frecuencia de infección (**Tabla 7**).

**Tabla 6.** Modelo Lineal Generalizado (GLM) para la variable respuesta Índice de Masa Corporal Estandarizado (sBMI), utilizando las variables: Año y Abundancia.

Modelo				
sBMI = Intercepto + Año + Abundancia				
Variable	Estimador	Error estándar	t	p
Intercepto	-0,6337	0,0495	-12,805	< 0,001
Año (2018 vs 2020)	-0,2598	0,0640	-4,058	5,48 x10 <sup>-5</sup>
Abundancia	-0,0021	0,0008	-2,573	0,0103

Tanto el Año como la Abundancia mostraron un efecto significativo en las diferencias detectadas en el sBMI según las condiciones abióticas de cada año

contrastante ( $p = 5,48 \times 10^{-5}$  y  $p = 0,0103$ , respectivamente). En cuanto a la variable Año —la cual contiene sólo dos niveles: 2018 y 2020—, se detectó un decrecimiento del sBMI el 2020, en comparación al 2018, es decir, existió un efecto negativo sobre la variable respuesta. La Abundancia también se relacionó de forma negativa con ésta, es decir, a mayor abundancia de vinchucas en la colonia, menor fue el sBMI de los individuos.

**Tabla 7.** Modelo Lineal Generalizado (GLM) para la variable respuesta frecuencia de infección (FI), utilizando las variables: Año y Abundancia.

<b>Modelo</b>				
FI = Intercepto + Año + Abundancia				
<b>Variable</b>	<b>Estimador</b>	<b>Error estándar</b>	<b>z</b>	<b>p</b>
<i>Intercepto</i>	-0,1932	0,1772	-1,121	0,2622
<i>Año (2018 vs 2020)</i>	-0,4087	0,2162	-1,890	0,0587
<i>Abundancia</i>	0,0068	0,0025	2,696	0,0070

Por otra parte, la variable Año no tuvo un efecto significativo en la FI entre años, aun cuando la variable respuesta se vio disminuida el 2020 en comparación al 2018, este efecto negativo sobre la FI sólo fue marginalmente significativo ( $p = 0,059$ ). Respecto a la Abundancia, esta tuvo un efecto positivo y significativo ( $p = 0,007$ ) sobre la FI entre años contrastantes, es decir, a mayor abundancia en la colonia, mayor fue la FI en los individuos.

## Discusión

En este estudio se pretendía evaluar si la condición corporal, dieta y la frecuencia de infección con *T. cruzi* en individuos de *M. spinolai* cambiaba al comparar entre años con condiciones abióticas contrastantes. De acuerdo a lo esperado, se evidenciaron diferencias entre las variables abióticas — $T_{mín}$ ,  $T_{máx}$  y  $P_p$  acum— y bióticas —NDVI y oferta ambiental de vertebrados— lo que se tradujo en diferencias en la abundancia, estructura de edades, condición corporal (BMI) y la dieta de vinchucas evaluadas en los dos años estudiados.

Primeramente, los resultados de la comparación de los factores ambientales corroboran que fueron dos años significativamente diferentes en el sitio de estudio. Las diferencias encontradas en este estudio se condicen con los datos de monitoreo climático del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA): la precipitación acumulada en el sitio de estudio durante el trimestre más frío del 2017 fue sobre lo normal en la zona —209,1 mm acumulados en Illapel durante junio, julio y agosto—, las temperaturas se mantuvieron dentro de lo normal y no existieron anomalías climáticas importantes respecto al fenómeno de El Niño-Oscilación Sur (CEAZA, 2017). Mientras que el 2019 se catalogó como uno de los años más secos en los últimos 40 años en la Región de Coquimbo, debido a la escasa precipitación acumulada durante los meses de invierno, además de temperaturas por sobre lo normal (CEAZA, 2019). Estas claras diferencias se reflejaron también en el estado de la vegetación presente en el

sitio: a mayor precipitación, mayor abundancia de vegetación, como se corroboró con los resultados obtenidos del NDVI, con valores significativamente más altos el año 2018.

Tanto las temperaturas registradas, los regímenes de precipitación y los valores del NDVI de los dos años a comparar, tuvieron como finalidad caracterizar las condiciones abióticas contrastantes y relacionar estos factores ambientales con las variables que se discuten a continuación.

### **Estructura poblacional de *M. spinolai***

En primera instancia, el hecho de que la captura de triatomíneos tuvo mayor éxito en 2020, respecto al esfuerzo de muestreo, puede estar relacionado con una disminución de la oferta ambiental de vertebrados comparada con la oferta del 2018, existiendo menor oportunidad de forrajeo y mayores signos de inanición; por lo que es importante considerar que, en comparación, estos insectos estuviesen más alerta ante la presencia de un hospedero humano y una potencial oportunidad de alimentación (Botto-Mahan y col., 2015). La aproximación de vinchucas a humanos está relacionada tanto con su estado nutricional como con su estatus de infección con *T. cruzi*; según Estay-Olea y col. (2020) las vinchucas infectadas y con un índice de masa corporal más alto, son las que se aproximan primero a hospederos humanos, mientras que aquellas no infectadas no evidencian este comportamiento respecto a la condición corporal. Lo anterior pudo provocar un mayor número de vinchucas capturadas el 2020. En contraste, la estructura poblacional de las vinchucas capturadas en el 2018, coincide con

