



**Universidad de Concepción**  
**Dirección de Postgrado**  
**Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas**  
**Programa de Magíster en Ciencias con mención en Zoología.**

**Taxonomía y factores ecológicos que afectan a ácaros Mesostigmata  
asociados a roedores del norte de Chile.**

**Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias con mención en Zoología**

**MARÍA CAROLINA SILVA DE LA FUENTE**  
**CONCEPCIÓN-CHILE**

**2014**

**Profesor Guía: Daniel Alfonso González Acuña**  
**Departamento de Ciencias Pecuarias, Facultad de Ciencias Veterinarias**  
**Universidad de Concepción**

**Profesor co-guía: Lucila Moreno Salas**  
**Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas**  
**Universidad de Concepción**

Universidad de Concepción  
Dirección de Postgrado  
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas.  
Programa de Magíster en Ciencias mención Zoología.  
Taxonomía y factores ecológicos que afectan a ácaros Mesostigmata asociados a  
roedores del norte de Chile.

### COMISIÓN EVALUADORA

Dr. Daniel González Acuña

Profesor Guía

Facultad de Ciencias Veterinarias

Departamento de Ciencias Pecuarias



---

Dra. Lucila Moreno Salas

Profesora Co-guía

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas

Departamento de Zoología

---

Dra. María Eugenia Casanueva

Evaluadora Interna

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas

Departamento de Zoología

---

Dra. Marcela Lareschi

Evaluadora Externa

Facultad de Ciencias Naturales y Museo

Universidad de La Plata, Argentina

---

## ÍNDICE

	PÁGINAS
Introducción General.....	1-7
Referencias.....	8-11
Agradecimientos.....	12

### **CAPÍTULO I: DIFERENCIAS MORFOMÉTRICAS DE *Androlaelaps fahrenheiti* (Berlese, 1911) (MESOSTIGMATA: LAELAPIDAE) ASOCIADOS A TRES SIGMODONTINOS (RODENTIA: CRICETIDAE) DEL NORTE DE CHILE.**

	PÁGINAS
I. Resumen.....	13-14
II. Abstract.....	15
III. Introducción.....	16-18
IV. Hipótesis.....	19
V. Objetivos.....	19
VI. Metodología.....	20-28
VII. Resultados.....	29-40
VIII. Discusión.....	41-47
IX. Referencias.....	48-51

## ÍNDICE DE FIGURAS CAPÍTULO I

	PÁGINAS
<b>Figura 1.</b> Regiones que comprenden el área de investigación, Norte de Chile. Las áreas achuradas corresponden a las diferentes ecorregiones.....	23
<b>Figura 2. A.</b> <i>Phyllotis darwini</i> . <b>B.</b> <i>P. xanthopygus</i> (Fotos: Daniel González-Acuña) y <b>C.</b> <i>Eligmodontia puerulus</i> (Foto: Cricyt).....	24
<b>Figura 3.</b> Medidas realizadas en <i>A. fahrenheitzi</i> . 1. Distancia entra setas j5-j5 (j5-j5); 2. Medida seta j5 (Lj5); 3. Distancia entre setas z5-z5 (z5-z5); 4. Medida seta z5 (Lz5); 5. Ancho placa dorsal (APD); 6. Largo placa dorsal (LPD); 7. Distancia entre setas J5-J5 (J5-J5); 8. Medida seta J5 (LJ5); 9. Distancia entre setas Z5-Z5 (Z5-Z5); 10. Medida seta Z5 (LZ5).....	25
<b>Figura 4.</b> Medidas realizadas en <i>A. fahrenheitzi</i> . Medida seta gnatosomal (Lgn); 12. Medida seta hipostomal (Lh3); 13. Medida seta hipostomal (Lh2); 14. Distancia entre setas hipostomales (h2-h3); 15. Distancia entre seta gnatosomal – seta hipostomal (gn-h3).....	26
<b>Figura 5.</b> Medidas realizadas <i>A. fahrenheitzi</i> . 16. Largo placa esternal (LPE); 17. Ancho placa esternal (APE); 18. Distancia entre primeras setas esternales (st1-st1); 19. Medida primera seta esternal (Lst1); 20. Distancias entre terceras setas esternales (st3-st3); 21. Medida tercera seta esternal (Lst3); 22. Distancias entre setas metaesternales (st4-st4); 23. Medida seta metaesternal (Lst4); 24. Distancias entre setas epiginales (st5-st5); 25. Medida seta epiginal (Lst5); 26. Anchoplaca epiginal (APEg); 27. Larga placa genitoventral (LPEg).....	27

**Figura 6.** Medidas realizadas *A. fahrenheiti*. 28. Ancho máximo placa anal (AMPA); 29. Larga placa anal (LPA); 30. Distancia media placa anal (DMPA); 31. Distancia entre setas paranales (paa-paa); 32. Medida seta paranal (Lpaa); 33. Medida seta postanal (Lpoa); 34. CRIBUM.....28

**Figura 7.** Componentes principales 1, 2 y 3. Colores indican hospedadores: burdeo= *E. puerulus*; verde= *P. darwini* y morado= *P. xanthopygus*.....31

**Figura 8.** Componentes principales 1 y 2. Colores indican localidades: cuadrado burdeo= Enquega; cuadrado rojo= Socoroma; rombo verde= Las Chinchillas; asterisco azul= Fray Jorge; rectángulo celeste= Llanos de Challe; cruz morada= Surire.....32

**Figura 9.** Análisis de correspondencia canónica entre caracteres diagnósticos de ácaros *A. fahrenheiti* y especies hospedadoras.....35

**Figura 10.** Análisis de correspondencia canónica entre caracteres diagnósticos de ácaros *A. fahrenheiti* y localidades.....36

**Figura 11.** Pieles de: **A.** *P. darwini*. **B.** *P. xanthopygus*. **C.** *E. puerulus*. (Fotos: Ma. Carolina Silva).....46

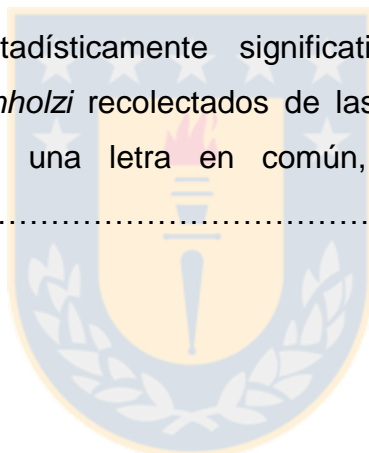
## ÍNDICE DE TABLAS CAPÍTULO I

### PÁGINAS

**Tabla 1.** Se observan los componentes principales 1, 2 y 3 con los valores de rotación (porcentaje de varianza explicada en la matriz). Valores en negrita indican alta carga ( $>0,06$ ) de carácter en el componente.....33-34

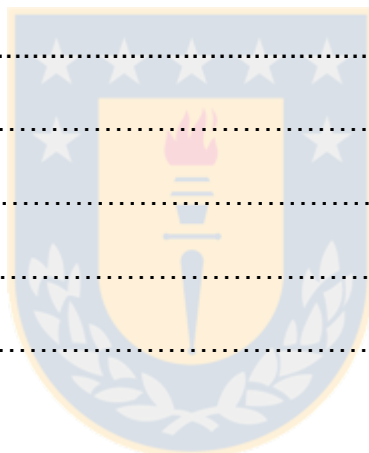
**Tabla 2.** Medidas de los ácaros *A. fahrenheiti* en las cuales se detectaron diferencias entre los tres hospedadores estudiados.....37

**Tabla 3.** Diferencias estadísticamente significativas entre los caracteres morfométricos de *A. fahrenheiti* recolectados de las tres especies de roedores estudiados. Nombres con una letra en común, no son estadísticamente significativas ( $p>0,05$ ).....38-39



**CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE LOS FACTORES ECOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN LA COMUNIDAD DE ÁCAROS (ARACHNIDA: ACARI) EN *Phyllotis darwini* (WATERHOUSE, 1837) (MAMMALIA: RODENTIA) DEL NORTE CHICO DE CHILE.**

	<b>PÁGINAS</b>
I. Resumen.....	52-53
II. Abstract.....	54
III. Introducción.....	55-61
IV. Hipótesis.....	62
V. Objetivos.....	62-63
VI. Metodología.....	64-69
VII. Resultados.....	70-81
VIII. Discusión.....	82-92
IX. Referencias.....	93-102



## ÍNDICE FIGURAS CAPÍTULO II

### PÁGINAS

<b>Figura 1. A.</b> Distribución del ratón orejudo de Darwin ( <i>Phyllotis darwini</i> ) en Chile. <b>B.</b> Países Sudamericanos donde está presente <i>P. darwini</i> . <b>C.</b> Especie de roedor <i>P. darwini</i> (Waterhouse 1837). ArcMap 9.3 (ArcInfo, ESRI Inc.).....	61
<b>Figuras 2. A.</b> Extracción de roedor desde trampa tipo Sherman. <b>B.</b> Medidas corporales 1. Largo cabeza; 2. Largo de oreja; 3 Largo de cuerpo; 4. Largo pie. <b>C.</b> Medida largo de cola. <b>D.</b> Detección de ácaros en el cuerpo del hospedador.....	69
<b>Figura 3.</b> Especies de ácaros y sus estadios obtenidas desde microscopía electrónica. <b>A.</b> <i>A. fahrenheitzi</i> macho. <b>B.</b> <i>A. fahrenheitzi</i> hembra. <b>C.</b> <i>A. fahrenheitzi</i> inmaduro. <b>D.</b> <i>O. bacoti</i> inmaduro. <b>E.</b> <i>O. bacoti</i> hembra. <b>F.</b> <i>Cheyletus</i> spp. <b>G-H.</b> larvas de trombicúlidos.....	72



## ÍNDICE TABLAS CAPÍTULO II

### PÁGINAS

<b>Tabla 1.</b> Abundancia de <i>P. darwini</i> y especies de ácaros por temporadas y localidades.....	71
<b>Tabla 2.</b> Prevalencia (P%), intensidad media (I.M.), abundancia media (A.M.), índice de agregación (I.A.) e índice de discrepancia (D) por temporada. Intervalos de confianza entre paréntesis.....	74
<b>Tabla 3.</b> Prevalencia (P%), intensidad media (I.M.), abundancia media (A.M.), índice de agregación (I.A.) e índice de discrepancia (D) por localidad. Intervalos de confianza entre paréntesis.....	76
<b>Tabla 4.</b> Prevalencia (P%), intensidad media (I.M.), abundancia media (A.M.), índice de agregación (I.A.) e índice de discrepancia (D) por ecorregiones. Intervalos de confianza entre paréntesis.....	78
<b>Tabla 5.</b> Modelo Poisson para <i>A. fahrenheitzi</i> . Asterisco indica $p < 0,05$ .....	79
<b>Tabla 6.</b> Modelo binominal negativo para <i>A. fahrenheitzi</i> Asterisco indica $p < 0,05$ . .....	79
<b>Tabla 7.</b> Modelo de Poisson para <i>O. bacoti</i> . Asterisco indica $p < 0,05$ .....	80
<b>Tabla 8.</b> Modelo Binominal Negativo para <i>O. bacoti</i> Asterisco indica $p < 0,05$ .....	80

## ANEXOS

### PÁGINAS

**Figura 1.** Autorización de CONAF para realizar actividades de investigación en el Sistema de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.....103

**Figura 2.** Autorización del Servicio Agrícola y Ganadero para realizar captura de micromamíferos en las localidades visitadas..... 104

**Figura 3.** Permiso extendido por el Comité de Bioética de la Universidad de Concepción para manipular animales de vida silvestre..... 105

### PÁGINAS

**Tabla 1.** Medidas promedio ( $\mu\text{m}$ ) de los ácaros *A. fahrenheiti* según su especie hospedadora (n=20/hospedador)..... 106-107

## INTRODUCCIÓN GENERAL

Uno de los rasgos distintivos del territorio chileno corresponde a su insularidad, un fenómeno resultante de las “barreras” naturales geográficas como el Desierto de Atacama por el norte, la Cordillera de los Andes por el este con una altura variable que disminuye de norte a sur, el océano Pacífico por el oeste a lo largo del territorio continental e insular, además de la cercanía al frío continente Antártico por el sur, todo esto hace que la morfología climática se caracterice por su diversidad en términos latitudinales y altitudinales (Iriarte 2010; Santibáñez *et al.* 2008; Mella *et al.* 2002).

Según di Castri & Hajek (1976), Chile se divide en 15 ecorregiones, basando esta clasificación en un conjunto de criterios que incluyen: factores físicos, biológicos, regiones ecológicas y áreas relacionadas con diferentes condiciones climáticas, tales como, desierto, trópico, mediterráneo, oceánico y polar. Es así, según estos autores, que el norte de Chile presenta seis ecorregiones bien definidas que corresponden a: (1) desértica costera (DC), caracterizada por presentar precipitaciones ocasionales producto de cambios climáticos oceánicos esporádicos; (2) desértica interior (DI) que posee características de aridez aún más acentuadas que la desértica costera, sin embargo, la porción occidental recibe algunas influencias oceánicas por la neblina costera, mientras que el desierto interior carece casi por completo de vida vegetal, aunque existen algunos grupos vegetacionales asociados a la presencia de aguas subterráneas; (3) tropical marginal (TM) se caracteriza por la ocurrencia de lluvias en verano con vegetación compuesta principalmente por arbustos xerófitos; (4) tropical de altura (TA) incluye las mesetas de altura (puna) y se caracteriza por presentar precipitaciones regulares durante el período cálido, fenómeno que se conoce como “invierno boliviano”; (5) mediterránea árida (MA) que presenta una baja influencia del desierto, esto es con un período frío y tres o cuatro meses de invierno sub-húmedo y (6) mediterránea perárida (MPA) que incluye períodos de aridez de nueve a once meses, alta humedad y persistente niebla.

Las características de las distintas regiones ecológicas influyen en la biodiversidad presente en ellas, por ejemplo Vidal & Guerrero (2007), en sus

estudios sobre los Tenebrionidos de Chile, realizan una separación de 18 zonas geográficas presentes en el país (anteriormente mencionadas por Peña en 1965). Estos autores destacan las características geográficas, climatológicas y vegetacionales de cada zona y utilizan las propias poblaciones de Tenebrionidos para separarlas. De esta forma, factores ecorregionales como la geología, suelo, relieve, clima y la vegetación terrestre dominante, pueden afectar la química del agua, la luz ambiental, tipo de sustrato y la pendiente, teniendo impacto en la biodiversidad presente en ellas (Duggan *et al.* 2002), por lo tanto, las variaciones bioclimáticas presentes en Chile, llevan a plantear la existencia de variaciones en cuanto a las macro y micro especies que habitan estas diferentes regiones ecológicas, representando un lugar único en el planeta, que alberga una riqueza taxonómica importante para ciertas familias presentes en Sudamérica y exhibe un elevado grado de endemismo (Santibáñez *et al.* 2008; Mella *et al.* 2002).

En relación a la biogeografía de los mamíferos terrestres chilenos no voladores, Contreras (2000) señala que existe una variación no azarosa de la riqueza de especies en distintas zonas del país, denotándose al menos cuatro patrones básicos: 1) Las áreas con menor riqueza de especies (S) son el desierto de Atacama ( $S < 9$ ) y los bosques lluviosos templados costeros del extremo sur ( $S < 12$ ); 2) Las áreas de mayor riqueza (21 - 27 especies) se encuentran en el altiplano del extremo norte y las de influencia patagónica del sur (como Alto Bío-Bío, Coyhaique y Torres del Paine); 3) El área con baja riqueza del desierto se prolonga más hacia el sur al interior y no en la costa y 4) La riqueza de especies aumenta de oeste a este en el norte y sur, y de este a oeste en Chile central mediterráneo árido.

De los vertebrados terrestres de Chile, los mamíferos (incluyendo las 16 especies introducidas) representan un 16,5%, siendo el orden Rodentia el que tiene mayor riqueza (69 especies; 65,09%) (Mella *et al.* 2002). En Chile, el orden Rodentia (Bowdich, 1821) está representado por dos subórdenes, Myomorpha e Hystricomorpha. Los Myomorpha (ratas y ratones) están representados sólo por la familia Cricetidae (Muñoz-Pedrerros & Gil 2009). El suborden Hystricomorpha, está representado por las familias Caviidae, Chinchillidae, Myocastoridae,

Octodontidae, Ctenomyidae y Abrocomidae (Muñoz-Pedreros & Gil, 2009), habitando el país cinco de las seis especies que componen la familia Chinchillidae, dos de las tres especies de la familia Abrocomidae, nueve de las once especies de la familia Octodontidae, y la totalidad de las especies que componen la familia Myocastoridae (Cofré & Vilina 2008).

La familia Cricetidae (42 especies) es la más abundante, con mayor riqueza y comprende un grupo de roedores de distribución mundial, siendo representada en Chile por la subfamilia Sigmodontinae, un linaje que se diferenció de modo independiente en Sudamérica (Reig 1981). Esta subfamilia se ha diversificado notablemente, adaptándose desde montañas heladas a selvas tropicales de tierras bajas, desiertos costeros secos y pastizales templados con diversos estilos de vida desde semiacuáticos a fosoriales, arbóreos y trepadores (Cruz, Rodrigues & Linhares 2012). En Chile se encuentran 39 subespecies de esta subfamilia. Algunos cricétidos como *Phyllotis darwini* (Waterhouse, 1837) y *P. xanthopygus* (Waterhouse, 1837) presentan varias subespecies a lo largo de su distribución, mientras que *Eligmodontia puerulus* (Philippi, 1896), no cuenta con subespecies.

*Phyllotis darwini* es conocido comúnmente como “ratón orejudo de Darwin”, con 4 subespecies en Chile *P. darwini rupestris* (región de Arica y Parinacota a región de Tarapacá), *P. d. darwini* (región de Coquimbo a región Metropolitana), *P. d. boedeckeri* (región del Maule y región del Biobío) y *P. d. fulvescens* (región de la Araucanía) (Muñoz-Pedreros & Gil 2009). El periodo reproductivo en el Parque Nacional Fray Jorge es entre Agosto y Febrero, presentando las hembras tres a cuatro pariciones con camadas de cuatro crías. Alcanza su máxima población a finales de primavera y los primeros meses de verano (Noviembre – Enero, 16 – 20 individuos/ha) y niveles más bajos a fines de verano a través de los primeros meses de primavera (Mayo – Septiembre, 4 – 6 individuos/ha) (Meserve 1981). Además, posee estrategias termorreguladoras conductuales condicionadas por su pequeño tamaño, las que le impulsan a agruparse y construir nidos en condiciones de baja temperatura (Muñoz-Pedreros & Gil 2009).

*Phyllotis xanthopygus* se conoce comúnmente como lauchón orejudo austral y presenta 3 subespecies en Chile: *P. x. chilensis* (regiones de Arica y

Parinacota y de Tarapacá), *P. x. vaccarum* (regiones de Atacama hasta la del Maule) y *P. x. xanthopygus* (regiones de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y de Magallanes y de la Antártica Chilena) (Muñoz-Pedreros & Gil 2009). Ambos Philotinos se consideran sin prioridad inmediata (Cofré & Marquet 1999), incluso pueden ser cazados, al ser muy abundantes (SAG 1998). Por otra parte, *E. puerulus* es conocida comúnmente como ratita de pie sedoso del norte, es un roedor pequeño, de 8,5 a 10,5 cm y pesa de 26 a 31 g, su cuerpo es esbelto con pelaje tupido y sedoso, cola larga mayor que la cabeza y cuerpo, presenta una coloración dorsal ante con la parte ventral blanco puro a cremoso, terminado en un pincel oscuro (Iriarte 2010; Muñoz-Pedreros & Gil 2009). Se reproduce entre Diciembre y Abril, su biología es muy poco conocida (Iriarte 2010). Se distribuye en la cordillera de los Andes de la Región de Arica y Parinacota, Región de Antofagasta y Pampa del Tamarugal, por lo general entre los 500 y 4.800 m (Iriarte 2010; Muñoz-Pedreros & Gil 2009). Es considerada como una especie de preocupación menor debido a su amplia distribución y gran población (Ojeda *et al.* 2008). Pese a esta gran biodiversidad de roedores, el número de investigaciones referentes a la parasitofauna asociada a ellos sigue siendo escasa en Chile, teniendo registro de sus ectoparásitos en solo 23 (33,3%) de las 69 especies presentes.

Los Artrópodos parásitos (pulgas, piojos, garrapatas, ácaros, moscas y mosquitos), corresponden a macroparásitos que presentan, con excepción de los piojos, parte de su ciclo de vida fuera de su hospedador (Morand *et al.* 2006). De todo este conjunto de parásitos, los ácaros representan uno de los pocos grupos relativamente sin explorar, teniendo un potencial casi infinito como sujetos de estudio para contribuir a la imagen global de la complejidad y diversidad de la vida en la Tierra (Radovsky 1994). Se caracterizan por ser de pequeño tamaño (alrededor de 0,2 a 0,4 mm) y poseer tres pares de patas en su fase larval y cuatro en el estado de ninfa y adulto. Más de 30.000 especies han sido descritas en el mundo, con numerosos géneros y especies que son ectoparásitos y endoparásitos. Se distinguen de los arácnidos por la presencia de gnatosoma y la falta de división entre el cefalotórax y abdomen (Krantz & Walter 2009). Los

trabajos realizados en Chile son puntuales (principalmente enfocados en ácaros de importancia agrícola) y con muchas lagunas, principalmente en relación a los que ocurre en zonas extremas y limítrofes, por lo tanto, es difícil estimar el número de especies presentes en el país. Como datos generales se estima que en Mesostigmata existen 14 especies (7 familias), Ixodida con 20 especies (2 familias), Prostigmata 69 especies (21 familias) y Ascarididae con >20 especies (11 familias) (Sielfeld 2008), siendo la mayoría de estas especies asociadas a vida libre o de importancia agrícola, existiendo un vacío con respecto a las especies ectoparásitas de la fauna silvestre.

Los parásitos han desarrollado adaptaciones específicas para encontrar y explotar a sus hospedadores y estos a su vez han desarrollado mecanismos para albergar o eliminar estas infecciones (Morand *et al.* 2006). Un ejemplo de caracteres adaptativos lo constituyen los ácaros de las familias Cheyletidae, Myobiidae (Prostigmata), Atopomelidae, Chirodiscidae, Listrophoridae y Lobalgidae (Astigmatida), que constituyen un grupo ecológico altamente especializado, ectoparásitos mono y oligoxeno, asociados al pelaje de sus mamíferos hospedadores (Labrzycka 2006).

Fain (1979), señala que el proceso adaptativo de los ácaros puede seguir dos caminos, uno es constructivo y otro es regresivo. El constructivo consiste en una hipertrofia de órganos existentes o la adquisición de nuevas estructuras, siendo adaptaciones secundarias hacia condiciones particulares de la forma de vida parasitaria. Esta adquisición de estructuras es mucho más frecuente en ectoparásitos que en endoparásitos y son particularmente importantes en ácaros que atacan permanentemente a sus hospedadores, especialmente su pelaje o piel. En contraste, el fenómeno regresivo, se caracteriza por la desaparición progresiva de estructuras externas como placas, garras, quetotaxia, etc., pudiendo desaparecer completamente durante el proceso de regresión, siendo este tipo de proceso particularmente evidente e importante en los endoparásitos.

Estas interacciones recíprocas entre los hospedadores y sus parásitos ocurren dentro de una compleja red de otras interacciones ecológicas, dándoles la oportunidad para desarrollar nuevas adaptaciones e incluso para generar nuevos

resultados evolutivos (Monard *et al.* 2006). Incluso serían capaces de estar sometidos a radiación adaptativa por alohospitalismos, por expansión migratoria y coincidencia de varios grupos de hospedadores suficientemente próximos (Martínez-Fernández & Cordero del Campillo 2007). En efecto, los roedores sigmodontinos tienen una gran diversidad de formas y ocupan una gran diversidad de nichos, además, la comparativamente reciente y muy rápida radiación de estos roedores implica que sus ectoparásitos han tenido menos tiempo evolutivo para cambiar entre sus hospedadores emparentados lejanamente (Cruz, Rodrigues & Linhares 2012). En definitiva, esta coevolución, o más precisamente, coadaptación, es un proceso de microevolución recíproca involucrando un par de especies cada una adaptada a la otra (Evans & Proctor 2013).

Sin lugar a duda, debido a las pocas investigaciones que se han desarrollado en este ámbito en Chile, no se tiene claro qué factores tanto bioclimáticos o del mismo hospedador pueden estar influyendo en la presencia y abundancia de los diversos ectoparásitos asociados a roedores. Desconociendo incluso, si algunas de las especies de ectoparásitos han podido sufrir esta radiación adaptativa, principalmente debido a las características de sus hospedadores en cuanto a distribución o factores ambientales propios de Chile, que puedan iniciar el camino hacia la especiación de diversos ectoparásitos. Es por estos motivos, que en el presente trabajo se pretende determinar y resolver, en una primera instancia, algunos problemas taxonómicos, en la especie de ácaro *Androlaelaps fahrenheitzi*, un ácaro facultativo asociado a una gran diversidad de nidos de micromamíferos y ocasionalmente de aves (Krantz & Walter 2009). *Androlaelaps fahrenheitzi* presenta a nivel mundial un complejo de especies, pero desafortunadamente los autores que han trabajado con esta especie entregan escasas medidas para realizar su comparación. Por lo que el presente estudio tiene como objetivo evaluar cuáles son los caracteres morfológicos que varían en *A. fahrenheitzi* tanto entre su diversidad de especies hospedadoras (*P. darwini*, *P. xanthopygus* y *E. puerulus*) como entre algunas localidades de recolección en el norte de Chile (P.N. Las Chinchillas, Surire, Enquelga, P.N. Fray Jorge, R.N. Llanos de Challe y Socoroma). En un segundo capítulo se evaluará como algunos



factores bióticos y abióticos influyen en la abundancia de dos especies de ácaros. Esta evaluación se realizará debido a que se sabe que la abundancia de algunas especies de parásitos es sensible a variaciones ambientales o del propio hospedador, siendo estos estudios enfocados mayoritariamente a Phthiraptera e Ixodidae. Las dos especies de ácaros elegidos fueron *A. fahrenheitzi* y *O. bacoti*, debido a que fueron frecuentemente encontrados parasitando a *P. darwini*, y además presentan diferencias conductuales sobre su hospedador, pudiendo ser explicada su abundancia en mayor o menor medida por algunos factores abióticos como temperatura (max./min.), humedad (max./min.) y precipitación (máx./mín.), ecorregiones y factores bióticos como condición corporal, peso, largo total, largo de pie. Además se evaluará el tipo de interacción que se da en las distintas temporadas del año entre ambas especies de ácaros, y de esta forma aportar en el conocimiento tanto de la biodiversidad, biología e interacción existente entre estas especies de ectoparásitos y sus hospedadores.



## REFERENCIAS

COFRÉ, H. & MARQUET, P. 1999. Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation for Chilean mammals: an assessment. *Biological Conservation*, 88(1):53-68.

COFRÉ, H. & VILINA, Y. 2008. Diversidad de especies. Mamíferos terrestres. En: *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafío (3ra. ed.)* (Ed. CONAMA). pp. 226 - 233. Ocho libros. Santiago, Chile.

CONTRERAS, L.C. 2000. Biogeografía de mamíferos terrestres de Chile. En: *Mamíferos de Chile* (Eds. A. Muñoz-Pedreros y J. Yáñez). pp. 241-249. CEA ediciones. Valdivia, Chile.

CRUZ, L.D., RODRIGUES, F. & LINHARES, A.X. 2012. Similarities among ectoparasite fauna of sigmodontine rodents: phylogenetic and geographical influences. *Parasitology*, 139(13): 1749–1756.

DI CASTRI, F. & HAJEK, E.R. 1976. *Bioclimatología de Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 163 pp.

DUGGAN, I.C., COLLIER, K.J., CHAMPION, P.D., CROKE, G.F., DAVIES-COLLEY, R.J., LAMBERT, P.W., NAGELS, J.W. & WILCOCK, R.J. 2002. Ecoregional differences in macrophyte and macroinvertebrate communities between Westland and Waikato: Are all New Zealand lowland streams the same?. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 36(4): 831-845.

EVANS, D. & PROCTOR, H. 2013. Capítulo 9: Animals as Habitats. En: Mites: Ecology, Evolution & Behaviour: Life at a Microscale. (2da. Ed. Evans, D. & H. Proctor, H.). pp. 341 – 422. Springer Netherlands, Países Bajos.

FAIN, A. 1979. Specificity, adaptation and parallel host-parasite evolution in acarines, especially Myobiidae, with a tentative explanation for the regressive evolution caused by the immunological reactions of the host. En: Recent Advances in Acarology Vol. II (Ed. Rodriguez, J.G). pp. 321-328. Academic Press. Inc. New York, USA.

IRIARTE, A. 2010. Guía de Campo de los mamíferos de Chile. Flora y Fauna Chile Ltda. Santiago, Chile. 230 pp.

KRANTZ, G.H. & WALTER, D.E. 2009. A manual of Acarology. University Press. Texas, EE.UU. 807 pp.

LABRZYCKA, A. 2006. A perfect clasp – adaptation of mites to parasitize mammalian fur. Biological Letter, 43(2): 109 – 118.

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.R. & CORDERO DEL CAMPILLO, M. 2007. El parasitismo y otras asociaciones biológicas. Parásitos y hospedadores. En: Parasitología general (Eds. Cordero del Campillo, M. & F. A. Rojo). pp. 20 – 38. McGraw-Gill Interamericana. Madrid, España.

MELLA, J.E., SIMONETTI, J.A., SPOTORNO, A.E. & CONTRERAS, L.C. 2002. Mamíferos de Chile. En: Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales. (Eds. Ceballos, G. y J.A., Simonetti) pp. 151-183. Conabio-Unam. D.F., México.

MESERVE, P.L. 1981. Mammalogists Trophic Relationships among Small Mammals in a Chilean Semiarid Thorn Scrub Community. *Journal of Mammalian* 62(2):304-314.

MORAND, S., KRASNOV, B.R., POULIN, R. & DEGEN, A.A. 2006. Micromammals and macroparasites: Who is who and how do they interact?. En: *Micromammals and macroparasites from evolutionary ecology to management*. (Eds. Morand S., B.R., Krasnov & R. Poulin), pp. 349 – 369. Springer-Verlag, Tokyo, Japan.

MUÑOZ-PEDREROS, A. & GIL, C. 2009. Orden Rodentia. En: *Mamíferos de Chile* (Eds. Muñoz-Pedreros, A. & J. Yañez). pp. 93-157. CEA. Valdivia, Chile.

OJEDA, R., PARDINAS, U. & D'ELIA, G. 2008. *Eligmodontia puerulus*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Consultado: 02 de Mayo de 2014.

RADOVSKY, F.J. 1994. The evolution of parasitism and the distribution of some dermanyssoid mites (Mesostigmata) on vertebrate hosts. En: *Mites Ecological and evolutionary analyses of life-history patterns* (Ed. Marilyn, A.H), pp. 186-217. Chapman & Hall, New York, USA.

REIG, O.A. 1981. Teoría y desarrollo de la fauna de mamíferos de América del Sur. *Monographiae Naturae*. Museo Municipal de Ciencias Naturales «Lorenzo Scaglia», Mar del Plata, Argentina. 89 pp.

SANTIBAÑEZ, F., ROA, P. & SANTIBAÑEZ, P. 2008. Capítulo I: El medio físico. En: *Biodiversidad de Chile Patrimonio y desafío* (Eds. Rovira, J., J. Ugalde & M. Stutzi), pp. 21-42. Ocho libros, Santiago, Chile.

SIELFELD, W. 2008. Capítulo II: Nuestra diversidad biológica. Arachnida. En: Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafío (3ra. ed.) (Ed. CONAMA). pp.168. Ocho libros. Santiago, Chile.

VIDAL, P. & GUERRERO, M. 2007. Los Tenebrionidos de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 478 pp.



## **AGRADECIMIENTOS**

A la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) por la oportunidad y el financiamiento completo del programa de Magister en Ciencias mención Zoología.

Al Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) proyecto N° 1100695, por el financiamiento de esta investigación.

A la Corporación Nacional Forestal (CONAF) por el apoyo logístico prestado en algunos puntos de muestreo. Al Servicio Agrícola y Ganadero por los permisos de captura.

A la Dra. María Eugenia Casanueva por abrir las puertas de su laboratorio, su gran dedicación en enseñar los detalles de la taxonomía de las especies de ácaros, consejos tanto académicos como personales y compartir sus conocimientos conmigo.

A la Dra. Lucila Moreno y Dr. Daniel González-Acuña por su paciencia en cada una de la corrección de este trabajo, el continuo apoyo y por compartir sus conocimientos sobre ecología de parásitos y de vida, dejando grandes lecciones para el futuro.

A la Dra. Marcela Lareschi por su aporte en la identificación de las especies de ácaros, sus consejos frecuentes y envíos de material valioso en el desarrollo de la investigación. Además del Centro de investigaciones parasitológicas y de vectores (CEPAVE, La Plata, Argentina), lugar donde trabaja la Dra. Lareschi, el cual me permitió realizar una pasantía y adquirir nuevos conocimientos sobre mis amados ácaros.

A todos los que participaron durante las capturas: Karen Ardiles, Iván Torres, Nicolás Fernández, Sebastián Muñoz, Fabián Beltrán, Daniela Doussang, Carolina Araya, Cecilia Figueroa, Danny Fuentes.

Finalmente agradecer a mis padres, quienes permanentemente me hay apoyado y alentado en estas nuevas aventuras, dejando que me desarrolle en un área poco común y algunas veces poco entendida, una veterinaria con pinta de bióloga.

*Dedicada a María Antonieta de la Fuente Orlandi.*

## CAPÍTULO I

### **DIFERENCIAS MORFOMÉTRICAS DE *Androlaelaps fahrenheitzi* (Berlese, 1911) (MESOSTIGMATA: LAELAPIDAE) ASOCIADOS A TRES SIGMODONTINOS (RODENTIA: CRICETIDAE) DEL NORTE DE CHILE.**

#### **I. RESUMEN**

Diversos autores plantean la existencia del “complejo *fahrenheitzi*”, formado por varios morfos de la especie *Androlaelaps fahrenheitzi*, en la cual se han podido observar variaciones taxonómicas dependiendo del hospedador que parasiten. El objetivo principal de este estudio es determinar que existen diferencias morfométricas en la especie *A. fahrenheitzi* y demostrar que estas variaciones se encuentran asociadas a las diferentes especies hospedadoras que parasita y/o a la localidad de procedencia. Se realizaron estacionalmente durante dos años ocho campañas en 7 localidades del norte de Chile. Fueron capturados 538 *Phyllotis darwini*, 346 *P. xanthopygus* y 60 *Eligmodontia puerulus*, desde los cuales fueron extraídos los ácaros. Para cada especie hospedadora se seleccionaron al azar 20 *A. fahrenheitzi* hembras adultas, en los que se evaluó 41 caracteres de valor diagnóstico. Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para evaluar la variación morfométrica entre *A. fahrenheitzi* y sus hospedadores y localidades, posteriormente se realizó un análisis multivariado de varianza Kruskal Wallis, para evaluar las diferencias entre los caracteres de diferenciación taxonómicos. Los primeros tres Componentes Principales (CP) explicaron el 46,1% de la varianza acumulada en cuanto a caracteres de diferenciación taxonómicas y hospedadores, mientras que para las localidades los primeros tres CP explicaron el 47,5% de la varianza. Los caracteres tamaño de placas y setas fueron los que mostraron mayor variación entre individuos de *A. fahrenheitzi* asociados a *E. puerulus* de los encontrados en *P. darwini* y *P. xanthopygus*, sin embargo entre estas últimas dos especies las variaciones registradas en los ácaros no fueron marcadas. Similar fue el resultado para las localidades, donde se pudo obtener dos poblaciones de *A. fahrenheitzi* bastante diferenciadas, una

localizada en Enquelga y la otra en Llanos de Challe. Para el resto de las localidades no se apreció diferencia entre ellas. Se concluyó que los ácaros *A. fahrenheitzi* en el norte de Chile comprenden dos grupos que podrían ser morfológicamente diferenciados, los que varían de acuerdo al género de su hospedador y en algunos casos según localidad de recolecta.

**Palabras claves:** Análisis de componentes principales, Acari, Mesostigmata, taxonomía, roedores, Chile.





## II. ABSTRACT

Several authors suggest the existence of "*fahrenheiti* complex" formed by several morphs of the species *Androlaelaps fahrenheiti*, which have been observed depending on the taxonomic changes that parasitize host. The main objective of this study is to determine morphometric differences that exist in the species *A. fahrenheiti* and demonstrate that these variations are associated with different host species that parasitize and/or to the place of origin. Eight seasons were conducted seasonally for two years in 7 localities in northern Chile. They were captured 538 *Phyllotis darwini*, 346 *P. xanthopygus* and 60 *Eligmodontia puerulus*, from which mites were extracted. For each host species were randomly selected 20 *A. fahrenheiti* adult females, and 41 characters of diagnostic value was evaluated. Principal Component Analysis (PCA) was performed to evaluate the morphometric variation between *A. fahrenheiti* and their hosts and locations, then a variance of multivariate analysis (Kruskal Wallis) was performed to assess differences among the taxonomic characters. The first three principal components (PC) explained 46.1% of the cumulative variance in terms of taxonomic characters and hosts, whereas for locations, the first three PC accounted for 47.5% of the variance. The shield size and setae were the characters that showed greater variation between individuals of *A. fahrenheiti* associated with *E. puerulus* of found in *P. darwini* and *P. xanthopygus*, however between the latter two species the variations morphometric were not marked. Similar was the result for the localities, where we could observed that there are two populations of *A. fahrenheiti*, localized in Enquelga and other in Llanos de Challe. For other localities no difference was observed between them. It was concluded that *A. fahrenheiti* mites in northern Chile comprise two morphometric different groups, which vary according to the gender of your host and in some instances according to locality of capture.

**Keywords:** Principal Component analysis, Acari, Mesostigmata, taxonomy, rodents, Chile.

### III. INTRODUCCIÓN

Los ácaros se clasifican en dos superórdenes: Parasitiformes y Acariformes (Krantz & Walter 2009). De estos, sólo en los Parasitiformes se ha producido radiación adaptativa significativa en un amplio espectro de nichos generales (Radovsky 1994). Un orden de importancia dentro de los Parasitiformes son los Mesostigmata. Estos ácaros constituyen uno de los grupos más numerosos y con mayor variedad ecológica. Son en su mayoría ácaros depredadores de vida libre de otros artrópodos y nemátodos, mientras sólo unos pocos son parásitos de vertebrados, como los géneros *Dermanyssus*, *Ornithonyssus*, *Gigantolaelaps*, *Mysolaelaps*, *Laelaps*, entre otros (Krantz & Walter 2009). Un género altamente polítipico lo constituye *Androlaelaps* (Berlese, 1903), que incluye parásitos facultativos de pequeños mamíferos, comúnmente asociados a nidos de sus hospedadores, se alimentan de variadas sustancias como costras, descamaciones, secreciones lagrimales, incluyendo además pequeños artrópodos, sangre fresca o linfa de heridas (Krantz & Walter 2009). La especie *Androlaelaps fahrenheitzi* (Berlese, 1911), se asocia principalmente a micromamíferos y en algunas ocasiones con aves, quirópteros y pequeños carnívoros (Evans & Till 1966; Krantz & Walter 2009), sin embargo, esta especie no es capaz de realizar su ciclo reproductivo con una dieta única de artrópodos, descamaciones u otros desechos orgánicos, lo que confirma su condición de parásito (Reytblat 1965). *Androlaelaps fahrenheitzi* se ha registrado en todos los continentes excepto la Antártica. En Centroamérica y Sudamérica se ha registrado en Panamá, Costa Rica, Venezuela, Argentina, Uruguay, Brasil, y en una amplia diversidad de familias de roedores como Muridae (Gray), Cricetidae (Gray), Heteromyidae (Gray), Echimyidae (Gray), Sciuridae (Fischer de Waldheim) y marsupiales de la familia Didelphidae (Gray) (Fonseca 1939; Tipton *et al.* 1966; Furman 1972; Lareschi *et al.* 2006; Lareschi *et al.* 2013).

Diversos autores han analizado ejemplares de *A. fahrenheitzi* procedentes de distintas regiones y aislados desde diversas especies hospedadoras, planteando la existencia de un complejo de especies, el que varía según sus hospedadores, incluso en algunas ocasiones, según las localidades donde han sido recolectados

(Furman 1972, Evans & Till 1966; Tipton *et al.* 1966, Strandtmann & Wharton 1966; Till 1963). Desafortunadamente, sólo unos pocos caracteres morfológicos y medidas relacionadas con estas variaciones se han incluido en la literatura (Lareschi *et al.* 2013). A excepción de las entregadas por Strandtmann (1949), quien al trabajar con una gran diversidad de roedores parasitados por *A. fahrenheitzi*, plantea la existencia de diferencias intraespecífica en este ácaro al comparar las muestras tomadas entre los diferentes hospedadores. Señalando además en sus observaciones, que las diferencias de tamaños que presenta *A. fahrenheitzi* si bien no se correlacionan con la distribución geográfica o estacional, sí muestran una estrecha correlación con sus hospedadores, dividiendo en su trabajo los morfos de *A. fahrenheitzi* de acuerdo al género de su hospedador. Destacan también las observaciones de Tipton *et al.* (1966) en Venezuela, los que señalan que ejemplares de *A. fahrenheitzi* recolectados desde *Hopломys gymnurus* (Thomas, 1897) (Rodentia: Echimyidae) serían más largos (Placa Dorsal (PD) > 800  $\mu$  de largo) en comparación a los ácaros obtenidos desde *Sigmodon hispidus* Say & Ord, 1825 (Rodentia: Cricetidae) (PD= 572  $\mu$  de largo). Tipton *et al.* (op.cit) plantea que al parecer cada especie hospedadora tiene una población distinta de *A. fahrenheitzi* y además cada especie hospedadora tiene su población distinta en cada localidad de recolecta, planteando la hipótesis de que una alta especificidad con el hospedador haría que las especies de ácaros tengan una baja variabilidad, mientras que una baja especificidad con el hospedador se traduciría en una alta variabilidad de los ácaros. Principalmente, debido a la falta de medidas entregadas por los autores, las que servirían para comparar con mayor precisión los distintos morfos y al no existir una base de datos moleculares de los diversos morfos de *A. fahrenheitzi* observados en diversos hospedadores, es que todavía no existen especies vinculadas a este grupo *fahrehnholzi*, permaneciendo estos morfos como *A. fahrenheitzi*, no pudiendo proponer especies propiamente tal hasta la fecha. Un ejemplo de lo planteado anteriormente fue observado en la especie *Sarcoptes scabiei* (De Geer, 1778), la cual presenta una gran diversidad de hospedadores.

Fain en 1968, analizando la especie de ácaro *S. scabiei* pudo observar una gran variabilidad en esta especie, lo que sugiere que *S. scabiei* todavía no está

completamente adaptada a ninguno de sus hospedadores, y se ha mantenido en un continuo proceso de adaptación. La variabilidad probablemente se relaciona con el gran número de hospedadores que las especies parasitan (Fain 1994), lo que también podría estar ocurriendo con *A. fahrenheitzi*, especie vinculada también a una gran cantidad de hospedadores.

Recientemente, se han realizado estudios de caracteres de diferenciación taxonómicos de algunas especies de ácaros Mesostigmata asociados a micromamíferos, donde se observan diferencias morfológicas relacionadas con sus hospedadores y localidades (Gettinger & Owen 2000; Botelho *et al.* 2002; Gettinger *et al.* 2011; Martins – Hatano *et al.* 2012). Chile presenta un escenario único para desarrollar investigaciones relacionadas a cambios producidos por influencia geográfica, ya que Chile presenta una configuración poco común en el mundo, como son las grandes elevaciones andinas a distancias relativamente reducidas del mar, originando en distancias de 150 kilómetros, pisos bioclimáticos diversos que van desde el regular y benigno clima litoral hasta el clima polar de altura, pasando por el clima continental de la precordillera. Esto ha creado una diversidad de ambientes para plantas y animales, los que exhiben un elevado grado de endemismo, como consecuencia del aislamiento creado por las barreras naturales propias del territorio (Santibañez *et al.* 2008). Además, Chile presenta una gran diversidad de micromamíferos, específicamente de roedores, donde algunos de ellos se encuentran ampliamente distribuidos, como es el caso de *P. darwini*, *P. xanthopygus* y *E. puerulus*. Según lo planteado por Gregory *et al.* (1990), los hospedadores con una distribución geográfica generalizada tienden a albergar más especies de parásitos que hospedadores con rangos geográficos restringidos, convirtiendo así a estos roedores en un buen modelo al momento de probar como los factores geográficos pueden afectar a las especies que los parasitan. La presente investigación se convierte en la primera realizada en el complejo de especies que representa *A. fahrenheitzi*, haciéndose aún más atractiva desde el punto de vista de las condiciones geográficas y bioclimáticas únicas que posee Chile.