los hallazgos de Cattán y col. (2002), donde existió una mayor abundancia de ninfas I capturadas en meses de verano, en un ambiente silvestre de características similares al sitio de estudio de esta investigación y, además, tras un periodo de anomalías climáticas asociadas a El Niño-Oscilación Sur (Avaria y col., 2004). En dicho estudio, la abundancia de estas vinchucas se atribuyó a mayor actividad reproductiva durante la primavera y el mismo verano de captura. El hecho que, durante el 2018 la mayor abundancia de *M. spinolai* se haya concentrado en el estadio I, puede relacionarse directamente con la mayor disponibilidad de hospederos y, por tanto, mejor condición nutricional, que puede tener como consecuencia una mayor fecundidad en adultos y mayor producción de huevos (Catalá, 1989; Jurberg & Galvão, 2006). De esta forma, tiene sentido que durante el 2020 existiera mayor abundancia de estadios más tardíos, y no así de ninfas I y II, dado que la productividad primaria fue menor y, por tanto, las presas disponibles también. Adicionalmente, se ha descrito que las ninfas de estadios IV y V de diversas especies de triatominos, son más resistentes a periodos prolongados de ayuno (Galvão y col., 1996; Jurberg & Costa, 1989a,b), coincidiendo con los resultados de la estructura poblacional del año 2020.

**Efecto de los factores ambientales sobre el sBMI, dieta, oferta ambiental, abundancia de vinchucas e infección con *T. cruzi***

Los resultados obtenidos en la comparación del sBMI sugieren un efecto de los factores ambientales estudiados sobre la condición corporal entre años. Esto puede explicarse mediante lo planteado por Estay-Olea y col. (2020), en cuyo

estudio se concluyó que el índice de masa corporal es un indicador del estado nutricional de la vinchuca, lo que a su vez y de acuerdo a los hallazgos de la presente investigación, puede relacionarse con la cantidad de precipitación acumulada: la precipitación determina la oferta ambiental disponible para la alimentación de *M. spinolai*, mediante la relación positiva entre este factor ambiental, cobertura vegetal y riqueza de vertebrados presentes (Kelt y col., 2004; Muñoz y col., 2009; Stein y col., 2014). La vegetación constituye un refugio, alimento y un microhábitat con condiciones abióticas más estables, lo que permite mayores tasas de crecimiento de vertebrados asociados a éstas, como roedores silvestres que utilizan especies arbustivas como refugio (San Juan y col., 2020). Dado lo anterior, es concordante con lo planteado que la oferta ambiental de vertebrados haya sido más abundante el 2018, año caracterizado por una mayor cantidad de precipitación acumulada y mayor cobertura vegetal (y valores más altos de NDVI). Por tanto, existió más alimento disponible para las vinchucas y tuvieron un mejor estado nutricional el 2018 en comparación con el año 2020. Asimismo, la temperatura media del trimestre más cálido, la precipitación anual, la cobertura vegetal y la disponibilidad de hospederos también se relaciona de forma positiva con la abundancia de triatominos (San Juan y col., 2020); y, a su vez, la abundancia de vinchucas se relacionó negativamente con el sBMI. Lo anterior podría sugerir la existencia de una denso-regulación como efecto de competencia por el recurso de alimentación, como lo planteó Schofield (1978) en un estudio de densidad poblacional en *Triatoma infestans*, donde el alimento como recurso limitante moduló el número de individuos de una población

mediante una tasa reproductiva más baja en respuesta a menos disponibilidad de este recurso. Del mismo modo, en *M. spinolai*, se ha reportado que la abundancia también tiene un efecto sobre la tasa de mortalidad de las vinchucas, pudiendo afectar, además, su tasa reproductiva y tiempo de desarrollo entre estadios (Ehrenfeld y col., 1998).

Por otra parte, si bien la oferta ambiental de vertebrados fue más abundante en el 2018, esta fue más diversa el 2020. Este resultado puede explicarse debido a la aparición de especies no registradas el 2018 —específicamente del género *Liolaemus*—, las cuales no dependen tan estrechamente de la vegetación como refugio y alimentación. Dado lo anterior, la aparición de estas especies de lagartijas no se vio afectada por la disminución de cobertura vegetal, y sí se vieron favorecidas por temperaturas más cálidas, detectadas el 2020 (Pincheira-Donoso & Núñez, 2005).

Respecto a la dieta en comparación a la oferta ambiental, el 2018, *G. gaudichaudii* fue identificada como una de las principales fuentes de alimento de *M. spinolai*, junto a *O. degus*, sin embargo, no hubo registros fotográficos de este gecko en el sitio. Esto se corresponde con los hallazgos de De Bona y col. (2023) en la Reserva Nacional Las Chinchillas, donde la especie se registró mediante NGS, pero no en registros de cámaras trampa, lo que puede explicarse por las limitaciones de esta última metodología, tales como el tamaño de los vertebrados a identificar y que exista una menor probabilidad de registrar ciertas especies por sus patrones de actividad y/o comportamiento (e.g., actividad nocturna de *G.*