#### IV. HIPÓTESIS

*Androlaelaps fahrenheiti* se asocia a una gran diversidad de especies hospedadoras con amplia distribución geográfica, por lo tanto existen diferencias morfométricas según el hospedador y localidad donde estos ácaros se encuentren.

#### V. OBJETIVO GENERAL

Establecer las diferencias morfométricas que presenta *A. fahrenheiti* recolectados en distintas especies hospedadoras (*P. darwini*, *P. xanthopygus* y *E. puerulus*) y en diferentes localidades del norte de Chile.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Determinar las diferencias morfológicas de *A. fahrenheiti* recolectados en los hospedadores *P. darwini*, *P. xanthopygus* y *E. puerulus*.
- 2.- Determinar las diferencias morfológicas de *A. fahrenheiti* recolectado en las localidades de Enquega, Surire, Socoroma, Reserva Nacional Las Chinchillas, P.N. Fray Jorge y P.N. Llanos de Challe.

## VI. METODOLOGÍA

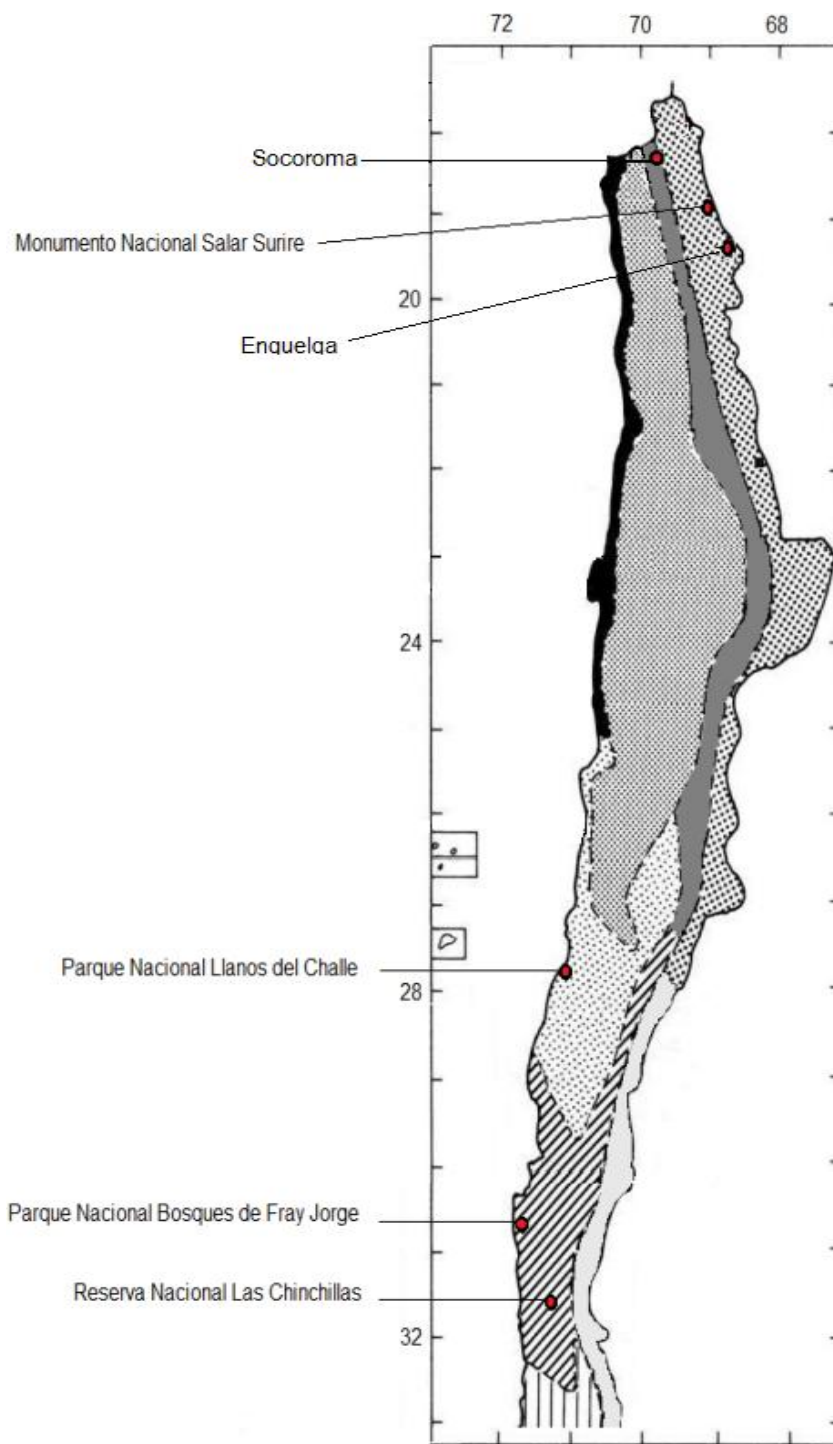
Para manipular las especies de micromamíferos en áreas silvestres protegidas se obtuvo autorización del SAG (N° 8082), CONAF (N° 11/2010) y del Comité de Bioética de la Universidad de Concepción (Anexos fig. 1, 2 y 3).

Durante los años 2010, 2011 y 2012 se realizaron estacionalmente ocho campañas en la zona norte de Chile (Figura 1). En total se visitaron 11 localidades permaneciendo aproximadamente 2 días en cada una de ellas. Las localidades muestreadas fueron: Enquelga (19°13'59"S - 68°48'00"O), Surire (18°50'14"S - 69°2'46"O), Socoroma (18°15'49"S 69°36'06"O), Reserva Nacional (R.N.) Las Chinchillas (31°28'S - 71°03'O), Parque Nacional Fray Jorge (30°30'S - 71°35'O) y P.N. Llanos de Challe (28°10'S - 71°00'O). Los roedores se capturaron con trampas Sherman y fueron sedados con Ketamina–Xilacina 2%, posteriormente fueron medidos (largo de cabeza, largo de oreja, largo de cola, largo total, largo de pie) y cepillados en busca de sus ectoparásitos. En total se capturaron 1487 roedores, de los cuales 944 roedores correspondían a las especies *P. darwini*, *P. xanthopygus* y *E. puerulus*. *P. darwini* representa un 56,9% de las capturas, *P. xanthopygus* un 36,6% y *E. puerulus* un 6,35% (Figura 2). Por lo tanto, las especies de roedores elegidos para trabajar fueron *P. darwini*, *P. xanthopygus* y *E. puerulus*, ya que poseen una amplia distribución geográfica, fueron relativamente abundantes en las capturas y eran parasitados por el ácaro en estudio. Los ácaros *A. fahrenheitzi* aislados desde estas tres especies de roedores fueron aclarados en solución Nesbitt y montados en medio Berlese (Krantz & Walter 2009). Los ácaros fueron identificados por medio de las claves propuestas por Tipton *et al.* (1966) y Furman (1972). Para evaluar las variaciones morfológicas primero se seleccionaron los ácaros al azar y posteriormente se eligieron 41 caracteres de diferenciación taxonómicos relevantes en la diagnosis de *A. fahrenheitzi*, sobre todas las relacionadas con las medidas de las placas dorsal y esternal y sus setas asociadas, medidas de las setas de la coxa I y las medidas de las setas del gnatosoma (Strandtmann 1949; Furman 1972). Las medidas fueron: distancia entre setas j5-j5 (j5-j5), medida seta j5 (Lj5), distancia entre setas z5-z5 (z5-z5), medida seta z5 (Lz5), ancho placa dorsal (APD), largo placa dorsal (LPD),

distancia entre setas J5-J5 (J5-J5), medida seta J5 (LJ5), distancia entre setas Z5-Z5 (Z5-Z5), medida seta Z5 (LZ5), medida seta hipostomal (Lh3), medida setas gnatosomales (Lgn), distancia entre setas gnatosomales (gn-gn), distancia entre seta hipostomal y gnatosomal (h3-gn), largo placa esternal (LPE), ancho placa esternal (APE), distancia entre primeras setas esternales (st1-st1), medida primera seta esternal (Lst1), distancia entre terceras setas esternales (st3-st3), medida tercera seta esternal (Lst3), distancia entre setas metaesternales (st4-st4), medida seta metaesternal (Lst4), distancia entre setas epiginales (st5-st5), medida seta epiginal (Lst5), ancho placa epiginal (APEg), largo placa epiginal (LPEg), ancho máximo placa anal (AMPA), largo placa anal (LPA), distancia media placa anal (DMPA), distancia entre setas paranales (paa-paa), medida seta paranal (Lpaa), medida seta postanal (Lpoa), cribrum (cr), medida peritrema (per), medida seta proximal de coxa I (Lspcl), medida seta distal de coxa I (Lsdcl), medida seta posterior de coxa III (Lspcll), medida seta coxa IV (LscIV), medida seta dorsal anterior fémur I (LsdafI), medida seta dorsal posterior gena I (LsdpgI) (Figuras 3 - 6). Todos los caracteres fueron medidos bajo microscopio óptico (Leica SM - LUX) con un micrométrico (0,01mm) y aumento 25x. Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) en el programa estadístico JMP® (7.0.1) para reducir el número de variables taxonómicas evaluadas y para evaluar la contribución de cada carácter en las diferencias entre hospedadores y localidades. El ACP hace que las variables correlacionadas, es decir, que miden información común, que son el conjunto original, se puedan transformar en otro conjunto de nuevas variables incorreladas entre sí (que no tenga repetición o redundancia en la información) llamado conjunto de componentes principales. Las nuevas variables son combinaciones lineales de las anteriores y se van construyendo según el orden de importancia en cuanto a la variabilidad total que recogen de la muestra. El ACP es una técnica matemática que no requiere la suposición de normalidad multivariante de los datos, aunque si esto último se cumple se puede dar una interpretación más profunda de dichos componentes (Hair *et al.* 2004). Esto último no se cumple en los datos analizados en este estudio, dado que corresponden a datos cuya distribución no es normal.

Adicionalmente, se aplicó un factor de rotación, que tiene como fin redistribuir la varianza de los primeros factores a los últimos, para lograr un patrón de factores más simple y teóricamente más significativos. Para esto se trabajó con un factor de rotación ortogonal “VARIMIX” ya que el patrón factorial obtenido sería más robusto que con otro método ortogonal (eg. QUARTIMAX). Se descartó el uso de rotación oblicua, ya que estas permiten la existencia de factores correlacionados en lugar de mantener la independencia entre los factores rotados (Hair *et al.* 2004). Se determinó que los caracteres que contribuían más en los CP eran aquellos que sobrepasaban su valor absoluto de 0,6. Además, se realizó con el mismo programa utilizado anteriormente, un análisis de correspondencia canónica (ACC) para evaluar las agrupaciones existentes entre los caracteres diagnósticos de los ácaros y sus diferentes hospedadores y localidades. Este análisis presenta ciertas propiedades análogas al análisis anterior (ACP), pero a diferencia de éste, el ACC estudia la relación o dependencia entre dos grupos de variables, teniendo más de una variable dependiente, vale decir, examina la relación lineal entre un grupo de variables  $X$ , y un grupo, o más de un grupo, de variables  $Y$ . También se realizó un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal Wallis) en el programa estadístico InfoStat® (Versión 2013) para evaluar las diferencias estadísticas entre los caracteres de diferenciación taxonómicos elegidos. Previo a este análisis, se evaluó la distribución de los datos utilizando la prueba de normalidad Shapiro – Wilks ( $p > 0,05$ ), observando que las variables no se ajustaban a una distribución normal, por lo que se utilizó estadística no paramétrica. En un principio se trató de normalizar los datos por medio de la raíz cuadrada, pero estos permanecieron con una distribución libre, eligiendo la prueba no paramétrica antes mencionada.

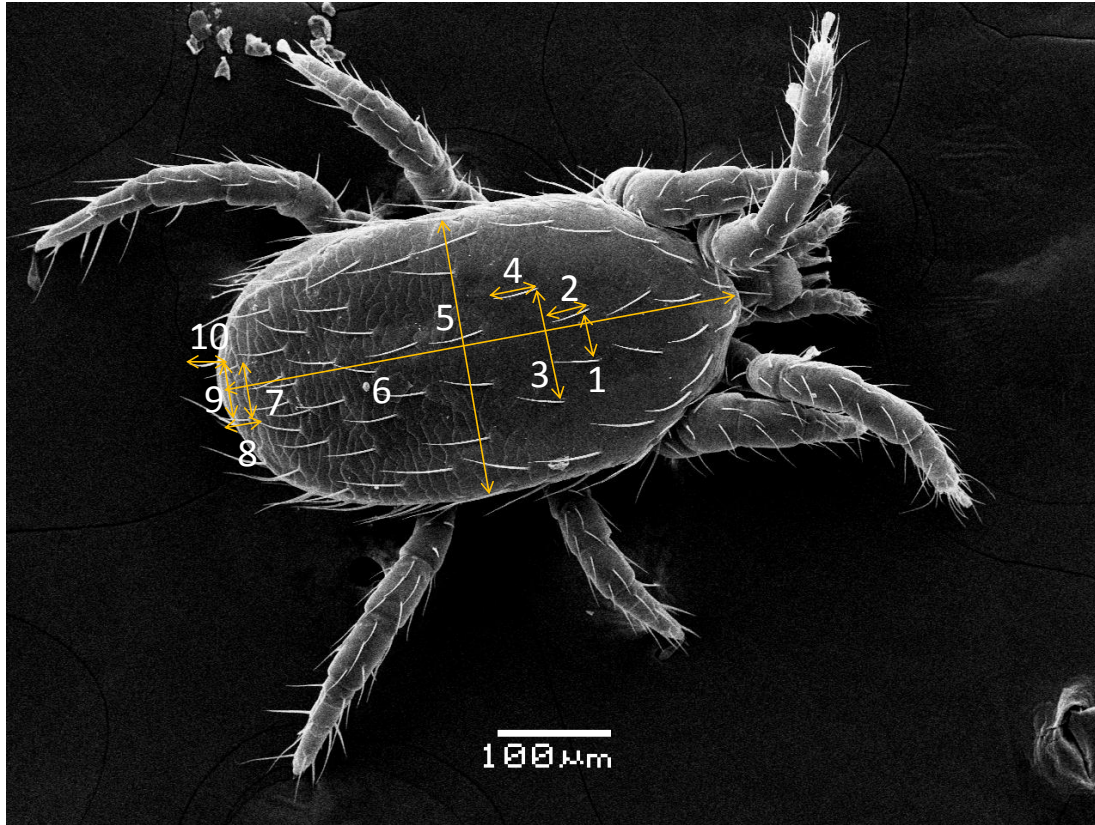




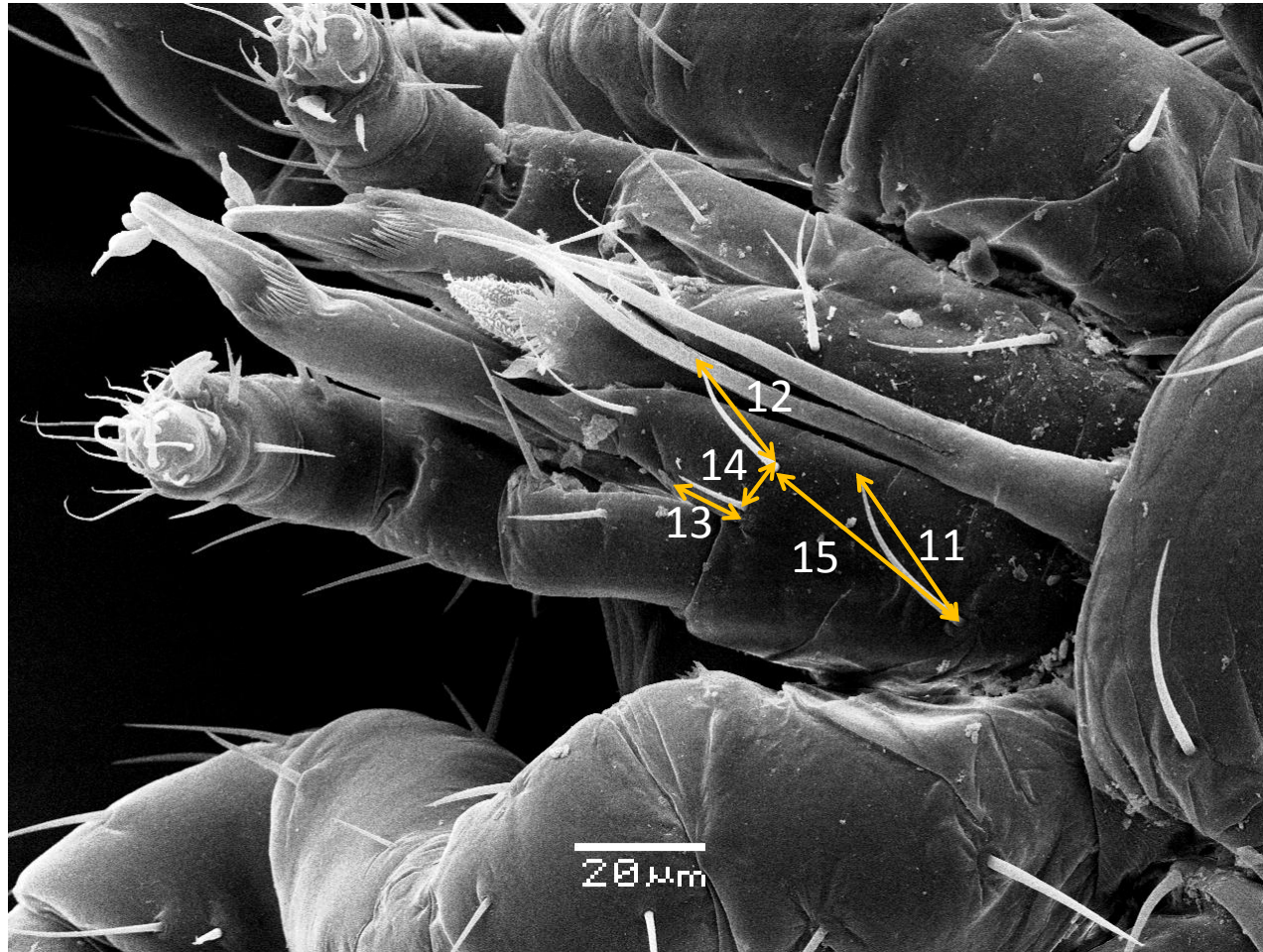
**Figura 1.** Regiones que comprenden el área de investigación, Norte de Chile. Las áreas achuradas corresponden a las diferentes ecorregiones.



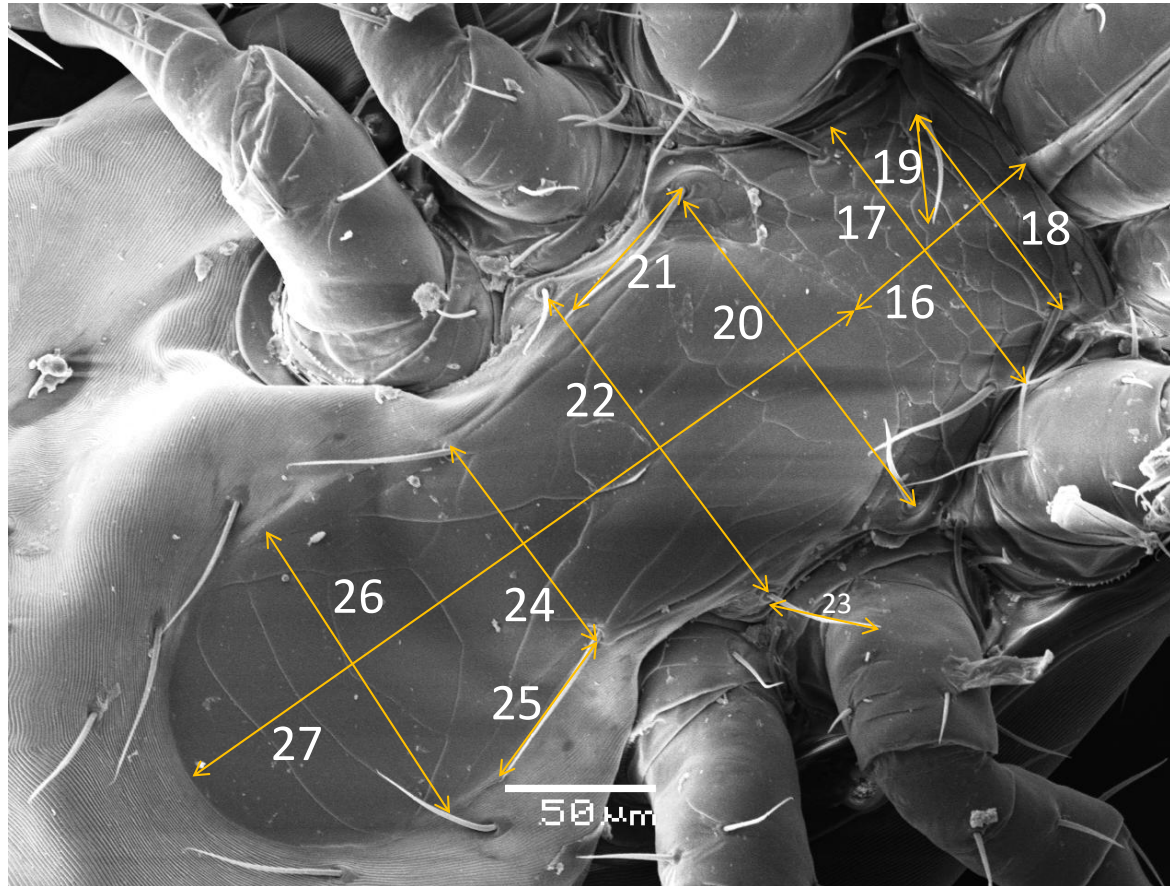
**Figura 2.** A. *Phyllotis darwini*. B. *P. xanthopygus* (Fotos: Daniel González-Acuña) y C. *Eligmodontia puerulus* (Foto: Cricyt).