*gaudichaudii*) (Fontúrbel y col., 2020). Otro caso interesante es el de *L. culpaeus*, el cual estuvo representado en la oferta ambiental pero no en la dieta de *M. spinolai*. Otras especies detectadas fueron *Abrocoma bennettii*, *P. darwini*, *Thylamys elegans* y *O. cuniculus*. Si bien estos vertebrados fueron identificados tanto por NGS como por cámaras trampa, las proporciones difieren entre metodologías. Por ejemplo, *O. cuniculus* fue la especie más abundante de la oferta ambiental el 2018, sin embargo, no fue así en la dieta, sugiriendo que, a pesar del carácter generalista de *M. spinolai* (Saavedra y col., 2022), existen otros factores que influyen en este análisis, como las limitaciones del uso de cámaras trampa mencionadas. Sobre *O. cuniculus* y *L. culpeus*, la baja o nula representación en la dieta de esta vinchuca puede deberse a la capacidad restringida de dispersión de *M. spinolai* en comparación a estos hospederos y/o también a un impedimento de accesibilidad a los vasos sanguíneos de estas especies, ya sea por la densidad o el largo del pelaje (De Bona y col., 2023). La composición comunitaria, tanto en la dieta como en la oferta ambiental del 2018, se condice con lo esperado en condiciones climáticas naturales dentro de lo normal descrito para la zona, con una alta representación de mamíferos silvestres, como los roedores *O. degus*, *A. bennettii* y *P. darwini* (CONAF, 1996). No obstante, otro hallazgo interesante es la presencia de *Homo sapiens* mediante NGS en esta zona silvestre, no siendo así mediante cámaras trampa, por lo que es necesario determinar la frecuencia de personas que transitan por las áreas prospectadas y/o determinar la cercanía a asentamientos humanos en las vecindades que puedan explicar este hecho. Como se mencionó anteriormente,

similar es el caso de *G. gaudichaudii*, que, si bien se ha descrito la presencia de reptiles en la dieta de *M. spinolai* anteriormente (Sagua y col., 2000), esta especie no está oficialmente documentada en la Reserva (CONAF, 1996). Ambos son casos para estudiar a futuro.

En contraste, durante el 2020, la principal fuente de alimento registrada por NGS fue *O. degus*, especie que también fue la más abundante de la oferta ambiental. Este año, la proporción de *O. degus* aumentó, representando el 40% de registros en la oferta ambiental, frente a otras especies que tuvieron nula o baja presencia respecto al 2018. *O. cuniculus* redujo considerablemente su presencia en los registros de cámaras trampa, aun cuando se evidenció un leve aumento en la proporción de esta especie representada en la dieta. Respecto a la oferta ambiental, puede estar relacionado con la dependencia tanto de alimentación como de refugio de *O. cuniculus* con la vegetación, sobre todo arbustiva (Rogers & Myers, 1979; Palomares & Delibes, 1997); la disminución de la cobertura vegetal ocurrida en el 2020 pudo haber disminuido la abundancia poblacional de esta especie, sin embargo, no se puede descartar, además, el efecto de las limitaciones propias de utilizar las cámaras trampa, como se discutió previamente. En cuanto a la dieta de *M. spinolai*, esto podría deberse a la reducción de la abundancia poblacional de otras potenciales presas —e.g., *P. darwini* con 0 registros— durante el 2020.

Asociado a lo discutido anteriormente, si bien las condiciones climáticas no afectaron significativamente la frecuencia de infección con *T. cruzi* entre años ni

entre grupos según estadio, se detectó una tendencia a un mayor porcentaje de vinchucas infectadas en el 2018 (**Tabla 7**). Tal como lo plantean Botto-Mahan y col. (2010), los niveles de infección durante el 2018 pueden deberse a un efecto tardío del fenómeno de El Niño-Oscilación Sur sobre la abundancia de vertebrados presentes en la zona y sobre el ciclo silvestre de infección con *T. cruzi*, ya que el último gran evento registrado de este fenómeno ocurrió durante el 2016 (CEAZA, 2016). Se ha descrito que durante eventos de El Niño-Oscilación Sur aumenta la tasa reproductiva de mamíferos, por condiciones climáticas más favorables (e.g., mayor disponibilidad de agua y cobertura vegetal; Gutiérrez y col., 2010; Meserve y col., 2016), y, por ende, existe una mayor probabilidad de que las vinchucas piquen e infecten a las crías, las cuales son más indefensas (principalmente especies altriciales) y accesibles que los adultos. Esto tiene como consecuencia un incremento en la frecuencia de infección dentro de la población del hospedero (Kessing y col., 2006), aumentando también los niveles de infección con *T. cruzi* en el vector. A diferencia de 2018, los resultados de frecuencia de infección durante el 2020 podrían deberse a la menor oferta ambiental dada la baja precipitación en el sitio de estudio, como se planteó con anterioridad. Una menor oferta de vertebrados significa menos reservorios para *T. cruzi* y una menor probabilidad de que la vinchuca adquiera el parásito, especialmente considerando que los mamíferos infectados muestran mayor mortalidad en años con condiciones climáticas extremadamente adversas (Previtali y col., 2010). En esta misma línea, la proporción de infectados en el grupo de ninfas I-II, para ambos años, fue menos

del 50%, una proporción baja en comparación a los grupos de ninfas III-IV y ninfa V-adulto. Debido a que las vinchucas adquieren el parásito —mayoritariamente— ingiriendo sangre de mamíferos infectados (García y col., 2010), existe una probabilidad acumulada de infección con la edad, por lo que tiene sentido que esta proporción haya resultado mayor en estadios más avanzados, no obstante, no se puede descartar que lo anterior se deba, además, a una mayor mortalidad de estadios menores asociada a la infección con *T. cruzi* (Botto-Mahan 2009). Adicionalmente, también es posible relacionar una menor frecuencia de infección con el comportamiento propio del parásito protozoo y la dinámica parásito-vector que se da cuando la vinchuca ha estado en ayuno prolongado (Egaña y col., 2014). Es posible que existan falsos negativos si la extracción de intestino y su correspondiente contenido —descrito en la metodología del presente trabajo— no era completa, esto, debido a que el parásito se moviliza a la parte superior del tracto digestivo de *M. spinolai*. Además, en triatominos en condiciones de ayuno prolongado se ha descrito una mortalidad de hasta un 95% de los protozoos, dada la escasez de nutrientes tanto para la vinchuca como para el parásito. De esta forma, la baja carga parasitaria disminuye la probabilidad de detección de *T. cruzi* (Kollien & Schaub, 2000).

Por otra parte, el resultado de la relación positiva entre la abundancia de *M. spinolai* a nivel colonia y la frecuencia de infección con *T. cruzi*, podría explicarse mediante las conductas de cleptohematofagia y coprofagia, ambas descritas para distintas especies de triatominos, *M. spinolai* incluida (Garrido y col., 2021). El

primer caso podría ocurrir cuando la oferta ambiental es escasa, siendo una conducta desarrollada principalmente en las ninfas (Cazorla-Perfetti, 2016). De este modo, podría aumentar la probabilidad de infección en las ninfas de la colonia.

Los resultados de esta investigación entregan una aproximación a los efectos que tienen las variaciones climáticas sobre la ecología del vector *M. spinolai*, tópico que es de suma importancia dado el contexto climático y epidemiológico actual, por lo que es necesario realizar futuros estudios en esta línea. Si bien este trabajo aportó con integrar factores bióticos y abióticos en la dinámica vector-hospedero mediante la evaluación de variables que son parte del ciclo de transmisión de *T. cruzi*, es necesario profundizar en los resultados obtenidos y realizar futuros estudios en otras estaciones del año, en una mayor escala temporal y/o incluyendo años con precipitación anual acumulada por sobre lo normal en el sitio de estudio. Dado que se han reportado cada vez con más frecuencia avistamientos de vinchucas silvestres en zonas domiciliarias y peridomiciliarias, sería relevante realizar un estudio similar, el cual integre factores ambientales, con el objetivo de determinar zonas de mayor riesgo epidemiológico para la población más expuesta a la presencia de *M. spinolai*.

## Conclusiones

- La condición corporal (BMI) de *M. spinolai* disminuyó en condiciones de sequía por escasez de lluvias.
- La abundancia de vinchucas se asoció negativamente con la condición corporal de éstas.
- La estructura comunitaria de la oferta ambiental para *M. spinolai* cambió en condiciones de sequía, disminuyendo la abundancia de especies asociadas estrechamente a la cobertura vegetal, como *O. cuniculus*.
- *O. degus* cumplió un rol importante en la mantención de las colonias de *M. spinolai* durante el 2020.
- La frecuencia de infección con *T. cruzi* en *M. spinolai* tendió a disminuir en condiciones de déficit de precipitación.
- La abundancia de vinchucas se asoció positivamente con la frecuencia de infección con *T. cruzi*.
- Las condiciones ambientales presentes en sequía mostraron un efecto sobre la condición corporal y dieta.

## Bibliografía

- Arias-Giraldo, L.M., Muñoz, M., Hernández, C., Herrera, G., Velásquez-Ortiz, N., CantilloBarraza, O., Urbano, P., Cuervo, A.M., Ramírez, J.D. 2020. Identification of bloodfeeding sources in *Panstrongylus*, *Psammolestes*, *Rhodnius* and *Triatoma* using ampliconbased next-generation sequencing. *Parasit. Vectors*. **13**: 434.
- Avaria, S., Carrasco, J., Rutillant, J., Yáñez, E. 2004. El Niño-La Niña 1997-2000. Sus efectos en Chile. CONA. 13-27.
- Bacigalupo, A., Segura, J.A., García, A., Hidalgo, J., Galuppo, S., Cattán, P.E. 2006. Primer hallazgo de vectores de la enfermedad de Chagas asociados a matorrales silvestres en la Región Metropolitana, Chile. *Rev. Méd. Chile*. **134**: 1230-1236.
- Baede, A., Ahlonsou, E., Ding, Y., Schimel, D. 2001. The Climate System: an Overview. *En* Cambridge University Press, *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. pp 85-198. University Press, New York.
- 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 Trop*. **95**: 160-163.
- Botto-Mahan, C. 2009. *Trypanosoma cruzi* induces life-history trait changes in the wild kissing bug *Mepraia spinolai*: implications for parasite transmission. *Vector Borne Zoonot. Dis*. **9**: 505-510.
- Botto-Mahan, C., Acuña-Retamar, M., Campos, R., Cattán, P.E., Solari, A. 2009. European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) are naturally infected with different *Trypanosoma cruzi* genotypes. *Am. J. Med. Hyg*. **80**: 944-946.
- Botto-Mahan, C., Bacigalupo, A., Correa, J., Fontúrbel, F., Cattán, P., Solari, A. 2020. Prevalence, infected density or individual probability of infection? Assessing vector infection risk in the wild transmission of Chagas disease. *Proc. Royal Soc. B: B-BIOL SCI*. **287**(1922).
- Botto-Mahan, C., Campos, R., Acuna-Retamar, M., Coronado, X., Cattán, P., Solari, A. 2010. Temporal variation of *Trypanosoma cruzi* infection in native mammals in Chile. *Vector Borne Zoonot. Dis*. **10**: 317-319.
- Botto-Mahan, C., Correa, J. P., Araya-Donoso, R., Farías, F., Quiroga, N., San Juan, E., Campos-Soto, R., Reyes-Olivares, C., González-Acuña, D. 2022. Lizards as silent hosts of *Trypanosoma cruzi*. *Emerg. Infect. Dis*. **28**: 1250-1253.
- Botto-Mahan, C., Correa, J., Bacigalupo, A., Campos-Soto, R., Cattán, P., Solari, A. 2015. Ecología de los triatominos silvestres endémicos de Chile. *Rev. Lat. Parasitol*. **64**: 12-19.