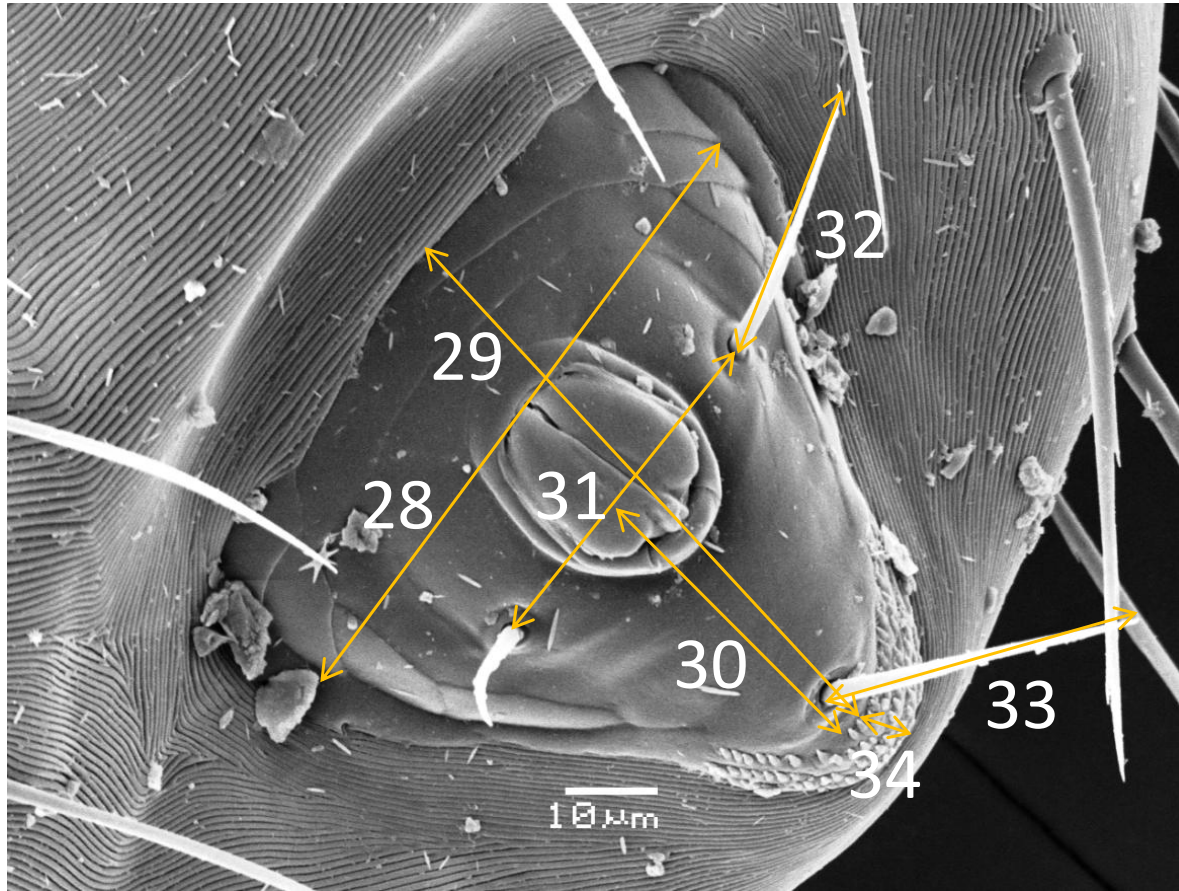
**Figura 3.** Medidas realizadas en *A. fahrenheitzi*. 1. Distancia entre setas j5-j5 (j5-j5); 2. Medida seta j5 (Lj5); 3. Distancia entre setas z5-z5 (z5-z5); 4. Medida seta z5 (Lz5); 5. Ancho placa dorsal (APD); 6. Largo placa dorsal (LPD); 7. Distancia entre setas J5-J5 (J5-J5); 8. Medida seta J5 (LJ5); 9. Distancia entre setas Z5-Z5 (Z5-Z5); 10. Medida seta Z5 (LZ5).



**Figura 4.** Medidas realizadas en *A. fahrenheitzi*. 11. Medida seta gnatosomal (Lgn); 12. Medida seta hipostomal (Lh3); 13. Medida seta hipostomal (Lh2); 14. Distancia entre setas hipostomales (h2-h3); 15. Distancia entre seta gnatosomal – seta hipostomal (gn-h3).



**Figura 5.** Medidas realizadas *A. fahrenheitzi*. 16. Largo placa esternal (LPE); 17. Ancho placa esternal (APE); 18. Distancia entre primeras setas esternas (st1-st1); 19. Medida primera seta esternal (Lst1); 20. Distancias entre terceras setas esternas (st3-st3); 21. Medida tercera seta esternal (Lst3); 22. Distancias entre setas metaesternas (st4-st4); 23. Medida seta metaesternal (Lst4); 24. Distancias entre setas epiginales (st5-st5); 25. Medida seta epiginal (Lst5); 26. Anchoplaca epiginal (APEg); 27. Larga placa genitoventral (LPEg).



**Figura 6.** Medidas realizadas en *A. fahrenheitzi*. 28. Ancho máximo placa anal (AMPA); 29. Larga placa anal (LPA); 30. Distancia media placa anal (DMPA); 31. Distancia entre setas paranales (paa-paa); 32. Medida seta paranal (Lpaa); 33. Medida seta postanal (Lpoa); 34. CRIBUM.

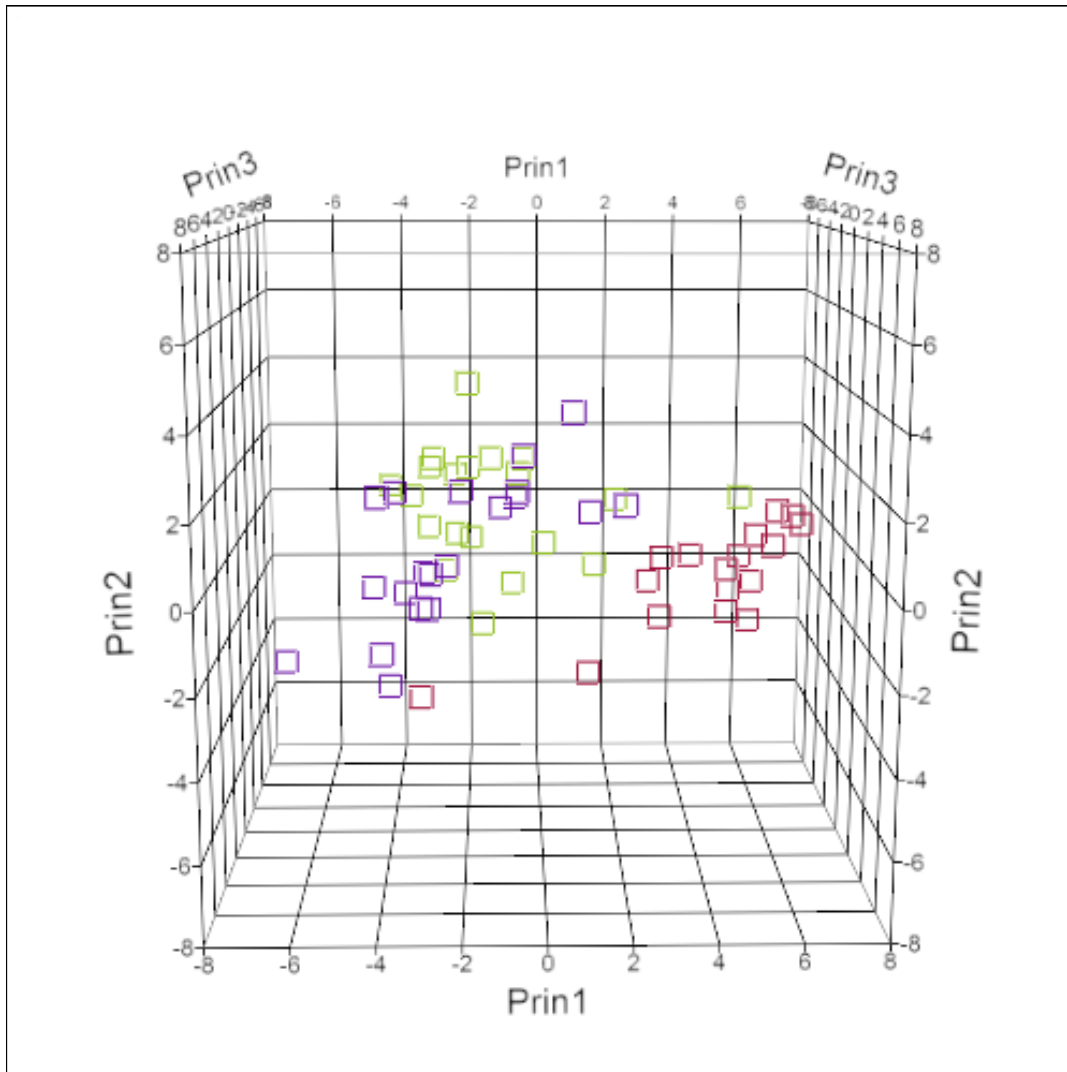
## VII. RESULTADOS

El análisis de Componentes Principales (ACP) mostró que los tres primeros componentes explican el 46,1% de la varianza (32,2; 7,6 y 6,3% respectivamente), siendo todos positivos (Tabla 1). En el CP1, los caracteres que presentan mayor contribución son principalmente los relacionados al tamaño de setas y placas. Se obtuvo que el CP1 diferencia los ejemplares de *A. fahrenheitzi* asociados a *E. puerulus* de los encontrados en *P. darwini* y *P. xanthopygus*, principalmente por variables relacionadas al tamaño de estos ácaros (ancho placa dorsal (APD), largo placa dorsal (LPD), largo placa esternal (LPE), medida seta j5 (Lj5), medida seta z5 (Lz5), medida seta J5 (LJ5), distancia entre setas J5 – J5 (J5-J5) , medida seta Z5 (LZ5), distancia entre primeras setas esternales (st1-st1), medida tercera seta esternal (Lst3), distancia entre setas paranales (paa-paa), medida seta paranal (Lpaa) y medida seta proximal coxa I (Lpscl). El CP2 diferenció a *A. fahrenheitzi* asociados a *P. darwini* de los de *P. xanthopygus* por las medidas de la seta gnatosomal (Lgn), medida de la seta metaesternal (Lst4), medida de la seta epiginal (Lst5) y largo placa anal (LPA), observándose solapamiento parcial entre ellos. Al observar el ACP se puede visualizar claramente dos grupos de *A. fahrenheitzi*, un grupo asociado a la especie *E. puerulus* y otro al género *Phyllotis* spp. (Figura 7), siendo de mayor tamaño los ácaros presentes en *E. puerulus*. Al realizar un ACP de los caracteres de diferenciación taxonómicos de *A. fahrenheitzi*, pero esta vez en relación a las localidades donde fueron recolectados los ácaros, se puede observar que los primeros tres componentes principales reúnen un 47,5% de la varianza (34; 7,4; 6% respectivamente), siendo todos positivos. En el CP1, los caracteres que presentan mayor contribución son, al igual que para los hospedadores, los relacionados al tamaño de setas y placas. Se obtuvo de esta manera que el CP1 diferencia los ejemplares de *A. fahrenheitzi* asociados a la localidad altiplánica de Enquelga (N=18 ácaros) de los *A. fahrenheitzi* encontrados en Llanos de Challe (N=8), Surire (N=7), Fray Jorge (N=4) y Socoroma (N=4) principalmente por variables relacionadas al tamaño de estos ácaros (ancho placa dorsal (APD), largo placa dorsal (LPD), largo placa esternal (LPE), medida seta j5(Lj5), medida seta z5 (Lz5), medida seta J5 (LJ5), distancia entre setas J5 – J5

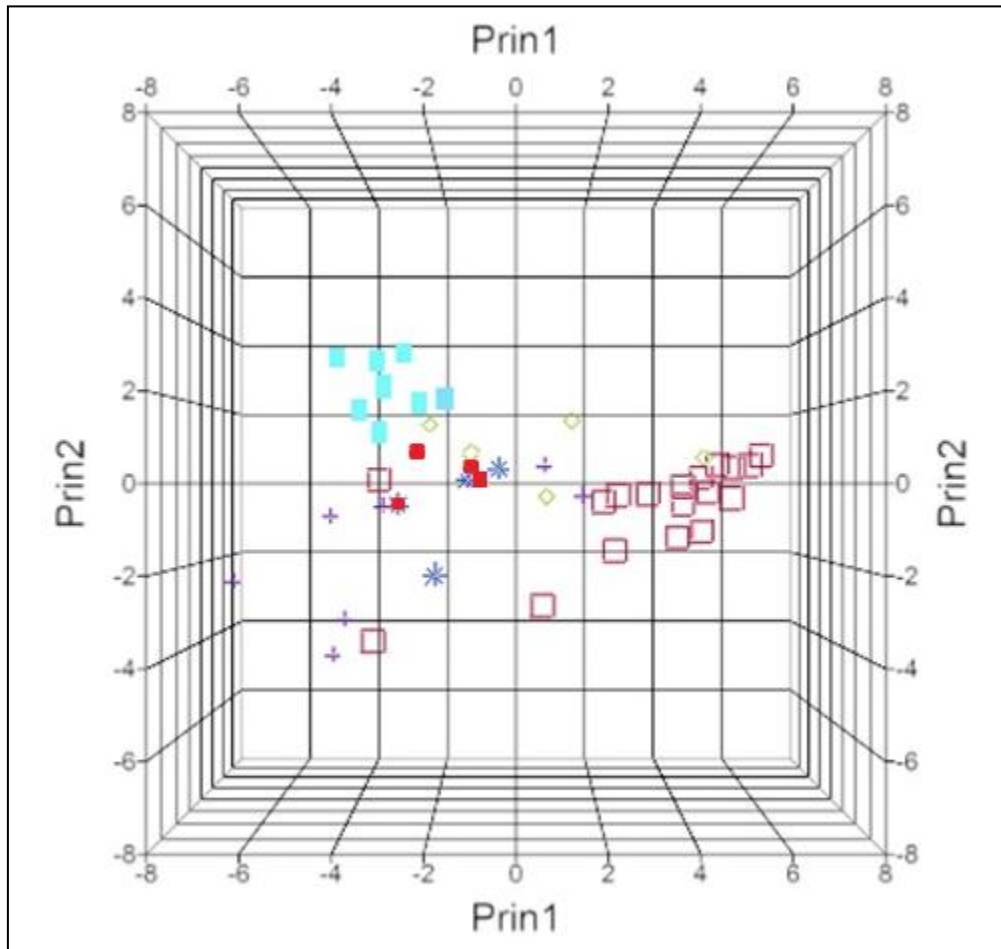
(J5-J5) , medida seta Z5 (LZ5), distancia entre primeras setas esternales (st1-st1), medida tercera seta esternal (Lst3), distancia entre setas paranales (paa-paa), medida seta paranal (Lpaa) y medida seta proximal coxa I (pscl). El CP2 diferenci6 a los *A. fahrenheitzi* recolectados en la localidad de Enquelga de los encontrados en P.N. Llanos de Challe principalmente por la distancia entre las setas Z5 – Z5, la medida de la seta epiginal (Lst5) y el largo de la placa anal (LPA), existiendo algunos solapamientos. En el CP3 se solapan las variables, no pudiendo distinguir separaciones claras entre las especies (Figura 8). Todas las medidas promedio obtenidas de *A. fahrenheitzi* seg6n su hospedador se encuentran en la tabla 1 de anexos.







**Figura 7.** Componentes principales 1, 2 y 3. Colores indican hospedadores: burdeo= *E. puerulus* ; verde= *P. darwini* y morado= *P. xanthopygus*.



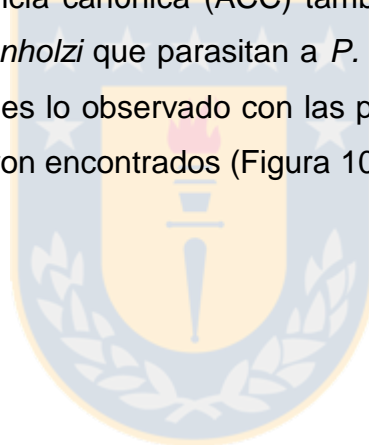
**Figura 8.** Componentes principales 1 y 2. Colores indican localidades: cuadrado burdeo= Enquega; cuadrado rojo= Socoroma; rombo verde= Las Chinchillas; asterisco azul= Fray Jorge; rectángulo celeste= Llanos de Challe; cruz morada= Surire.

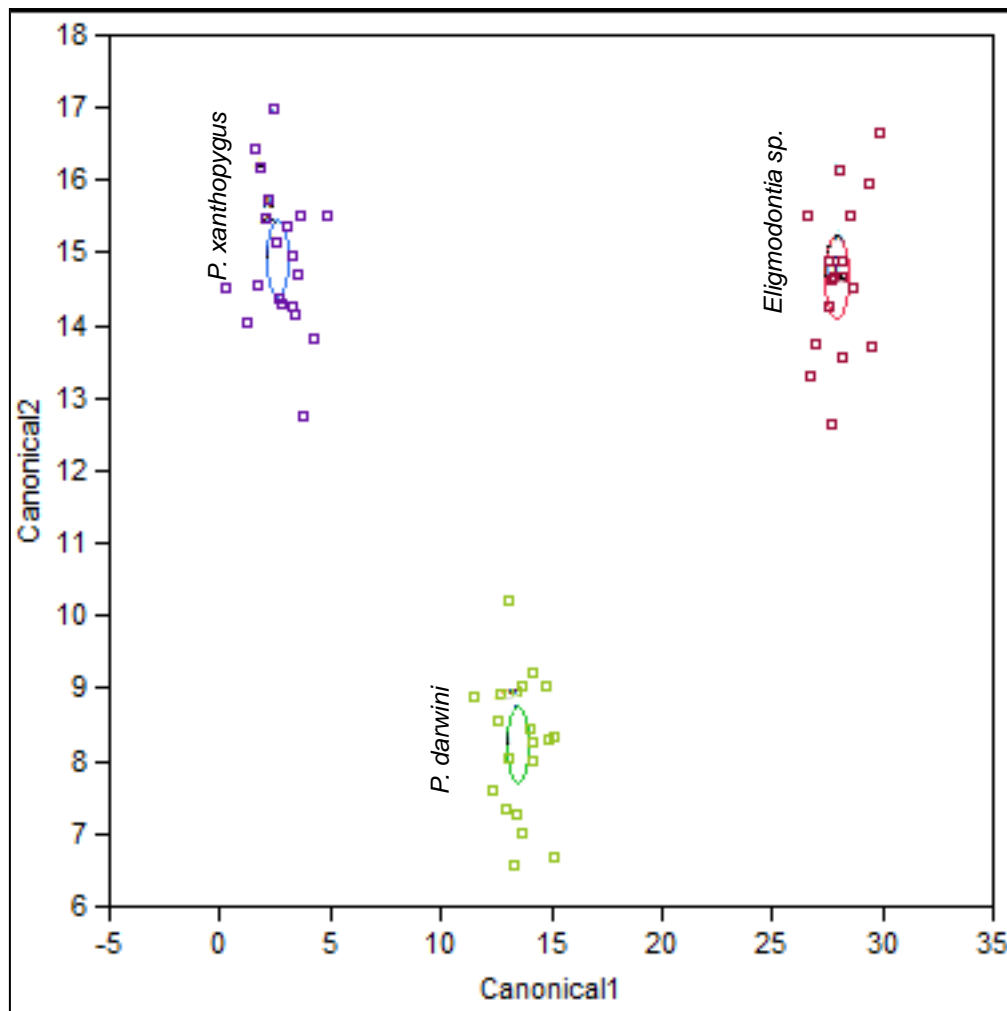
**Tabla 1.** Se observan los componentes principales 1, 2 y 3 con los valores de rotación (porcentaje de varianza explicada en la matriz). Valores en negrita indican alta carga (>0,6) de carácter en el componente.

<b>Caracteres taxonómicos</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	<b>CP3</b>
Distancia setas j5-j5 (j5-j5)	-0,113872	0,124928	0,520760
Largo seta j5 (Lj5)	<b>0,878288</b>	0,208796	-0,063272
Distancia setas z5-z5 (z5-z5)	0,252395	0,055107	-0,182325
Largo seta z5 (Lz5)	<b>0,865376</b>	0,157471	-0,078371
Ancho placa dorsal (APD)	<b>0,646807</b>	0,435293	-0,022870
Largo placa dorsal (LPD)	<b>0,645835</b>	0,393151	0,099094
Distancia setas J5-J5 (J5-J5)	<b>0,721199</b>	0,196890	0,005476
Largo seta J5 (LJ5)	<b>0,889256</b>	0,286514	-0,049740
Distancia setas Z5-Z5 (Z5-Z5)	0,043554	0,587601	0,208162
Largo seta Z5 (LZ5)	<b>0,866253</b>	0,071167	0,035634
Largo seta gnatosomal (Lgn)	0,435000	0,467438	0,065987
Distancias setas gnatosomal - seta hipostomal (gn-h3)	0,376790	-0,225020	0,335829
Largo seta hipostomal (Lh2)	0,131066	0,292297	-0,139866
Largo seta hipostomal (Lh3)	0,318046	<b>0,651330</b>	-0,254290
Distancia setas hipostomales (h2-h3)	0,137969	-0,216987	0,566414
Largo primera seta esternal (st1-st1)	<b>0,748163</b>	0,138290	0,274773
Largo primera seta esternal (Lst1)	0,538823	0,517118	0,247134
Ancho placa esternal (APE)	0,560384	0,251083	-0,080829
Largo placa esternal (LPE)	<b>0,849815</b>	-0,002757	0,205149
Distancia terceras setas esternales (st3-st3)	0,334867	0,209150	0,347205
Largo tercera seta esternal (Lst3)	<b>0,732677</b>	0,044251	0,106045
Distancia setas metaesternales (st4-st4)	0,144535	0,230629	0,218427
Largo seta metaesternal (st4)	0,186284	<b>0,762818</b>	0,050995
Distancia setas epiginales (St5-st5)	0,595272	0,522384	0,349124
Largo seta epiginal (st5)	0,419584	<b>0,601884</b>	-0,088055
Ancho placa epiginal (APEg)	0,265257	0,301746	0,347147
Largo placa epiginal (LPEg)	0,441599	0,011308	0,385672
Ancho máximo placa anal (AMPA)	0,226829	0,244377	0,452584
Largo placa anal (LPA)	0,050031	<b>0,741771</b>	0,128478
Distancia media placa anal (DMPA)	0,117835	0,213170	<b>0,628885</b>

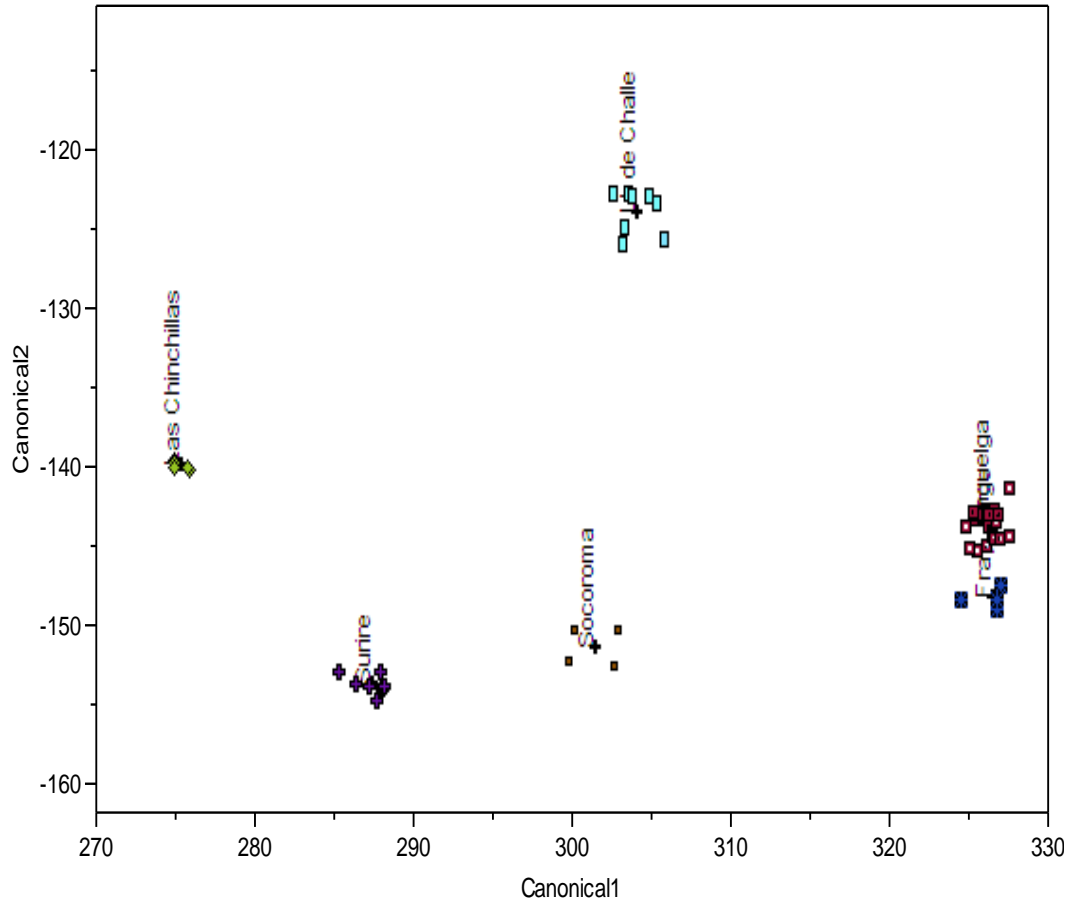
Distancia setas paranales (paa-paa)	<b>0,827142</b>	0,237744	0,192625
Largo seta paranal (Lpaa)	<b>0,611229</b>	0,016014	0,266154
Largo seta postanal (Lpoa)	0,566291	0,193252	0,099616
CRIBUM	0,055991	0,200036	<b>0,679850</b>
Largo peritema (per)	0,191737	0,357589	0,233557
Largo seta proximal coxa I (Lspcl)	<b>0,701283</b>	0,360899	-0,115802
Largo seta distal coxa I (Lsdcl)	0,381415	0,471863	0,191793
Largo seta posterior coxa III (LspcIII)	-0,162696	0,463873	0,213440
Largo seta coxa IV (LscIV)	-0,027787	-0,048738	0,249091
Largo seta distal anterior femir I (Lsdafi)	0,250012	-0,082007	-0,302259
Largo seta posterior gena I (Lspgl)	0,384029	0,285644	0,016501

El análisis de correspondencia canónica (ACC) también mostró diferencias entre las poblaciones de *A. fahrenheitzi* que parasitan a *P. darwini*, *P. xanthopygus* y *E. puerulus* (Figura 9), similar es lo observado con las poblaciones de *A. fahrenheitzi* y las localidades donde fueron encontrados (Figura 10).





**Figura 9.** Análisis de correspondencia canónica entre caracteres diagnósticos de ácaros *A. fahrenheitii* y especies hospedadoras.



**Figura 10.** Análisis de correspondencia canónica entre caracteres diagnósticos de ácaros *A. fahrenheiti* y localidades.

Al comparar los promedios obtenidos de los diferentes caracteres de diferenciación taxonómicos entre las especies hospedadoras, se puede observar una diferencia de 30  $\mu\text{m}$  en el largo de la seta j5 entre los ácaros de *E. puerulus* con los de *P. xanthopygus* y de 10  $\mu\text{m}$  si se compara con los de *P. darwini*, siendo de mayor tamaño esta seta en los ácaros presentes en *E. puerulus*. Lo mismo ocurre si se compara la seta z5 de los ácaros obtenidos desde *E. puerulus* con los de *P. xanthopygus*, entre ellas existe una diferencia de 40  $\mu\text{m}$ , mientras que si se compara con los ácaros presentes en *P. darwini* la diferencia es de 30  $\mu\text{m}$ . En cuanto al largo de las setas J5 y Z5, las diferencias sólo se observan si se comparan los ácaros a nivel del género del hospedador, siendo en ambos casos

20  $\mu\text{m}$  más largas en *Eligmodontia* que en *Phyllotis*. También se pudo observar una diferencia considerable de 80  $\mu\text{m}$  mayor del ancho en el APD de los ácaros recolectados en *E. puerulus* que los encontrados en *P. xanthopygus*. Al realizar la comparación con los ácaros aislados desde *P. darwini*, esta diferencia se estrecha pero sigue siendo considerable (50  $\mu\text{m}$ ). Si se compara el ancho de esta misma placa entre las especies de *Phyllotis*, es 30  $\mu\text{m}$ , mayor en *P. darwini* que en *P. xanthopygus*. Una diferencia marcada se observa al comparar el LPD de los ácaros presentes en *E. puerulus* con los de *P. xanthopygus*, donde la diferencia es de 80  $\mu\text{m}$  y si se compara con los ácaros de *P. darwini*, la diferencia es un tanto menor (60  $\mu\text{m}$ ). En cuanto al APE, existe una diferencia de 40  $\mu\text{m}$  mayor en los ácaros encontrados en *E. puerulus* con respecto a los recolectados en *Phyllotis* (Tabla 2).

**Tabla 2.** Medidas de los ácaros *A. fahrenheiti* en las cuales se detectaron diferencias entre los tres hospedadores estudiados.

Especie hospedadora	Promedio de medidas de <i>A. fahrenheiti</i> ( $\mu\text{m}$ )							
	j5	z5	APD	LPD	J5	Z5	APE	LPGV
<i>P. xanthopygus</i>	30	30	370	600	30	80	100	280
<i>P. darwini</i>	40	40	400	620	30	80	100	270
<i>E. puerulus</i>	60	70	450	680	50	100	140	300

Al evaluar las diferencias obtenidas, se puede observar que de los 41 caracteres morfométricos elegidos, 23 de ellos presentan una diferencia estadísticamente significativa al ser comparadas entre *E. puerulus* y las dos especies de *Phyllotis* (Tabla 3). Cabe destacar que de estos 23 caracteres morfométricos, 13 de ellos corresponden a caracteres que pesan positivamente en el CP1.

**Tabla 3.** Diferencias estadísticamente significativas entre los caracteres morfométricos de *A. fahrenheiti* recolectados de las tres especies de roedores estudiados. Nombres con una letra en común de superíndice, no son estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ).

Caracteres diagnóstico	Hospedador	Valor - p	Media $\mu\text{m}$	D.E
Largo seta j5 (Lj5)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,03	0,00
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>		0,04	0,03
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,06	0,1
Largo seta z5 (Lz5)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,03	0,00
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>		0,04	0,1
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,07	0,0044
Ancho placa dorsal (APD)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,37	0,05
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>		0,4	0,03
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,4	0,05
Largo placa dorsal (LPD)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,6	0,04
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>		0,6	0,04
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,6	0,04
Distancia setas J5 - J5	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,07	0,0044
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>		0,07	0,01
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,08	0,0044
Largo seta J5 (LJ5)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>	0,001	0,03	0,0039
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>		0,03	0,001
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,05	0,01
Largo seta Z5 (LZ5)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>	0,001	0,08	0,01
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>		0,08	0,01
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,1	0,01
Largo seta hipostoma 3 (Lh3)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>	0,003	0,05	0,0041
	<i>P. darwini</i> <sup>AB</sup>		0,06	0,1
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,06	0,1
Largo seta gnatosomal (Lgn)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,03	0,0022
	<i>P. darwini</i> <sup>B</sup>		0,04	0,0031
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,04	0,0043
Distancia setas st1 - st1	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,08	0,01
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>		0,08	0,01
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,09	0,01



Largo seta S1 (Lst1)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>		0,05	0,01
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>	0,0003	0,06	0,01
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,06	0,01
Ancho placa esternal (APE)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>		0,1	0,0
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,1	0,0
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,1	0,05
Largo placa esternal (LPE)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>		0,09	0,01
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,09	0,01
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,1	0,0024
Largo seta S3 (Lst3)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>		0,07	0,01
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,07	0,01
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,08	0,0043
Largo seta S4 (Lst4)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>		0,05	0,01
	<i>P. darwini</i> <sup>B</sup>	0,01	0,06	0,01
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,06	0,01
Distancia setas S5 -S5	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>		0,08	0,01
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,08	0,01
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,09	0,01
Largo seta S5 (Lst5)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>		0,05	0,01
	<i>P. darwini</i> <sup>B</sup>	0,0001	0,06	0,01
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,06	0,01
Distancia setas paranales (paa – paa)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>		0,04	0,0039
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,04	0,0046
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,05	0,0024
Medida seta paranal (paa)	<i>P. xantopygus</i> <sup>B</sup>		0,05	0,01
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,04	0,01
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,05	0,01
Medida seta postanal (poa)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>		0,06	0,01
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>	0,0004	0,06	0,01
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,07	0,0049
Medida seta proximal coxa I (Lspcl)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>		0,04	0,0022
	<i>P. darwini</i> <sup>A</sup>	0,0001	0,04	0,0022
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,05	0,0047
Medida seta distal coxa I (Lsdcl)	<i>P. xantopygus</i> <sup>A</sup>		0,03	0,0044
	<i>P. darwini</i> <sup>AB</sup>	0,008	0,04	0,01
	<i>E. puerulus</i> <sup>B</sup>		0,04	0,0044

Por lo tanto, a través de esta prueba también podemos diferenciar a los ácaros *A. fahrenheitzi* presentes en la especie *E. puerulus* de los presentes en *Phyllotis* spp. por el largo de las setas Lj5, Lz5, LJ5, LZ5, Lh3, Lgn, Lst1, Lst3, Lpaa, Lpscl y Ldscl. El ancho y largo de la placa dorsal (APD y LPD), ancho y largo de la placa esternal (APE y LPE) y largo placa anal (LPA), además de las distancias entre las setas J5 – J5, st1–st1, st5-st5 y paa-paa. Es así, como los ácaros encontrados en *E. puerulus* son de mayor tamaño que los encontrados en *P. darwini* y *P. xanthopigus*. De esta manera se corrobora los grupos formados por el ACP.



## VIII. DISCUSIÓN

Los ectoparásitos *A. fahrenheitzi*, extraídos desde tres especies hospedadoras del norte de Chile, comprenden dos grupos que podrían diferenciarse morfológicamente, uno asociado a las dos especies del género *Phyllotis* estudiados y otro grupo asociados a *E. puerulus*, siendo estos últimos de mayor tamaño que los presentes en *P. darwini* y *P. xanthopygus*. Mientras que para las localidades, existen dos grupos de ácaros bien definidos, una en la localidad altiplánica de Enquelga y otra en la localidad costera del P.N. Llanos de Challe, en tanto los ácaros encontrados en las localidades de las Chinchillas, Surire, Socoroma y Fray Jorge presentan un tamaño intermedio entre las localidades de Enquelga y P.N. Llano de Challe, no evidencian diferencias entre sí.

Si bien los ácaros *A. fahrenheitzi* analizados en el presente estudio coinciden con las descripciones propuestas por Strandtmann (1949), Tipton *et al.* (1966) y Furman (1972), se observan diferencias intraespecíficas en cuanto a los tamaños de placas y setas, siendo estos resultados similares a los encontrados por otros autores (Strandtmann 1949; Till 1963; Evans & Till 1966; Strandtmann & Wharton 1966; Tipton *et al.* 1966; Furman 1972, Lareschi *et al.* 2013). Desafortunadamente son pocos los autores que entregan las medidas obtenidas de *A. fahrenheitzi*. Por ejemplo, Tipton *et al.* (1966) sólo entregan las medidas del largo de placa dorsal (LDS) de los ácaros encontrados sobre *H. grymnus* ( $> 800 \mu\text{m}$ ) y *S. hispidus* ( $572 \mu\text{m}$ ) en Venezuela. Si se comparan con las medidas obtenidas en este estudio, estos ácaros son de menor tamaño que los presentes en *H. grymnurus* ( $120 - 200 \mu\text{m}$ ), pero de mayor tamaño que las presentes en *S. hispidus* ( $30 - 110 \mu\text{m}$ ). Si bien los autores de este trabajo no especifican claramente el porqué de estas diferencias de tamaño entre los ácaros, plantean principalmente la posibilidad de influencias geográficas. Por otra parte, los ácaros recolectados por Till (1963) sobre *Otomys irroratus* (Brants, 1827) (Rodentia: Muridae) tienen un tamaño similar a los ácaros aislados en el presente estudio ( $600 - 653 \mu\text{m}$ ), siendo sólo de mayor tamaño los ácaros obtenidos desde *E. puerulus*. Cuando se comparan las medidas obtenidas en este trabajo y las entregadas por Owen & Till (1966) en sus observaciones de *A. fahrenheitzi* en Inglaterra (no especificando la especie de

hospedador), las mayores diferencias se presentan en el largo de la placa dorsal (LDS), siendo de mayor tamaño esta estructura en los ácaros de Inglaterra (714  $\mu\text{m}$  v/s 600 – 680  $\mu\text{m}$ ). Otra diferencia radica en el largo de la placa epiginal (LES) que es de mayor tamaño en los ácaros de Inglaterra (270 – 300  $\mu\text{m}$  v/s 156  $\mu\text{m}$ ) que en los ácaros analizados en este estudio. Recientemente Lareschi *et al.* (2013) encontraron al ácaro *A. fahrenheitzi* parasitando a la especie de ave *Premnoplex brunnescens* (Sclater) (Aves: Passeriformes) en Costa Rica, presentando este ácaro un largo promedio de 778  $\mu\text{m}$  (720–810) y ancho promedio de 500  $\mu\text{m}$  (470–520), lo que los hace ser 1,5 veces más largos que anchos. Los ácaros *A. fahrenheitzi* encontrados en esta ave son de mayor tamaño que los registrados en este estudio, ya que presentan una diferencia de 98  $\mu\text{m}$  de largo con los ácaros extraídos desde *E. puerulus* y de 178 y 158  $\mu\text{m}$  con los ácaros de *P. darwini* y *P. xanthopygus* respectivamente. Si se compara el ancho de los *A. fahrenheitzi* extraídos desde *P. brunnescens* con los de este estudio se observa una diferencia de 50  $\mu\text{m}$  con los ácaros de *E. puerulus* y de 130 y 100  $\mu\text{m}$  con los *P. darwini* y *P. xanthopygus*.

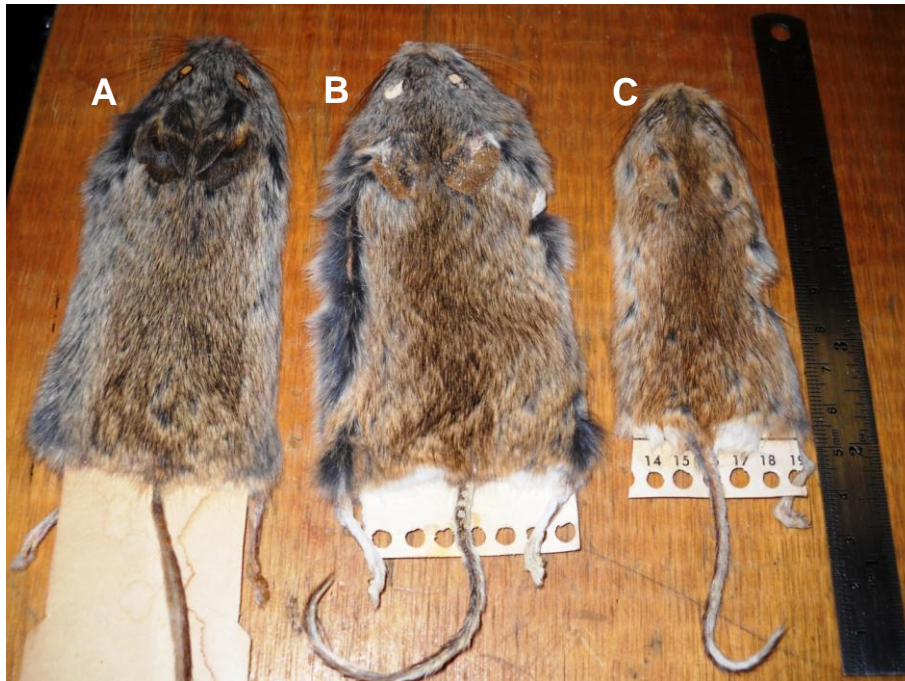
Existen otros autores que han obtenido resultados similares en otras especies de ácaros Laelapidos. Por ejemplo, Gettinger & Owen (2000), en el tamaño del ácaro *Androlaelaps rotundus* (Fonseca) (Mesostigmata: Laelapidae) de roedores de Paraguay, donde pudieron observar cuatro grupos morfométricamente distinguibles del ácaro aislados desde cuatro especies de roedores: *Akodon cursor* (Winger, 1887) (*A. montensis* (Thomas, 1913), dado que *A. cursor* no se encuentra en Paraguay), *A. azarae* (Fischer, 1829), *A. toba* (Thomas, 1921) y *Bolomys lasiurus* (Lund, 1841) (actualmente *Necromys lasiurus* (Waterhouse, 1837)) (Rodentia: Cricetidae). Los ácaros de *A. montensis* fueron los más pequeños, mientras que los de *A. azarae* y *A. toba* fueron de mayor tamaño, teniendo un tamaño intermedio los ácaros presentes en *N. lasiurus*. Además realizaron un ACP para ver si existían diferencias en los ácaros recolectados desde *N. lasiurus* dependiendo de la zona geográfica en la cual fueron encontrados (El Chaco, Río Paraguay y región este de Paraguay), no encontrando diferencias en la morfometría de los ácaros, por lo tanto la zona geográfica no

influyó en ellos. Estos autores señalan que los ácaros Laelapidae son dependientes de sus hospedadores para dispersarse, por lo que la transmisión tendería a ser vertical entre conoespecíficos, con pequeñas oportunidades de transferirse a otras especies hospedadoras. Esto sobre todo en hospedadores relativamente cercanos, que en vertebrados que tienden a ser divergentes ecológicamente (especialmente en simpatria). Esto podría relacionarse con los resultados obtenidos en los ácaros *A. fahrenheiti*, donde justamente las diferencias morfométricas se observan entre los roedores *E. puerulus* y ambas especies del género *Phyllotis*, siendo *E. puerulus* una población de roedores apartada de los ratones del género *Phyllotis*, por lo que las diferencias morfométricas evidentes que se observan, sería por no existir un traspaso de ácaros. Posteriormente, este grupo de cuatro especies de ácaros pertenecientes al complejo de *A. rotundus* (Gettinger & Owen 2000) fueron descritas como nuevas especies, hospedadoras específicas de los roedores akodontinos de la división *Akodon* (Cricetidae, Sigmodontinae) (sensu D'Elía 2003) (Lareschi & Velasco 2013; Lareschi 2010; 2011; Lareschi & Gettinger 2009), y el grupo de especies *A. rotundus* se propuso para incluir el nominal, así como las especies cercanas (Lareschi 2011). Nuevamente Gettinger *et al.* (2011), estudiando ácaros de roedores de Paraguay, establecen mediante ACP que *Laelaps manguihosi* (Mesostigmata: Laelapidae) se diferencia morfométricamente entre sus hospedadores, estableciendo cuatro grupos bien constituidos de ácaros asociados a sus hospedadores. Adicionalmente, se detectaron diferencias estadísticamente significativas en 23 de las 37 variables analizadas para los ácaros encontrados en *H. chacarius* y *N. squamipes*. Similares resultados se obtuvieron en el presente estudio, donde de los 41 caracteres de diferenciación taxonómicos seleccionados, 23 de ellos se diferenciaron significativamente ( $p < 0,0001$ ), coincidiendo muchos de estos con los caracteres indicados como importantes en el ACP (Lj5, Lz5, APD, LPD J5-J5, LJ5, LZ5, st1-st1, LPE, st3-st3, paa-paa, Lpaa y Lspcl). Por otra parte, Martins-Hatano *et al.* (2012), realizando estudios morfométricos en algunos ácaros de Brasil, detectaron en *Gigantolaelaps vitzthumi* (Fonseca) (Mesostigmata: Laelapidae) para el ACP dos grupos bien definidos, uno asociado a *Cerradomys*