- Botto-Mahan, C., Ortiz, S., Rozas, M., Cattan, P., Solari, A. 2005. DNA evidence of *Trypanosoma cruzi* en the Chilean wild vector *Mepraia spinolai* (Hemiptera: Reduviidae). Mem. Inst. Oswaldo Cruz. **100**: 237-239.
- Canals, M., Cruzat, L., Molina, M., Ferreira, A., Cattan, P. 2001. Blood host sources of *Mepraia spinolai* (Heteroptera: Reduviidae), wild vector of Chagas disease in Chile. J. Med. Entomol. **38**: 303-307.
- Canals, M., Ehrenfeld, M., Solis, R., Cruzat, L., Pinochet, A., Tapia, C., Cattan, P. 1998. Biología comparada de *Mepraia spinolai* en condiciones de laboratorio y terreno: cinco años de estudio. Parasitol. día. **22**: 72-78.
- Catalá, S. 1989. Relaciones entre el consumo de sangre y ovogénesis en *Triatoma infestans* (Klug, 1834). Chagas **5**: 3-10.
- Cattan, P., Pinochet, A., Botto-Mahan, C., Acuña, M., Canals, M. 2002. Abundance of *Mepraia spinolai* in a Periurban Zone of Chile. Mem. Inst. Oswaldo Cruz **97**: 285-287.
- Cazorla-Perfetti, D. 2016. Revision of the vector of Chagas disease in Venezuela (Hemiptera-Heteroptera, Reduviidae, Triatominae). Saber **28**: 387-470.
- CEAZA - Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas. 2016. Boletín Climático CEAZA Región de Coquimbo Diciembre 2016. La Serena: Gobierno Regional Región de Coquimbo.
- CEAZA - Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas. 2017. Boletín Climático CEAZA Región de Coquimbo Septiembre 2017. La Serena: Gobierno Regional Región de Coquimbo.
- CEAZA - Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas. 2019. Boletín climático CEAZA Región de Coquimbo Septiembre 2019. La Serena: Gobierno Regional Región de Coquimbo.
- Chacón, F., Bacigalupo, A., Quiroga, J., Ferreira, A., Cattan, P.E., Ramírez-Tolosa, G. 2016. Feeding profile of *Mepraia spinolai*, a sylvatic vector of Chagas disease in Chile. Acta Trop. **162**: 171-173.
- Cheke, R., Basáñez, M., Perry, M., White, M., Garms, R., Obuobie, E., Lamberton, P.H., Young, S., Osei-Atweneboana, M.Y., Intsiful, J., Shen, M., Boakye, D.A., Wilson, M.D. 2015. Potencial effects of warmer worms and vectors on onchocerciasis transmission in West Africa. Philos. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci. **370**: 1-14.
- CONAF - Corporación Nacional Forestal. 1996. Plan de Manejo Reserva Nacional Las Chinchillas. Coquimbo, Chile: Unidad de Gestión Patrimonio Silvestre.  
[https://www.conaf.cl/wp-content/files\\_mf/1382467930RNCinchillas.pdf](https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1382467930RNCinchillas.pdf)

Cortés, V., Cruz, A., Onetti, S., Kinzel, D., Garcia, J., Ortiz, S., Lopez, A., Cattán, P.E., Botto-Mahan, C., Solari, A. 2021. *Trypanosoma cruzi* infection follow-up in a sylvatic vector of Chagas disease: Comparing early and late stage nymphs. PLoS Negl. Trop. Dis. **15**: e0009729.

CR2 - Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia. 2015. Report to the Nation: The Central Chile Mega-Drought. Technical report from the Center for Climate and Resilience Research. Santiago de Chile.

De Bona, S., Correa, J. P., San Juan, E., Estay-Olea, D., Quiroga, N., Bacigalupo, A., Araya-Donoso, R., Botto-Mahan, C. 2023. Opportunistic or selective? Stage-dependent feeding behavior in a wild vector of Chagas disease. Int. J. Parasitol. **53**: 55-64.

Di Castri, F., Hajek, E. 1976. Bioclimatología De Chile. Ediciones de la Universidad Católica.

Duffy, T., Bisio, M., Altcheh, J., Burgos, J., Diez, M., Levin, M.J., Favaloro, R.R., Freilij, H., Schijman, A. 2009. Accurate real-time PCR strategy for monitoring bloodstream parasitic loads in Chagas disease patients. PLoS Negl. Trop. Dis. **3**: e419.

Egaña, C., Vergara, F., Campos, R., Ortiz, S., Botto-Mahan, C., Solari, A. 2014. *Trypanosoma cruzi* infection in *Mepraia gajardo* and *Mepraia spinolai*: the effect of feeding nymphs from the field. Am. J. Trop. Med. Hyg. **91**: 534-536.

Ehrenfeld, M., Canals, M., Cattán, P. 1998. Population parameters of *Triatoma spinolai* (Heteroptera: Reduviidae) under different environmental conditions and densities. J. Med. Entomol. **35**: 740-744.

Estay-Olea, D., Correa, J. P., de Bona, S., Bacigalupo, A., Quiroga, N., San Juan, E., Solari, A., Botto-Mahan, C. 2020. *Trypanosoma cruzi* could affect wild triatomine approaching behaviour to humans by altering vector nutritional status: A field test. Acta Trop. **210**: 105574.

Estrada-Franco, J., Fernández-Santos, N., Adebisi, A., López-López, M., Aguilar-Durán, J., Hernández-Triana, L.M., Prosser, S.W.J., Hebert, P.D.N., Fooks, A.R., Hamer, G.L., Xue, L., Rodríguez-Pérez, M.A. 2020. Vertebrate-*Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera)-arbovirus transmission networks: Non-human feeding revealed by meta-barcoding and next-generation sequencing. PLoS Negl. Trop. Dis. **14**: e0008867.