*vivoi* (Percequillo, Hingst-Zaher & Bonvicino, 2008) recolectados en la localidad de Chapada Diamantina (13° 09' 46" S – 42° 10' 58" O), otro asociado de los roedores *C. goytaca* (Wagner, 1842) recolectados en Restinga de Jurubatiba (22° 23' S – 41° 45' O) y *C. scott* (Langguth & Bonvicino, 2002) (Rodentia: Cricetidae) recolectados en Distrito Federal (15° 57' S – 47° 54' O), y pudieron observar variaciones morfométricas tanto en hospedadores como en localidades. Resultados parecidos se encuentran en el ácaro *Laelaps manguihonsi* (Mesostigmata: Laelapidae), donde el ACP muestra dos grupos de ácaros separados morfométricamente entre sus hospedadores, *Nectomys squamipes* (Brants, 1827) recolectado en Distrito Federal y *N. rattus* (Peter, 1979) recolectado en Restinga de Jurubatiba y Praia de Neves (21° 15' 296" S – 40° 57' 991" O), evidenciando diferencias morfométricas de ácaros recolectados en diferentes hospedadores y localidades. En cuanto al ácaro *L. differens*, el ACP muestra dos grupos, uno asociado al hospedador *C. scotti* recolectado sobre Distrito Federal y otro asociado al roedor *C. goytaca* recolectado en Restinga de Jurubatiba, donde también observaron diferencias morfométricas tanto entre hospedadores como entre localidades. Estos resultados son similares a los del presente estudio, donde el ACP muestra por lo menos dos poblaciones de *A. fahrenheitzi* separadas en cuanto a su localización, una correspondiente a la zona altiplánica de Enquelga (19° 13' S - 68° 48' O) a 3.850 m.s.n.m. y otra en la zona costera de Llanos de Challe (28° 10' S – 71° 00' O) a 19 m.s.n.m.. Cabe destacar, que a pesar del bajo número de muestras analizadas en las localidades (Enquelga n=18; Llanos de Challe n=8, Surire n=7, Las Chinchillas n=5, Fray Jorge n=4 y Socoroma n=4), se logra observar diferencias entre las poblaciones de ácaros *A. fahrenheitzi* encontrados en la localidad altiplánica de Enquelga, con el resto de las localidades analizadas, por lo que sería interesante aumentar el esfuerzo de muestreo y evaluar si se observan estas agrupaciones en otras especies de roedores que estén parasitadas por este ácaro y en otras localidades del sur de Chile. Recientemente Lareschi & Galliari (artículo en prensa) también utilizando ACP, identificaron cuatro grupos de ácaros, pertenecientes al grupo *A. rotundus*, cada uno específico de su hospedador, independientemente si sus hospedadores se

encontraban en simpatría y descartando variación geográfica. Todos estos resultados, ponen de manifiesto que las variaciones morfométricas intraespecíficas en los ácaros *Laelapidos* se deberían a complejos de especies con distintos morfos altamente específicos de sus hospedadores, aunque en algunas ocasiones se observan variaciones geográficas. Lareschie & Galliari (artículo en prensa) proponen que estos distintos morfos se deben a cambios de hospedadores de los ácaros, seguido de una especiación, basados principalmente en que los ácaros *Laelapidos* que habitan en los nidos de sus hospedadores podrían colonizar nuevos hospedadores al compartir nidos o por solapamiento del rango geográfico de los hospedadores. Esto mismo podría estar ocurriendo en *A. fahrenheitzi*, una especie asociada a los nido de sus hospedadores (Krantz & Walter 2009; Radovsky 1994; Strandtmann & Wharton 1958). Sin embargo, no podemos descuidar las variaciones morfológicas encontradas entre las localidades del presente estudio, donde también se podría estar evidenciando una especiación producto del aislamiento geográfico entre los ácaros de los hospedadores que no superponen sus rangos de distribución (Enquelga, localidad altiplánica y R.N. Llanos de Challe, localidad costera). Pensamos que las grandes diferencias en la morfometría de los ácaros *A. fahrenheitzi* de *E. puerulus* se debe a que este roedor no se encontraba en simpatría con *P. darwini* y *P. xanthopygus* en este estudio, por lo que el intercambio de ácaros no se produciría, generando una especie de barrera en este intercambio de parásitos. Mientras que *P. darwini* y *P. xanthopygus* son roedores que se encuentran en simpatría, pudiendo compartir las especies de ácaros y de esta forma, *A. fahrenheitzi* presentaría solo algunas diferencias en su morfometría que hasta el momento no permiten una clara diferenciación.

Otro factor que podría estar determinando algunas de las variaciones taxonómicas de esta especie de ácaro, es el pelaje del hospedador, lo cual se puede deber a un proceso de adaptación del ácaro a su hospedador (Fain 1968,1979). Iriarte (2010) señala que *E. puerulus* tiene un pelaje tupido y sedoso, mientras que *P. darwini* y *P. xanthopygus* tienen un pelaje largo y suave, estas diferencias podrían dar origen variaciones de sus ectoparásitos (Figura 11).



**Figura 11.** Pieles de: **A.** *P. darwini*. **B.** *P. xanthopygus*. **C.** *E. puerulus*.

Un punto importante de comentar es que en el ACP se obtuvo algunos solapamientos entre las especies de ácaros obtenidos desde *P. darwini* y *P. xanthopygus*, sin embargo al realizar el ACC, este efecto no se observó, ya que se detectó tres grupos de hospedadores bien definidos según las características de *A. fahrenheitzi*. Ocurre lo mismo si se comparan los caracteres de diferenciación taxonómicos según las localidades de muestreo, donde se observan 6 grupos bien definidos de ácaros en el ACC. Pensamos que este solapamiento se puede deber a que *P. darwini* y *P. xanthopygus*, son roedores que si bien morfológicamente se pueden llegar a diferenciar, podría existir algún grado de error en su identificación, por lo que sería conveniente realizar futuros análisis moleculares de estas especies de roedores. En definitiva, las diferencias en el tamaño de ciertas estructuras (setas y placas) ayudarían a estos “morfos” de ácaros a adaptarse de mejor manera al hospedador y su ambiente, pudiendo generar paulatinamente especiación de los ácaros *A. fahrenheitzi*, haciéndose más específicos de un hospedador. Debido a que en esta primera instancia se pudo comprobar a través de la taxonomía, la



existencia de diferencias morfométricas que se encuentran en la especie de ácaro *A. fahrenheiti* en relación a sus hospedadores y sitios de recolecta, sería válido realizar análisis a nivel molecular y así establecer si se tratarían de subespecies o si verdaderamente se podrían considerar como especies distintas, pudiendo darles un nombre específico, pero siempre asociadas al grupo *fahrenheiti*.



## IX. REFERENCIAS

BOTELHO, J.R., LINARDI, P.M. & DE MARIA, M. 2002. Alguns gêneros e subgêneros de Laelapidae (Acari: Mesostigmata) associados com roedores e revalidados por meio de taxonomia numérica. *Lundiana* 3(1):51-56.

D'ELÍA, G., GONZALES, E.M. & PARDIÑAS, U.F. 2003. Phylogenetic analysis of sigmodontine rodents (Muroidea), with special reference to the akodont genus *Deltamys*. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde* 68(6):351-364.

EVANS, G.O. & TILL, W.M. 1966. Studies on the British Dermanyssidae (Acari: Mesostigmata I. Part II, Classification. *Bulletin of The British Museum (Natural History) Zoology* 14(17):8-370.

FAIN, A. 1968. Etude de la variabilite de *Sarcoptes scabiei* avec une revision des Sarcoptidae. *Acta Zoologica et Pathologica Antverpiensia* 47: 1-96.

FAIN, A. 1994. Adaptation, specificity and host-parasite coevolution in mites (Acari). *Internatinal Journal of Parasitology* 24(8):1273-1283.

FURMAN, D.P. 1972. Laelaps mites (Laelapidae: Laelapinae) of Venezuela. *Brigham Young University Science. Bulletin* 17(3):1-58.

GETTINGER, D., DICK, C.W. & OWEN, R.D. 2011. Host associations between laelapine mites (Mesostigmata: Laelapidae) and palustrine rodents in Paraguay: a study of host specificity and cryptic species. *Systematic and Applied Acarology* 16(2):145–159.

GETTINGER, D. & OWEN, R.D. 2000. *Androlaelaps rotundus* Fonseca (Acari: Laelapidae) associated with akodontine rodents in Paraguay: a morphometric examination of a pleioxenous ectoparasite. *Revista Brasileira de Biología* 60(3):425-434.

GREGORY, R.D., KEYMER, A.E. & CLARKE, J.R. Genetics, Sex and Exposure: The Ecology of *Heligmosomoides polygyrus* (Nematoda) in the Wood Mouse. *Journal of Animal Ecology* 59(1):363-378.

HAIR, J.F., ANDERSON, R.E., TATHAM, R.L. & W.C. BLACK. 1999. Análisis multivariante. Prentice Hall Iberia, Madrid. 799 pp.

IRIARTE, A. 2008. Mamíferos de Chile. Lynx, Barcelona, España. 420 pp.

KRANTZ, G.H. & WALTER, D.E. 2009. A manual of Acarology. University Press. Texas, EE.UU. 807 pp.

LARESCHI, M. & GETTINGER, D. 2009. A new species of *Androlaelaps* (Acari: Parasitiformes) from the akodontine rodent *Deltamys kemp* Thomas, 1919 in La Plata River Basin, Argentina. *Journal of Parasitology* 95(6):1352- 1355.

LARESCHI, M. 2010. A new species of *Androlaelaps* Berlese, 1903 (Acari: Parasitiformes) parasitizing an akodontine rodent (Cricetidae, Sigmodontinae) in North eastern Argentina. *Systematic Parasitology* 76(3):199-203.

LARESCHI, M. & BARROS-BATTESTI, D.M. 2010. *Androlaelaps rotundus* (Fonseca) (Acari: Parasitiformes: Laelapidae): taxonomic status, lectotype / paralectotype designation, with new morphological details. *Comparative Parasitology* 77(1):114-116.

LARESCHI, M. 2011. Laelapid mites (Parasitiformes, Gamasida) parasites of *Akodon philipmyersi* (Rodentia, Cricetidae) in the Northern Campos Grasslands, Argentina, with the description of a new species. *Journal of Parasitology* 97(5):795-799.

LARESCHI, M., LITERAK, I., CAPEK, M. & SYCHRA, O. 2013. Specific association between the mites *Androlaelaps fahrenheiti* (Acari: Laelapidae) and birds *Premnoplex brunnescens* in Costa Rica: possible evidence of a recent host switch. *Experimental and Applied Acarology* 60(3):281–287.

LARESCHI, M. & VELAZCO, P. 2013. Laelapinae mites (Acari, Parasitiformes, Laelapidae) parasitic of sigmodontine rodents from northern Peru, with the description of a new species from *Akodon aerosus* (Rodentia, Cricetidae, Sigmodontinae). *Journal of Parasitology* 99(2):189-193.

LARESCHI, M. & GALLIARI, C. (En prensa). Multivariate discrimination among cryptic mites of the genus *Androlaelaps* (Acari: Mesostigmata: Laelapidae) parasitic of sympatric akodontine rodents (Cricetidae: Sigmodontinae) in northeastern Argentina: possible evidence of host switch followed by speciation, with the description of two new species.

MARTINS-HATANO, F.A., GETTINGER, D.B., MANHÃES, M.C. & BERGALLO, H.G. 2012. Morphometric variations of laelapine mite (Acari: Mesostigmata) populations infesting small mammals (Mammalia) in Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72(3):595-603.

MELLA, J.E., SIMONETTI, J.A., SPOTORNO, A.E. & CONTRERAS, L.C. 2002. Mamíferos de Chile. En: *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales*. (Eds. Ceballos, G. y J.A., Simonetti) pp. 151-183. Conabio-Unam. D.F., México.

MUÑOZ-PEDREROS, A. & GIL, C. 2009. Orden Rodentia. En: *Mamíferos de Chile* (Eds. Muñoz-Pedrerros, A. & J. Yañez), pp. 93-157. CEA, Valdivia, Chile.

RADOVSKY, F.J. The evolution of parasitism and the distribution of some dermanysoid mites (Mesostigmata) on vertebrate hosts. En: Mites Ecological and evolutionary analyses of life-history patterns (Ed. Marilyn, A.H), pp. 186-217. Chapman & Hall, New York, USA.

REYTBLAT, A.G. 1965. Biology of the gamasid mite *Haemolaelaps semidesertus* Breg (Gamasoidea: Parasitiformes) (in Russian). Zoologicheskyy zhurnal 44:863–870.

SANTIBAÑEZ, F., ROA, P. & SANTIBAÑEZ, P. 2008. Capítulo I: El medio físico. En: Biodiversidad de Chile Patrimonio y desafío (Eds. Rovira, J., J. Ugalde & M. Stutzi), pp. 21-42. Ocho libros, Santiago, Chile.

STRANDTMANN, R.W. 1949. The blood-sucking mites of the genus *Haemolaelaps* (Acarina: Laelaptidae) in the United States. Journal of Parasitology 35(4):325–352.

STRANDTMANN, R.W. & G.W. WHARTON. 1958. A manual of mesostigmatid mites parasitic on vertebrates. Institute of Acarology, Maryland, USA. 69 pp.

TILL, W.M. 1963. Ethiopian Mites of the Genus *Androlaelaps* Berlese s. lat. (Acari: Mesostigmata). Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology. 10(1):1-104.

TIPTON, V.J., ALTMAN, R.M. & KEENAN, CH.M. 1966. Mites of the subfamily Laelaptinae in Panamá (Acarina: Laelaptidae). En: Ectoparásitos de Panamá (Eds. WENZEL, R.L. & V.J. TIPTON), pp. 23-82. Field Museum of Natural History, Chicago, Illinois, USA.

## CAPÍTULO II

### EVALUACIÓN DE LOS FACTORES ECOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN LA COMUNIDAD DE ÁCAROS (ARACHNIDA: ACARI) EN *Phyllotis darwini* (WATERHOUSE, 1837) (MAMMALIA: RODENTIA) DEL NORTE CHICO DE CHILE.

#### I. RESUMEN

Chile presenta una gran diversidad de roedores, además de una geografía y climatología únicas que lo hacen un buen escenario para evaluar los factores que influyen en la comunidad de ácaros. El objetivo principal de este estudio fue evaluar las comunidades de ácaros asociados a *Phyllotis darwini*, identificando las especies y los factores ecológicos que determinan su abundancia. Para esto, se realizaron estacionalmente cuatro campañas de capturas de roedores en el norte chico de Chile. Fueron visitadas localidades pertenecientes a dos ecorregiones: mediterránea árida (R.N. Las Chinchillas, P.N. Fray Jorge) y mediterránea per-árida (P.N. Llanos de Challe y P.N. Pan de Azúcar). Para cada ecorregión, localidad y estación se calculó la prevalencia (P%), intensidad media, abundancia media, índice de agregación y discrepancia de los ácaros recolectados para lo que se utilizó el programa Quantitative Parasitology 3.0. Para determinar los factores ecológicos (ecorregiones, temperaturas, humedades y precipitaciones máx. y mín., largo total, peso, condición corporal y largo de oreja) que influyeron en la abundancia de los ácaros se utilizaron modelos lineales generalizados (R i386 3.0.1). La estructura de la comunidad de ácaros se evaluó mediante el índice C-score con los algoritmos E-E y E-F (Ecosim 7). En total se capturaron 487 *P. darwini* desde donde se extrajeron 587 ácaros, de los cuales 141 correspondieron a *Androlaelaps fahrenheiti* (8 machos y 133 hembras) y 117 *Ornithonyssus bacoti* (21 machos y 96 hembras), además de 329 individuos inmaduros de ambas especies. La mayor P% para ambos ácaros se obtuvo en primavera, en la localidad de Llanos de Challe (ecorregión mediterránea per-árida (MPA)). La mayor abundancia de ácaros estuvo asociada a la mayor presencia de roedores en la temporada de primavera. La abundancia de *A. fahrenheiti* se vio influenciada por la ecorregión, humedad relativa, condición corporal (CC), peso y largo total.

Mientras que la abundancia de *O. bacoti* se vio influenciada por la temperatura máxima/mínima y humedad mínima, además del sexo y CC del hospedador. Ambos algoritmos E-E y E-F señalan que entre *A. fahrenheitzi* y *O. bacoti* existe una asociación positiva en las temporadas de invierno, primavera y verano, mientras que en otoño no existiría una interacción ni positiva ni negativa, principalmente por el bajo n que se obtuvo en esta temporada. La abundancia de estos ácaros se ve influenciada por una suma de factores abióticos como bióticos, pero además se relacionaría con el propio comportamiento de *A. fahrenheitzi* y *O. bacoti* sobre su hospedador.

**Palabras claves:** roedores, ácaros, factores ecológicos, ecología de parásitos, Chile.



## II. ABSTRACT

Chile has a wide variety of rodents, and a unique geography and climate that make it a good scenario to evaluate the factors that influence community mites. The main objective of this study was to evaluate the communities mites associated *Phyllotis darwini*, identifying species and ecological factors that determine their abundance. For this, four campaigns seasonally catch rodents in the north of Chile were performed. The localities visited belonged to two ecoregions: arid mediterranean (N.R. Las Chinchillas, N.P. Fray Jorge) and per-arid mediterranean (N.P. Llanos de Challe and N.P. Pan de Azúcar). For each ecoregion, locality and season was calculated prevalence (P%), mean intensity, mean abundance, aggregation and discrepancy indices mites collected used software Quantitative Parasitology 3.0. To determine the ecological factors (ecoregions, temperature, humidity and rainfall max. and min., total length, weight, body condition and ear length) that influenced the abundance of mites was used generalized linear models (used R 3.0.1 i386 ). The community structure of mites was assessed using the C-score index with EE and EF algorithms (Ecosim 7). In total 487 *P. darwini* were captured and 587 mites were extracted, of which 141 correspond to *Androlaelaps fahrenheitzi* (8 males and 133 females), 117 *Ornithonyssus bacoti* (21 males and 96 females) and 329 individuals immature both species. The highest P% was obtained for both mites species in spring, from N.P. Llanos de Challe (per-arid mediterranean ecoregion (PAM)). The greater abundance of mites was associated with the increased presence of rodents in the spring season. The abundance of *A. fahrenheitzi* was influenced by ecoregion, relative humidity, body condition host (BC), weight and total length. While the abundance of *O. bacoti* was influenced by a high/low temperature and low humidity, sex and body condition host. Both algorithms (EE and EF) indicate a positive association between *A. fahrenheitzi* and *O. bacoti* in winter, spring and summer. Whereas in autumn, there was no interaction mainly for the low sample size obtained in this season. The abundance the *A. fahrenheitzi* and *O. bacoti* is influenced by of abiotic and biotic factors, but also be related to their own behavior and on its host.

**Keywords:** rodents, mites, ecological, ecology of parasites, Chile.



### III. INTRODUCCIÓN

Los roedores constituyen un buen modelo de estudio ecológico debido a su gran abundancia, amplia distribución, fácil captura y manipulación, características que representa muy bien en Chile la especie de roedor *P. darwini* (Figura 1). Sin embargo, pese a la gran diversidad de roedores presentes en el país, son escasas las investigaciones que hacen mención a su parasitofauna, esto se ve reflejado en el bajo número de trabajos publicados y especies de roedores estudiadas, donde sólo 23 (33,3%) de las 69 especies presentes en Chile (Silva-de la Fuente datos no publicados), han sido estudiadas, siendo sus aspectos ecológicos aún menos investigados, siendo enfocadas principalmente en Siphonaptera (pulgas) y Phthiraptera (piojos), quedando los ácaros relegados muchas veces por su compleja taxonomía. Específicamente, en cuanto a la acarofauna en roedores de Chile, existen sumamente pocas investigaciones que hacen mención de éste tema (Sikora & Bochkov 2012; Lareschi & González-Acuña 2010; Jofré *et al.* 2009; Goff & Webb 1989a, 1989b).

Los ácaros (clase Arachnida, subclase Acari) están representados por dos superórdenes, los Parasitiformes (con los órdenes Opilioacarida, Holothyrida, Ixodida y Mesostigmata) y Acariformes (con los órdenes Trombidiformes y Sarcotiformes) (Krantz & Wallter 2009). Los ácaros parásitos en general, pueden causar daño en sus hospedadores tales como bajas de peso, anemia, pérdida del potencial reproductivo, trastornos en el sistema inmune, irritación de la piel, pudiendo incluso producir la muerte del hospedador si el número de ácaros es muy grande (Krantz & Walter 2009). Por otra parte, hay que considerar que los parásitos pueden representar un problema sanitario, al ser transmisores de enfermedades infecciosas zoonóticas (Muñoz-Pedreros & Gil 2009a; Beck & Pfister 2004; Guglielmone *et al.* 2003; Engel *et al.* 1998; Furman 1959) transformándose, por lo tanto, en un tema que debe ser estudiado con mayor detención.

La mayoría de las publicaciones existentes sobre ectoparásitos en roedores en Chile, están enfocadas en la descripción de nuevas especies, nuevos registros, nuevas asociaciones hospedador-parásito y su distribución, pero poco es tratado

el tópico ecológico de esta temática. Con respecto a este punto, a nivel mundial, existen numerosos trabajos que estudian la relación existente entre las comunidades de parásitos y diversos factores relacionados directamente con el hospedador, como por ejemplo el sexo, la masa corporal, tamaño, edad y peso, así como otras características relacionadas con la distribución y densidad poblacional del hospedador (Linardi & Krasnov 2012; Linderfors *et al.* 2007; Lareschi, 2004; Proctor & Jones 2004; Soliman *et al.* 2001). Si se observa qué sucede con la abundancia de ácaros frente a algunos factores bióticos como el sexo del hospedador, donde existen variaciones intersexuales determinadas por factores conductuales entre hembras y machos (eg. reproducción, distribución, acicalamiento), los resultados son múltiples y al parecer también influye la especie de hospedador sobre el cual se encuentra el parásito (Cattadori *et al.* 2006). Algunos autores como Schalk & Forbes (1997), Poulin (1996) y Zuk & McKean (1996), plantean principalmente dos causas de esta diferencia de abundancia ligada al sexo del hospedador, una ecológica que puede ser producto del comportamiento entre machos y hembras, rango de distribución, dieta, elección del microhábitat y crianza y otra causa que es fisiológica, que involucra el efecto deletéreo resultante en los machos representando al sexo heterogamético, el efecto que produce el estrés en el sistema inmune, un efecto directo de esteroides sexuales sobre el crecimiento y desarrollo de los parásitos y también un efecto indirecto de los esteroides sexuales que actúan sobre el crecimiento y desarrollo de los parásitos pero mediado a través del sistema inmune. Otros autores que han estudiado este tema, como Sheridan *et al.* (2000), señalan basados en sus resultados, que no siempre existe un sesgo ligado al sexo en las infecciones por parásitos entre artrópodos, siendo esta ausencia de sesgo independiente del hospedador y taxón evaluado. Igualmente en los trabajos de Lareschi (2004) y Monello *et al.* (2009), coinciden en que no existe una diferencia significativa en cuanto a la abundancia de ectoparásitos y el sexo del hospedador, mientras que Poulin (1996), que hizo una revisión de la literatura disponible, observó que tanto en la prevalencia como en la intensidad de infección (sobre todo en nemátodos), existe un fuerte sesgo en el sexo de los mamíferos, siendo los machos más

fuertemente parasitados que las hembras. Similar resultado observaron Schalk & Forbes (op. cit), los que señalan que los resultados de laboratorio, que corresponden a la mayoría de los trabajos disponibles, no pueden indicar si las diferencias sexuales en el grado de parasitismo son generales o importantes en la naturaleza. En este sentido, Soliman *et al.* (2001), en Egipto, detectaron que tanto la abundancia como la prevalencia de algunas especies de ácaros mesostigmata presentan diferencias significativas entre los sexos de sus hospedadores (*Rattus rattus* y *R. norvegicus*), como también existe una diferencia si se compara la abundancia y prevalencia de estos ácaros con respecto al largo total del hospedador, asumiendo que un mayor tamaño del hospedador sirve para albergar un mayor número de parásitos. Por su parte, Presley & Willig (2008), en un estudio realizado en murciélagos de Paraguay, observaron que los ectoparásitos no responden predecible y consistentemente al tamaño corporal de su hospedador, donde la abundancia incrementa con el tamaño corporal en 12 instancias, mientras que decrece en 11 casos, encontrando además que las hembras albergan más parásitos que los machos.

Por otra parte, datos entregados de forma experimental por Hawlena *et al.* (2008), quienes evaluaron los efectos de una alta carga parasitaria sobre la condición corporal (CC), observaron que la infestación con pulgas no causa un efecto negativo en la condición corporal, aunque el nivel de infestación sí causó un efecto negativo cuando experimentalmente se restringió el alimento, por lo que algún desmedro en la CC no solo se restringe a la extracción de sangre por parte de los parásitos, por lo que en condiciones naturales se ven afectados directamente según la cantidad de recursos alimenticios que tenga el hospedador al momento de ser estudiado. En otro estudio, Pérez-Orella *et al.* (2005), señalan en su investigación realizada en ratones *Glaucomys sabrinus* (Shaw), que hubo una tendencia no significativa de los machos pequeños a ser más parasitados que machos más grandes por parte del ácaro *Haemogasus reidi* (Ewing, 1925), pero que no existe evidencia de que los machos más parasitados estén en peores condición que los machos menos parasitados. Esto induce a pensar dos cosas, que los parásitos pueden influir en la condición de los hospedadores que son más

susceptibles a los ectoparásitos y no pueden simplemente asignar suficiente energía para su crecimiento y por lo tanto son más pequeños y lo otro, es que la carga parasitaria no parece afectar la condición corporal y sugiere que los costos energéticos de los ectoparásitos no son significativos. Estas diferencias en los resultados hacen suponer que son múltiples los factores y que en algunas ocasiones generan similares resultados con respecto a la abundancia de parásitos por hospedador, por lo que llegar a determinar con exactitud el nivel de influencia de cada una de estas variables no es tarea fácil.

De igual forma, Krasnov *et al.* (2007), estudiaron en ácaros gamasidos cómo responden algunos parásitos frente a algunos factores abióticos, específicamente en ácaros hematófagos, observaron que la temperatura del aire, altitud y precipitaciones juegan un rol importante en la abundancia de estas especies de ácaros, y que estas variaciones a su vez dependen de la especie hospedadora sobre la cual se encuentren los ácaros. Por lo tanto, al parecer algunas asociaciones dependerían de la identidad de la especie hospedadora, sin embargo, en otras ocasiones se explicarían mejor por condiciones ambientales locales. Por otra parte, los cambios estacionales tienen distintos efectos sobre las poblaciones o comunidades de parásitos, existiendo trabajos en los que sí se encuentra una influencia estacional y en otros no. Esto se puede observar en el trabajo de Monello *et al.* (2009), quienes no encontraron una relación con la estacionalidad en especies de Phthiraptera parásitos de la especie de mapache *Procyon lotor*, mientras que Soliman *et al.* (2001) encontraron diferencias estacionales en la prevalencia y abundancia en ácaros Mesostigmata en *Rattus rattus* y *R. norvegicus*.

En Chile, los pocos estudios de ecología parasitarias realizados, se han enfocado en cómo los factores bióticos (e.g. sexo, edad, condición corporal (CC), entre otros) y abióticos (e.g. temperatura, humedad relativa, latitud, productividad primaria, entre otros), influyen en la riqueza y abundancia de ectoparásitos por hospedador (Bazán-León 2010; Moreno 2010). Moreno (2010) estudió la parasitofauna del ave *Milvago chimango* (Vieillot, 1816), mientras que Bazán-León (2010) estudió la parasitofauna del roedor *Abrothrix olivaceus* (Waterhouse, 1837)

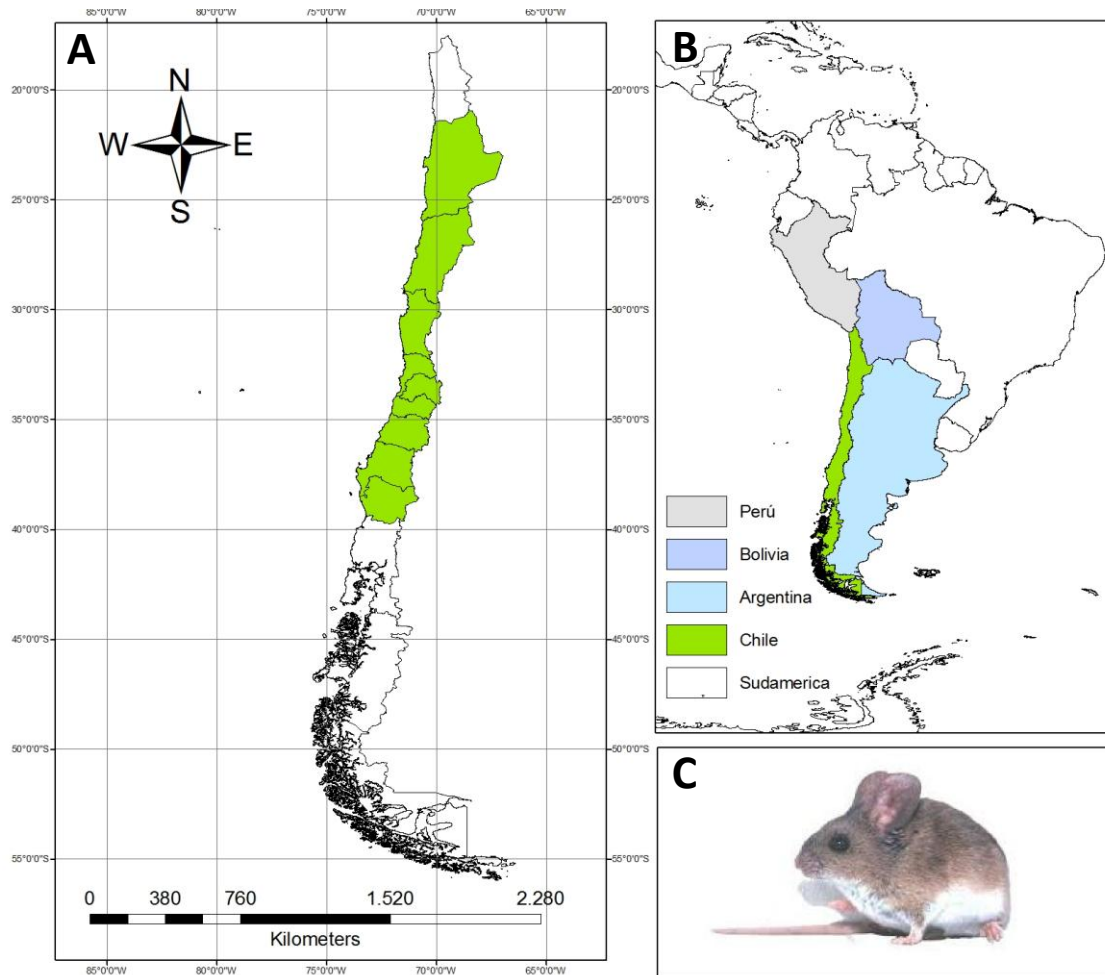
y el marsupial *Thylamys elegans* (Waterhouse, 1839), siendo este último muy poco informativo en cuanto a las especies de ácaros con la cuales se trabajó, ya que sólo son clasificados hasta nivel de Familia. Hay que destacar que los estudios antes mencionados, tanto internacionales como nacionales, no consideran algunos aspectos relevantes en cuanto a la biología de las especies de ácaros estudiadas, como el tipo de alimentación o ciclo reproductivo, hechos que hacen que algunas especies pasen mayor o menor tiempo sobre su hospedador, es por esto, que en la presente discusión son considerados estos aspectos que explican de mejor forma algunos de los resultados obtenidos. Además, los trabajos existentes toman en cuenta la temperatura, humedad y precipitaciones medias, y no las extremas, bajo las cuales se puede observar realmente cómo responden los diversos organismos.

Por otra parte, la abundancia de ácaros en un hospedador también está determinada tanto por interacciones intraespecíficas e interespecíficas, donde las diferentes especies pueden mostrar asociaciones sinérgicas y antagonistas, o asociaciones independientes con otras especies de parásitos. Estas interacciones se pueden originar a través de una relación directa entre las especies de parásitos por recursos, como el espacio o alimento, o mediadas por factores intrínsecos que involucran la susceptibilidad, inmunidad, hormonas o las condiciones fisiológicas del hospedador, o por factores extrínsecos que están relacionados con la exposición del hospedador, como la estacionalidad, las características del hábitat, el comportamiento del hospedador o las interacciones con otras especies de hospedadores simpátricos (Cattadori *et al.* 2006). Sin embargo, pese a todas estas variables que pueden alterar la comunidad de parásitos, los estudios revelan que tanto factores intrínsecos como extrínsecos serían débiles o irrelevantes para afectar la comunidad de parásitos (Cattadori *et al.* 2006; Krasnov *et al.* 2006a). Al contrario, estudios en laboratorio revelan importantes interacciones entre especies de parásitos (Cattadori *et al.* 2006).

Producto de que Chile ofrece características climáticas y geográficas únicas en el mundo y que influyen directamente en el comportamiento de las especies hospedadoras y debido a la escasa información existente de los ácaros parásitos,

es que el presente trabajo hace una exhaustiva evaluación sobre la comunidad de ácaros asociados al roedor *P. darwini*, determinando las especies de ácaros aisladas, su distribución, evaluando los factores que afectan la abundancia de estas especies, no solo considerando aspectos del hospedador y ambientales, sino que además, enfocándolo en el comportamiento de los ácaros, como el tipo de alimentación y reproducción, de esta manera se ayudará a comprender de mejor forma cómo se comporta la abundancia de estos ácaros y encontrar un patrón en cuanto a los factores que la determinan.





**Figura 1. A.** Distribución del ratón orejado de Darwin (*Phyllotis darwini*) en Chile. **B.** Países Sudamericanos donde está presente *P. darwini*. **C.** Especie de roedor *P. darwini* (Waterhouse 1837). ArcMap 9.3 (ArcInfo, ESRI Inc.).

#### IV. HIPÓTESIS

Los ácaros de roedores se ven influenciados por distintos factores ambientales, así como por factores propios de su hospedador, sin embargo, pese a la diversidad de investigaciones, aún no se establecen con precisión cuáles son los factores que influyen en la abundancia y comportamiento de las diferentes especies de ácaros, por lo tanto, en el presente trabajo se pondrá a prueba la siguiente hipótesis:

1.- La abundancia de *Androlaelaps fahrenheitzi* y *Ornithonyssus bacoti*, ácaros parásitos de *Phyllotis darwini*, se encuentra modelada por factores ecológicos abióticos como las ecorregiones, temperaturas (mín. y máx.), humedad (mín. y máx.), precipitaciones y factores bióticos como el sexo, peso, condición corporal y largo total del hospedador, en el norte chico de Chile.

2.- Las especies de ácaros *A. fahrenheitzi* y *O. bacoti* parásitas de *P. darwini* presentan en el norte chico de Chile un patrón de agregación que no varía entre las temporadas del año.

#### V. OBJETIVOS GENERALES

Evaluar factores que determinan la abundancia de la comunidad de ácaros presentes en *P. darwini* en el norte chico de Chile expuestas a diferentes condiciones ambientales.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.- Determinar la abundancia, prevalencia (P), intensidad media (I.M.), abundancia media (A.M.) e índices de distribución de las especies de ácaros de *P. darwini* en distintas temporadas, localidades y ecorregiones en el norte chico de Chile.



- 2.- Determinar si existen diferencias de P, I.M y A.M entre localidades, estaciones y ecorregiones del norte chico de Chile.
- 3.- Determinar si los factores abióticos (ecorregiones, T°, H% y precipitación) y bióticos (medidas corporales, condición corporal y sexo) influyen en la abundancia de los ácaros ectoparásitos de *P. darwini* del norte chico de Chile.
- 4.- Determinar si existe interacción (positiva o negativa) en las infracomunidades de ácaros de *P. darwini* en el norte chico de Chile.
- 5.- Establecer nuevas asociaciones hospedador-ectoparásito para Chile.
- 6.- Determinar la relación macho/hembra existente entre las especies *A. fahrenheitzi* y *O. bacoti*, que parasitan *P. darwini* en el norte chico de Chile.



## VI. METODOLOGÍA

### **Temporadas, ecorregiones y localidades de estudio.**

Para manipular las especies de micromamíferos en áreas silvestres protegidas se obtuvo autorización del SAG (N° 8082), CONAF (N° 11/2010) y del Comité de Bioética de la Universidad de Concepción (Anexos fig. 1, 2 y 3).

Por un periodo de un año se realizó un total de cuatro campañas de muestreo (otoño – invierno – primavera - verano) en el norte chico de Chile, el que comprende dos ecorregiones, mediterránea árida (M.A) y mediterránea per-árida (M.P.A). Dentro de la primera ecorregión se consideró la Reserva Nacional Las Chinchillas (31° 30'S - 71° 53'O) y el Parque Nacional Fray Jorge (30° 30'S - 71° 35'O) y en la segunda ecoregión se visitó el Parque Nacional Llanos de Challe (28° 07'S - 71° 30'O) y el Parque Nacional Pan de Azúcar (26° 09'S - 70° 41'O). En cada localidad se muestreó 2 a 3 días por visita. Los datos de T° (máx. y mín.), H% (máx. y mín.) y precipitaciones (máx. y mín.) para las temporadas y localidades analizadas se obtuvieron desde informes solicitados a CONAF y DGA (Dirección General de Aguas).

### **Método de captura de hospedadores**

Las capturas de los roedores se realizaron por medio de trampas tipo Sherman (Ancho 7,5 cm; Largo 18,5 cm; Alto 9 cm), las que fueron ubicadas en sitios donde se detectó la presencia de heces y madrigueras. Las trampas fueron cebadas con avena machacada, considerado uno de los cebos más eficaces para atraer micromamíferos (Jiménez *et al.* 1992). Las trampas fueron activadas al atardecer permaneciendo toda la noche para ser revisadas a la madrugada siguiente. Una vez que estas fueron recogidas, cada roedor fue extraído e inyectado intramuscularmente con una solución de Ketamina 0,044 mg/g y Xilacina 0,006 mg/g (Kreeger & Arnemo, 2012), una vez sedado, se registraron sus medidas corporales (mm) por medio de un pie de metro digital (Mitutoyo, error instrumental:  $\pm 0,2 \text{ mm} / \pm .008''$ ), correspondientes a: largo total (LT, cabeza+cuerpo), largo de oreja (LORE), largo de cabeza (Lca), largo de cola (LC), largo de pie (LPiE).

Además se calculó la condición corporal (CC), por medio de la fórmula de “Fulton” (K), donde:  $K = [\text{peso}/(\text{LT})^3]$ , siendo el peso de cada hospedador expresado en gramos (g) y largo total en centímetros (cm). Posterior a esto los ácaros se recolectaron manualmente con pinzas finas desde el cuerpo del animal por un periodo de 10 minutos. Los ácaros fueron almacenados en crioviales de 1,5 mL con alcohol al 70%, para su posterior análisis. Una vez terminada la inspección, los roedores fueron marcados con un crotal seriado en su oreja derecha (Figura 2); cuando terminó el efecto de la sedación, estos fueron liberados en el mismo lugar de captura.

Un punto importante a considerar en la manipulación de los roedores es la exposición al virus Hanta, donde el principal reservorio es *Oligoryzomys longicaudatus* (Bennett, 1832), no obstante, otras especies de roedores en Chile son seropositivos incluyendo a *Abrothrix olivaceus* (Waterhouse, 1937), *Abrothrix longipilis* (Waterhouse, 1937) y *Abrothrix sanborni* (Osgood, 1943) y los Phylotinos *Loxodontomys micropus* (Waterhouse, 1937) y *P. darwini* (Padula *et al.* 2004; Murúa 1999). Pese a esto, no han habido informes de que estas especies estén implicadas en la transmisión del virus de humano o de roedor (Padula *et al.* 2004). Independiente de que el norte de Chile presenta frecuentemente altas radiaciones solares que permitiría la degradación del virus Hanta, en todo momento se tomaron las medidas de seguridad establecidas por la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S. 1999), quienes recomiendan el uso de guantes de látex para la manipulación de los roedores. Antes de sacarse los guantes es necesario lavarse las manos con una solución de hipoclorito (3 cucharadas de cloro en 4,5 litros de agua) y posteriormente lavar directamente las manos con abundante agua y jabón. Se usó un respirador-purificador con protector facial completo equipado con filtro HEPA cuando se extrajo cada roedor de las trampas o estos fueron manipulados en áreas afectadas. Las trampas con heces u orina fueron limpiados con desinfectante comercial o con solución de hipoclorito, posteriormente fueron lavadas.

### **Identificación de las especies de ácaros.**

Una vez en el Laboratorio de Aracnología de la Universidad de Concepción, se procedió a contar el número de ácaros por criovial (cada uno correspondiente a un roedor) y luego a la identificación de éstos. Para poder llegar a determinar la especie de ácaro, primero se procedió a aclarar los individuos usando solución Nesbitt, la que se dejó actuar entre dos días a una semana dependiendo del grado de ingurgitación y queratinización que tuvieran los ácaros. Una vez aclarados se procedió a su montaje, para lo cual se utilizó el medio Berlese, ambos procesos se realizaron siguiendo lo planteado por Krantz & Walter (2009). Inicialmente para identificar la familia a la cual pertenecían los ácaros se utilizó el Manual de Acarología (Krantz & Walter op.cit), luego para la identificación del género y especie se utilizaron las claves dadas por Furman (1972), Tipton *et al.* (1966), Evans & Till (1966), Strandtmann & Wharton (1958), Fonseca (1939, 1938). Adicionalmente, se utilizó microscopía electrónica (Laboratorio de Microscopía Electrónica Universidad de Concepción) en algunos ejemplares (Instrumento JSM-6380).

### **Análisis estadístico**

Se calculó la prevalencia [ $P = (\text{n}^\circ \text{ de hospedadores infectados} / \text{n}^\circ \text{ de hospedadores prospectados}) \times 100$ ], intensidad media (I.M. =  $\text{n}^\circ \text{ de parásitos de una especie determinada} / \text{n}^\circ \text{ de hospedadores infectados con esa especie}$ ), abundancia media (A.M. =  $\text{número de parásitos} / \text{n}^\circ \text{ de hospedadores prospectados}$ ) e intervalos de confianza (95%), además de los índices de agregación (I.D. =  $\text{relación entre la varianza} / \text{abundancia media}$ ) y discrepancia (D), los que evalúan cómo se distribuyen los parásitos en su hospedador, utilizando el programa Quantitative Parasitology 3.0 (Rozsa *et al.* 2000). Se realizó un análisis multivariado Kruskal Wallis (InfoStat v.2013) para evaluar si existen diferencias de P, I.M. y A.M. entre las localidades, estaciones y ecorregiones del norte chico.