Fontúrbel, F., Rodríguez-Gómez, G., Fernández, N., García, B., Orellana, J., Castaño-Villa, G. 2020. Sampling understory birds in different habitat types using point counts and camera traps. Ecol. Indic. **119**: 106863.

Fresquet, N., Lazzari, C. 2011. Response to heat in *Rhodnius prolixus*: the role of the thermal background. J. Insect Physiol. **10**: 1446-1449.

Frías, D., Henry, A., González, C. 1998. *M. gajardoi*: a new species of Triatominae (Hemiptera:Reduviidae) from Chile and its comparison with *Mepraia spinolai*. Rev. Chil. Hist. Nat. **71**: 177-188.

Frías-Lasserte, D. 2010. A new species and karyotype variation in the bordering distribution of *Mepraia spinolai* (Porter) and *Mepraia gajardoi* Frías et al. (Hemiptera:Reduviidae:Triatominae). Neotrop. Entomol. **39**: 572-583.

Galvão, C., Jurberg, J., Lent, H. 1996. Resistência ao jejum de *Triatoma nitida* Usinger 1939 em laboratório (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). Mem. Inst. Oswaldo Cruz **91**: 639-640.

Garcia, E., Genta, F., de Azambuja, P., Schaub, G. 2010. Interactions between intestinal compounds of triatomines and *Trypanosoma cruzi*. Trends Parasitol. **26**: 499-505.

Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. H., Veloso-Águila, D. 2019. The Central Chile Mega Drought (2010-2018): A climate dynamics perspective. Int. J. Climatol. **40**: 421-439.

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*. Ecol. Entomol. **46**: 681-683.

Garrido, R., Bacigalupo, A., Peña-Gómez, F., Bustamante, R., Cattán, P., Gorla, D., Botto-Mahan, C. 2019. Potential impact of climate change on the geographical distribution of two wild vectors of Chagas disease in Chile: *Mepraia spinolai* and *Mepraia gajardoi*. Parasit. Vectors. **12**: 478.

Githeko, A., Lindsay, S., Confalonieri, U., Patz, J. 2000. Climate change and vector borne-diseases: a regional analysis. Bull. World Health Organ. **78**: 1136-1147.

Gutiérrez, J.R., Meserve, P.L., Kelt, D.A., Engilis, A. Jr., Previtali, M.A., Milstead, W.B., Jaksic, F.M. 2010. Long-term research in Bosque Fray Jorge National Park: Twenty years studying the role of biotic and abiotic factors in a Chilean semiarid scrubland. Rev. Chil. Hist. Nat. **83**: 69-98.

Hotez, P., Molyneux, D., Fenwick, A., Kumaresan, J., Sachs, S., Sachs, J., Savioli, L. 2007. Control of neglected tropical diseases. N. Engl. J. Med. **357**: 1018-1027.

Hwang, W., Weirauch, C. 2012. Evolutionary history of assassin bugs (Insecta:Hemiptera:Reduviidae): Insights from divergence date and ancestral state reconstruction. PLoS One **7**: e45523.

Iriarte, A., Tartakowsky, R. 2010. Field guide to the mammals of Chile. Ediciones Flora y Fauna Chile, Santiago.

Jaramillo, A. 2022. Aves de Chile. Lynx Edicions, Santiago.

- Jurberg, J., Costa, J. 1989. Estudos sobre a resistência ao jejum e aspectos nutricionais de *Cavernícola lenti* Barret & Arias 1985 (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). Mem. Inst. Oswaldo Cruz **84**: 129-137.
- Jurberg, J., Costa, J. 1989. Estudos sobre a resistência ao jejum e aspectos nutricionais de *Triatoma lecticularia* (Stal, 1859) (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). Mem. Inst. Oswaldo Cruz **84**: 393-399.
- Jurberg, J., Galvão, C. 2006. Biology, ecology, and systematics of Triatominae (Heteroptera, Reduviidae), vectors of Chagas disease and implications for human health. *En* Rabitsch, W. (ed.), Hug the Bug, for love of true bugs. pp 1096-1116. ConchBooks, Harxheim.
- Kelt, D., Meserve, P., Nabors, L., Forister, M., Gutiérrez, J. 2004. Foraging ecology of small mammals in semiarid Chile: The interplay of biotic and abiotic effects. J. Ecol. **85**: 383-397.
- Kessing, F., Holt, R.D., Ostfeld, R.S. 2006. Effects of species diversity on disease risk. Ecol. Lett. **9**: 485-498.
- Kollien, A., Schaub, G. 2000. The development of *Trypanosoma cruzi* in Triatominae. Parasitol. Today **16**: 381-387.
- Lent, H., Wygodzinsky, P. 1979. Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas' disease. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. **163**: 123-520.
- Li, T., Yang, Z., Dong, Z., Wang, M. 2014. Meteorological factors and risk of scrub typhus in Guangzhou, southern China, 2006-2012. BMC Infect. Dis. **14**: 139.
- Luebert, F., Plischoff, P. 2006. Sinopsis Bioclimática y Vegetacional De Chile. Editorial Universitaria, Santiago
- Martin, M. 2011. Cutadapt removes adapter sequences from high-throughput sequencing reads. EMBnet J. **17**: 10-12.
- Martin, V., Chevalier, V., Ceccato, P., Anyamba, A., De Simone, L., Lubroth, J., de La Rocque, S., Domenech, J. 2008. The impact of climate change on the epidemiology and control of Rift Valley fever. Rev. Sci. Tech. **27**: 413-426.
- Mella, J. 2017. Guía de Campo de Reptiles de Chile. Peñaloza García, Alejandro Pedro, Santiago.
- Meserve, P.L., Kelt, D.A., Gutiérrez, J.R., Previtali, M.A., Milstead, W.B. 2016. Biotic interactions and community dynamics in the semiarid thorn scrub of Bosque Fray Jorge National Park, north-central Chile: A paradigm revisited. J. Arid Environ. **126**: 81-88.
- Muñoz, A., Bonal, R., Díaz, M. 2009. Ungulates, rodents, shrubs: interactions in a diverse Mediterranean ecosystem. J. Appl. Ecol. **10**: 151-160.

- Nattero, J., Rodríguez, C., Crocco, L. 2011. Influence of the quality and quantity of blood ingested on reproductive parameters and life-span in *Triatoma infestans* (Klug). *Acta Trop.* **119**: 183-187.
- Palomares, F., Delibes, M. 1997. Predation upon European rabbits and their use of open and closed patches in Mediterranean habitats. *Oikos* **80**: 407-410.
- Pech-May, F., Sánchez, J.V., Sánchez, H.G., Magaña, J. 2020. Análisis de zonas de cultivo y cuerpos de agua mediante el cálculo de índices radiométricos con imágenes Sentinel-2. *Lámpsakos* **24**: 48-59.
- Peig, J., Green, A. 2010. The paradigm of body condition: a critical reappraisal of current methods based on mass and length. *Funct. Ecol.* **24**: 1323-1332.
- Pincheira-Donoso, D., Núñez, H. 2005. Las especies chilenas del género *Liolaemus* Wiegman, 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaemus). *Taxonomía, Sistemática y Evolución. Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural.* **59**: 7-489.
- Piron, M., Fisa, R., Casamitjana, N., López-Chejade, P., Puig, L., Vergés, M., Gascón, J., Gómez, J., Portús, M., Sauleda, S. 2007. Development of a real-time PCR assay for *Trypanosoma cruzi* detection in blood samples. *Acta Trop.* **103**: 195-200.
- Porter, C. 1934. Una triatoma nueva chilena. *Rev. Chil. Hist. Nat.* **37**: 192-193.
- Previtali, M.A., Meserve, P.L., Kelt, D.A., Milstead, W.B., Gutiérrez, 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. *Conserv. Biol.* **24**: 18-28.
- QGIS Development Team 2020. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- Quiroga, N., Correa, J.P., Campos-Soto, R., San Juan, E., Araya-Donoso, R., Díaz-Campusano, G., González, C.R., Botto-Mahan, C. 2022. Blood-meal sources and *Trypanosoma cruzi* infection in coastal and insular triatomine bugs from the Atacama Desert of Chile. *Microorganisms* **10**: 785-793.
- Ramírez, J., Cura, C., da Cruz Moreira, O., Lages-Silva, E., Juiz, N., Velázquez, E., Muñoz-Calderón, A. 2015. Analytical validation of quantitative real-time PCR methods for quantification of *Trypanosoma cruzi* DNA in blood samples from Chagas disease patients. *J. Mol. Diagn.* **17**: 605-615.
- Rengifo, A. 2000. Preferencias alimentarias específicas de *Mepraia spinolai* por vertebrados frecuentes en su hábitat. Tesis de pregrado Universidad de Chile (Médico Veterinario).
- Retamar-Acuña, M., Botto-Mahan, C., Canals, M., Correa, J., Cattán, P. 2009. Comparative population dynamics of the bug *Mepraia spinolai*, a sylvatic vector of Chagas' disease, in different hosts. *Med. Vet. Entomol.* **23**: 106-110.

- Röcklev, Y., Dobrow, R. 2020. Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nat. Immunol.* **21**: 479-483.
- Rogers, P., Myers, K. 1979. Ecology of the European wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.), in Mediterranean habitats. I. Distribution in the landscape of the Coto Doñana, S. Spain. *J. Appl. Ecol.* **16**: 691-703.
- Rognes, T., Flouri, T., Nichols, B., Quince, C., Mahé, F. 2016. A versatile open source tool for metagenomics. *PeerJ* **4**:e2584. doi: 10.7717/peerj.2584.
- Rouse, J., Haas, R., Schell, J., Deering, D. 1973. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). 3rd ERTS Symposium, Greenbelt, 309-317.
- RStudio Team 2015. RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>
- Rubio, S., Pacheco-Orozco, R.A., Gómez, A.M., Perdomo, S., García-Robles, R. 2020. Secuenciación de nueva generación (NGS) de ADN: presente y futuro en la práctica clínica. *Univ. Med.* **61**(2).
- Rupasinghe, R., Chomel, B. B., Martínez-López, B. 2022. Climate Change and zoonoses: a review of the current status, knowledge, gaps and future trends. *Acta Trop.* **226**: 106225.
- Saavedra, M., Bacigalupo, A., Barrera, M., Vergara, M., Álvarez-Duhart, B., Muñoz-San Martín, C., Solís, R., Cattán, P. 2022. *Trypanosoma cruzi* infection in the wild Chagas disease vector, *Mepraia spinolai*: Parasitic load, discrete typing units, and blood meal sources. *Acta Trop.* **229**: 106365.
- Sagua, H., Araya, J., González, J., Neira, I. 2000. *Mepraia spinolai* in the Southeastern Pacific Ocean Cost (Chile)-First insular record and feeding pattern on the Pan de Azúcar Island. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* **95**: 167-170.
- Salas, P. 2020. Epidemiología de la enfermedad de Chagas: alta mortalidad y tasa de incidencia, Región de Coquimbo. *Rev. Chilena Infectol.* **37**: 402-412.
- Schneider, C., Rasband, W., Eliceiri, K. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nat. Methods.* **9**: 671-675.
- Schofield, C. 1978. A comparison of sampling techniques for domestic populations of Triatominae. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* **72**: 449-455.
- San Juan, E., Araya-Donoso, R., Sandoval-Rodríguez, A., Yáñez-Meza, A., Quiroga, N., Botto-Mahan, C. 2020. Lizards and rabbits may increase Chagas infection risk in the Mediterranean-type ecosystem of South America. *Sci. Report.* **10**: 1853.

Stein, A., Gerstner, K., Kreft, H. 2014. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecol. Lett.* **17**: 866-880.

Telleria, J., Tibayrenc, M. 2017. *American Trypanosomiasis Chagas Disease. One hundred years of Research.* Elsevier, Montpellier.

Valenzuela, J.P., San Juan, E., Botto-Mahan, C. 2022. El chagual como microhábitat para *Mepraia spinolai* (Hemiptera, Reduviidae), vector silvestre del protozoo de la enfermedad de Chagas en Chile. *Parasitol. Latinoam.* **70**: 156.

Vergara, M. 2018. Determinación mediante análisis molecular de fuentes de alimentación de *Mepraia spinolai* en la Región de Coquimbo. Tesis de pregrado Universidad de Chile (Médico Veterinario).

Yu, L., Pan, Y., Wu, Y. 2009. Research on data normalization methods in multi-attribute evaluation. *Libr. Inf. Serv.* **53**: 1-5.

## Anexo

**Tabla A1.** Valores promedio de NDVI (-1 a 1) por colonia, considerando un radio de ~30 m como ámbito de hogar de *M. spinolai*.

Colonia	NDVI 2018	NDVI 2020
1	0,22147	0,09290
2	0,21152	0,09318
3	0,22606	0,09209
4	0,20154	0,08746
5	0,22466	0,09309
6	0,21267	0,07732

**Tabla A2.** Número de ejemplares de *M. spinolai* capturados por colonia y por estadio.

2018						
Colonia	Estadio					
	I	II	III	IV	V	A
1	7	7	11	4	2	8
2	18	0	6	6	2	4
3	0	3	0	1	1	1
4	26	10	0	0	1	0
5	29	5	2	4	8	4
6	30	3	0	0	6	6
2020						
Colonia	Estadio					
	I	II	III	IV	V	A
1	1	6	21	16	30	0
2	11	3	22	26	24	2
3	4	5	22	21	23	0
4	29	2	12	7	11	0
5	25	7	7	20	22	3
6	39	7	17	49	33	8

**Tabla A3.** Listado de especies identificadas mediante registros de cámaras trampa (oferta ambiental de vertebrados para *M. spinolai*) en ambos años, donde la "x" indica si la especie fue detectada ese año en particular.

Vertebrado		Año	
Nombre científico	Nombre común	2018	2020
<i>Abrocoma bennettii</i>	Ratón chinchilla	x	x
<i>Abrothrix olivaceus</i>	Ratón oliváceo	x	
<i>Callopistes maculatus</i>	Iguana chilena	x	x
<i>Capra hircus</i>	Cabra		x
<i>Diuca diuca</i>	Diuca	x	
<i>Geositta cunicularia</i>	Minero común		x

<i>Liolaemus fuscus</i>	Lagartija oscura		X
<i>Liolaemus nitidus</i>	Lagarto nítido		X
<i>Liolaemus platei</i>	Lagartija de Plate	X	X
<i>Liolaemus sp.</i>	Lagartija *		X
<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro culpeo	X	X
<i>Lycalopex griseus</i>	Zorro chilla		X
<i>Mimus thenca</i>	Tenca	X	X
<i>Ochetorhynchus melanurus</i>	Chiricoca	X	X
<i>Octodon degus</i>	Degú común	X	X
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conejo europeo	X	
<i>Phyllotis darwini</i>	Ratón orejudo de Darwin	X	
<i>Pseudoasthenes humicola</i>	Canastero	X	X
<i>Pteroptochos megapodius</i>	Turca	X	
<i>Rhopospina fruticeti</i>	Yal	X	
<i>Scelorchilus albicollis</i>	Tapaculo	X	X
<i>Thylamys elegans</i>	Yaca	X	X
<i>Upecerthia dumetaria</i>	Bandurrilla común	X	
<i>Zonotrichia capensis</i>	Chincol	X	

\* Especie no incluida en los análisis de similitud y diversidad

**Tabla A4.** Listado de especies identificadas en la dieta de *M. spinolai* mediante NGS en ambos años, donde la “x” indica si la especie fue detectada ese año en particular.

Vertebrado		Año	
Nombre científico	Nombre común	2018	2020
<i>Abrocoma bennettii</i>	Ratón chinchilla	X	X
<i>Colubridae sp.</i>	Culebra	X	
<i>Garthia gaudichaudii</i>	Salamanqueja del Norte Chico	X	X
<i>Homo sapiens</i>	Humano	X	X
<i>Liolaemus fuscus</i>	Lagartija oscura		X
<i>Octodon degus</i>	Degú común	X	X
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conejo europeo	X	X
<i>Phyllotis darwini</i>	Ratón orejudo de Darwin	X	X
<i>Pseudasthenes humicola</i>	Canastero		X
<i>Rattus rattus</i>	Rata negra		X
<i>Scelorchilus albicollis</i>	Tapaculo		X
<i>Thylamys elegans</i>	Yaca	X	X