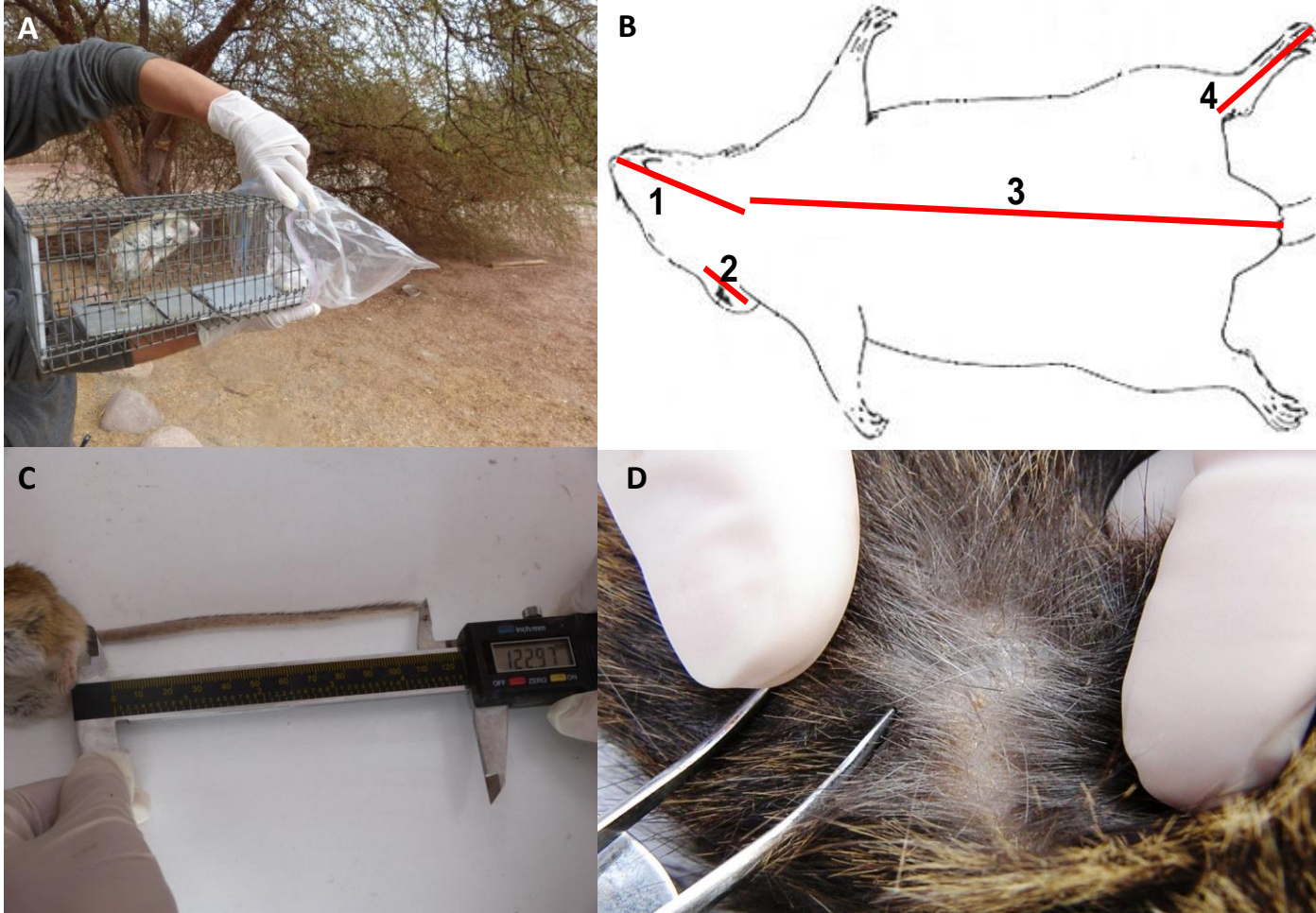
Para evaluar los factores ecológicos que influyen en la abundancia de los ácaros recolectados se utilizaron Modelos Lineales Generalizados (MLG) de

Poisson y Binomial Negativo inflacionados de ceros utilizando el programa Ri 386 (3.0.1). Estos modelos asumen una distribución de probabilidades en la variable respuesta (abundancia de parásitos), a diferencia de los modelos lineales convencionales que generalmente asumen una distribución de probabilidad en el error (en la mayoría de los casos normal), con media cero y varianza constante. Como en este análisis tenemos una variable de tipo conteo, se podría ajustar o modelar mejor la variable respuesta con una distribución Poisson, sin embargo, los datos pueden presentar sobredispersión, esto quiere decir, que la varianza es mayor que la media, de esta forma el modelo Poisson no estará representando bien el comportamiento de los datos. Lo anterior lleva a proponer la distribución Binomial Negativa, que puede interpretar mejor la variabilidad de los datos. También es necesaria una función de enlace para ligar la variable respuesta con las covariables. La función de enlace que se usará en el modelo logístico es la función logit. En definitiva, la función de vínculo se encarga de linealizar la relación entre la variable respuesta (abundancia de ácaros) y la(s) variable(s) independiente(s) (factores bióticos y abióticos) mediante la transformación de la variable respuesta.

El índice de agregación muestra una agregación de los ácaros y una sobredispersión de los datos, lo que genera una gran cantidad de ceros. El origen de esta gran cantidad de ceros puede deberse a un error estructural, esto significa que el hospedador no puede hospedar un ectoparásito porque el hábitat no es el adecuado, un problema en la elaboración del diseño, un error al observar y un error en el lugar de hospedaje, esto significa que el hábitat es el adecuado pero el sitio no está siendo ocupado. En este caso se debe a la naturaleza del diseño y error al observar, por lo que estos ceros en muchos casos son falsos, es decir, al momento de contar los ácaros podrían no haberse detectado todos, porque por ejemplo hay algunos que habitaban de noche o se encontraban en el ambiente y no sobre el hospedador, dependiendo de la fase del ciclo en el cual se encontraban. Los criterios utilizados para escoger entre un modelo y otro fueron el criterio de razón de verosimilitud y el criterio AIC (Criterio de Información de Akaike). El primero, se utilizó entre el modelo Poisson y Binomial Negativo,

donde la hipótesis nula en este caso prueba si la estructura de varianza es la misma. El segundo criterio, llamado AIC, se utilizó para escoger el mejor de cada uno de los modelos anteriores.

Por otra parte, se evaluó la existencia de estructura en las comunidades de parásitos utilizando el modelo nulo de índice de co-ocurrencia C-score comparando dos tipos de algoritmo el SIM1 y SIM2. En el primero tanto las filas (especies de ácaros) como también las columnas (hospedadores) son equiprobables (E-E), es decir, al realizar el análisis la matriz sufre un reordenamiento el cual puede ser igualmente probable, mientras que en el segundo algoritmo las filas son fijas y las columnas son equiprobables (E-F), es decir, el número de especies de ácaros no se restringe sobre un hospedador. Ambos algoritmos utilizan datos de presencia/ausencia (Gotelli 2000). El análisis fue realizado utilizando el software EcoSim 7 (Gotelli & Entsminger 1999). Los índices observados fueron calculados para cada matriz de presencia/ausencia y comparados después con los índices obtenidos desde 10.000 matrices nulas ensambladas al azar. Valores de C-score observado mayores que los estimados de forma aleatoria indican patrones de segregación interespecífica, mientras que valores menores que los estimados de forma aleatoria indican asociación (Gotelli 2000; Gotelli & Entsminger 2009). Las matrices simuladas fueron ensambladas por proceso de Monte Carlo utilizando los algoritmos E-E y F-E.



**Figuras 2.** A. Extracción de roedor desde trampa tipo Sherman. B. Medidas corporales. 1. Largo cabeza; 2. Largo de oreja; 3. Largo de cuerpo; 4. Largo pie. C. Medida largo de cola. D. Detección de ácaros en el cuerpo del hospedador.

## VII. RESULTADOS

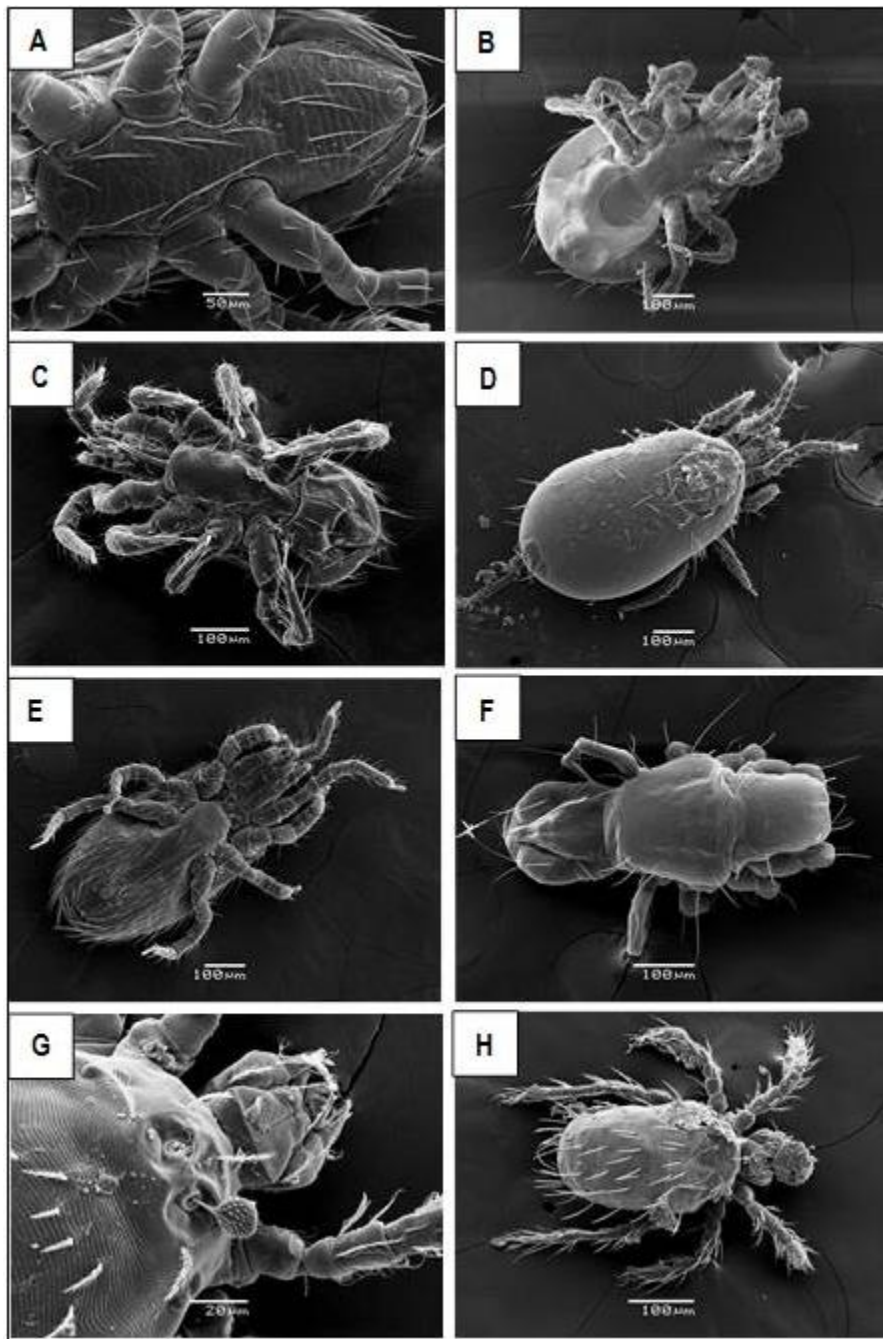
En total se capturaron 487 *P. darwini* en el norte chico de Chile (tabla 1). De ellos se logró aislar un total de 582 ácaros mesostigmata, de los cuales 141 correspondieron a individuos adultos de la especie *Androlaelaps fahrenheitzi* (Berlese, 1911) (Laelapidae) (8 machos y 133 hembras) y 117 *Ornithonyssus bacoti* (Hirst, 1913) (Macronyssidae) (21 macho y 96 hembras). Fueron recolectados 329 individuos inmaduros de ambas especies (*A. fahrenheitzi* y *O. bacoti*). La prevalencia de *P. darwini* infestados con *A. fahrenheitzi* fue de 0,102% (n=50), *O. bacoti* con un 0,104% (n=51) e inmaduros con un 0,199% (n=97). Además, el 53,5% (n=261) de los *P. darwini* capturados estuvieron parasitados por ácaros prostigmata, correspondientes a larvas de las familias Trombiculidae y Leewenhoekidae, en ambos casos los ácaros se encontraban en el orificio auricular. Se identificaron también dos ácaros correspondientes al género *Cheyletus* spp. (Trombidiformes: Cheyletidae) (figura 3). En la temporada de primavera se capturó una mayor cantidad de *P. darwini* (n=243), pudiendo aislar de estos 347 ácaros en total. En la tabla 1 se muestra la abundancia de *P. darwini* por temporadas y localidades, además de la riqueza y abundancia de ácaros.

En el presente estudio fueron capturadas otras especies de roedores en las cuales fueron establecidas nuevas asociaciones hospedador-parásito. *A. fahrenheitzi* se encontró parasitando a *P. xanthopygus* (Waterhouse, 1837), *P. magister* (Thomas, 1912), *Auliscomys boliviensis* (Waterhouse, 1846), *Eligmodontia puerulus* (Philippi, 1896), *A. olivaceus*, *A. longipilis* (Waterhouse, 1837), *Akodon albiventer* (Thomas, 1897) y *A. berlepschii* (Spotorno) y dos marsupiales *Thylamys elegans* (Waterhouse, 1839) y *T. pallidior* (Thomas, 1902), mientras que *O. bacoti* fue encontrado no solo en los Múridos *Mus musculus* (Linné, 1758), *Rattus rattus* (Linné, 1758) y *R. norvegicus* (Berkenhout, 1769), sino que también en los Cricétidos *P. xanthopygus*, *P. magister*, *A. boliviensis*, *E. puerulus*, *O. longicaudatus*, *A. olivaceus*, *A. longipilis*, *A. albiventer* y *A. berlepschii* y en el marsupial *T. elegans*.



**Tabla 1.** Abundancia de *P. darwini* y especies de ácaros por temporadas y localidades.

Temporadas	Localidades	Abundancia <i>P. darwini</i>	Abundancia por especie de ácaro				Inmaduros	Abundancia total ácaros
			<i>A. fahrenheitzi</i> ♂	<i>A. fahrenheitzi</i> ♀	<i>O. bacoti</i> ♂	<i>O. bacoti</i> ♀		
Otoño 2010	R. N. Las Chinchillas	4	0	1	0	1	0	2
	P. N. Ll. de Challe	4	0	0	0	0	3	3
	P. N. Pan de Azúcar	6	0	0	0	0	0	0
Invierno 2010	R.N. Las Chinchillas	15	1	19	1	3	4	28
	P.N. Fray Jorge	5	0	1	0	0	0	1
	P.N Ll. de Challe	24	0	4	0	0	2	6
	P.N. Pan de Azúcar	5	0	0	0	0	0	0
Primavera 2010	R.N Las Chinchillas	32	0	23	0	0	4	27
	P.N Fray Jorge	44	1	14	3	26	41	85
	P.N Ll. de Challe	101	2	59	11	30	103	205
	P.N. Pan de Azúcar	66	2	5	0	12	16	35
Verano 2011	R.N. Las Chinchillas	40	2	0	0	2	16	20
	P.N. Fray Jorge	27	0	0	1	5	11	17
	P.N. Ll. de Challe	78	0	8	2	6	57	73
	Pan de Azúcar	36	0	0	3	12	72	87
<b>Abundancia total</b>		<b>487</b>	<b>8</b>	<b>133</b>	<b>21</b>	<b>96</b>	<b>329</b>	



**Figura 3.** Especies de ácaros y sus estadios obtenidas desde microscopía electrónica. a) *A. fahrenheiti* macho, b) *A. fahrenheiti* hembra, c) *A. fahrenheiti* inmaduro, d) *O. bacoti* inmaduro, e) *O. bacoti* hembra, f) *Cheyletus* sp. g-h) larvas de trombicúlidos.

Al analizar las diferencias de P%, I.M. y A.M. de *A. fahrenheiti*, *O. bacoti* e inmaduros entre las temporadas, no se encontró diferencia estadísticamente significativas entre ellas (P:  $p = 0,25$ ; I.M.:  $p = 0,62$  y A.M.:  $p = 0,74$ ) (tabla 2). En relación a los I.A. y D, que evalúan cómo se agrupan las especies de ácaros de acuerdo a la abundancia de estos por hospedador, ambos índices muestran una agregación de las especies de ácaros.



**Tabla 2.** Prevalencia (P%), intensidad media (I.M.), abundancia media (A.M.), índice de agregación (I.A.) e índice de discrepancia (D) por temporada. Intervalos de confianza entre paréntesis.

Temporadas	Ácaro	Hosp. Analizados	Hosp. Infect	P (%)	I.M.	A.M.	I.A.	D
<b>Otoño</b>	<i>A. fahrenheiti</i>	15	1	6,7 (0,0016 - 0,3195)	18 (0,00 - 0,00)	1,2 (0,00 - 3,60)	18 (0,00 - 18,00)	0,88
	<i>O. bacoti</i>	15	1	6,7 (0,0016 - 0,3196)	1 (0,00 - 0,00)	0,07 (0,00 - 0,20)	1 (0,00 - 1,00)	0,88
	Inmaduros	15	2	13,3 (0,0165 - 0,4047)	2,5 (2,00 - 2,50)	0,33 (0,00 - 0,87)	2,6 (2,00 - 2,60)	0,83
<b>Invierno</b>	<i>A. fahrenheiti</i>	49	8	16,3 (0,0732 - 0,2966)	3,13 (2,00 - 5,00)	0,51 (0,22 - 1,08)	4,6 (2,65 - 6,95)	0,88
	<i>O. bacoti</i>	49	1	2 (0,0005 - 0,1086)	4 (0,00 - 0,00)	0,08 (0,00 - 0,24)	4 (0,00 - 4,00)	0,96
	Inmaduros	49	2	4,1 (0,0049 - 0,1398)	3 (2,00 - 3,00)	0,12 (0,00 - 0,37)	3,33 (2,00 - 3,33)	0,95
<b>Primavera</b>	<i>A. fahrenheiti</i>	243	36	14,8 (0,1059 - 0,1992)	2,92 (2,03 - 4,39)	0,43 (0,26 - 0,70)	7,32 (4,01 - 11,44)	0,92
	<i>O. bacoti</i>	243	43	17,7 (0,1311 - 0,2309)	1,91 (1,53 - 2,33)	0,34 (0,23 - 0,47)	2,85 (2,26 - 3,62)	0,88
	Inmaduros	243	54	22,2 (0,1715 - 0,2798)	3,04 (2,33 - 4,04)	0,67 (0,46 - 0,93)	6,3 (4,69 - 9,10)	0,88
<b>Verano</b>	<i>A. fahrenheiti</i>	179	8	4,5 (0,0194 - 0,0862)	1,25 (1,00 - 1,50)	0,06 (0,02 - 0,11)	1,6 (1,00 - 2,29)	0,96
	<i>O. bacoti</i>	179	18	10,1 (0,0606 - 0,1543)	1,72 (1,28 - 2,33)	0,17 (0,09 - 0,28)	2,42 (1,56 - 3,53)	0,92
	Inmaduros	179	39	21,8 (0,1597 - 0,2856)	4 (2,87 - 5,90)	0,87 (0,55 - 1,35)	9,31 (5,81 - 15,02)	0,89

Tampoco se observó diferencias significativas entre localidades en los valores de P, I.M. y A.M. de los ácaros, (P:  $p = 0,2$ ; I.M.:  $p = 0,47$  y A.M.:  $p = 0,88$ ). En relación a los I.A. y D, se obtuvo que ambos índices muestran una agregación de las especies de ácaros.



**Tabla 3.** Prevalencia (P%), intensidad media (I.M.), abundancia media (A.M.), índice de agregación (I.A.) e índice de discrepancia (D) por localidad. Intervalos de confianza entre paréntesis.

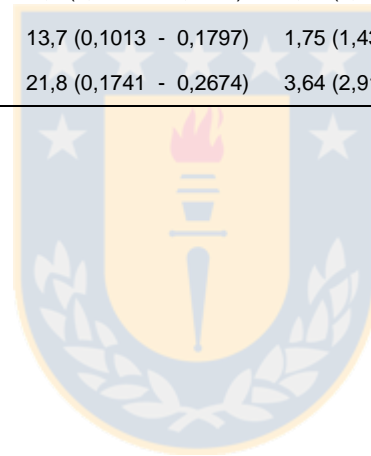
Localidades	Ácaro	Hosp. analizados	Hosp. Infect	P. (%)	I.M.	A.M.	I.D.	D.
<b>R. N. Las Chinchillas</b>	<i>A. fahrenheiti</i>	91	12	13,2 (0,0700 - 0,2191)	3,75 (2,00 - 7,58)	0,49 (0,21 - 1,18)	9,04 (2,93 - 14,79)	0,92
	<i>O. bacoti</i>	91	3	3,3 (0,0068 - 0,0934)	2 (1,00 - 3,00)	0,07 (0,01 - 0,22)	3 (1,00 - 3,67)	0,96
	Inmaduros	91	8	8,8 (0,0387 - 0,1659)	3 (1,50 - 6,63)	0,26 (0,09 - 0,71)	6,42 (2,08 - 10,02)	0,94
<b>P. N. Fray Jorge</b>	<i>A. fahrenheiti</i>	76	10	13,2 (0,0649 - 0,2287)	1,6 (1,20 - 2,00)	0,21 (0,09 - 0,36)	1,88 (1,46 - 2,40)	0,88
	<i>O. bacoti</i>	76	16	21,1 (0,1253 - 0,3193)	2,19 (1,50 - 3,00)	0,46 (0,26 - 0,78)	3,23 (2,28 - 4,14)	0,85
	Inmaduros	76	19	25 (0,1577 - 0,3626)	2,74 (1,58 - 5,21)	0,68 (0,36 - 1,51)	7,5 (2,89 - 13,06)	0,86
<b>R. N. Ll. de Challe</b>	<i>A. fahrenheiti</i>	207	27	13 (0,0877 - 0,1841)	2,7 (1,81 - 4,22)	0,35 (0,20 - 0,60)	6,12 (3,67 - 10,13)	0,92
	<i>O. bacoti</i>	207	29	14 (0,0958 - 0,1950)	1,69 (1,31 - 2,21)	0,24 (0,15 - 0,35)	2,63 (1,87 - 3,79)	0,90
	Inmaduros	207	50	24,2 (0,1849 - 0,3058)	3,3 (2,62 - 4,38)	0,8 (0,56 - 1,13)	6,36 (4,61 - 9,61)	0,86
<b>P. N. Pan de Azúcar</b>	<i>A. fahrenheiti</i>	114	4	3,5 (0,0096 - 0,0875)	6,25 (1,50 - 14,25)	0,22 (0,04 - 0,82)	13,72 (2,00 - 17,21)	0,97
	<i>O. bacoti</i>	114	15	13,2 (0,0755 - 0,2078)	1,87 (1,47 - 2,40)	0,25 (0,13 - 0,39)	2,36 (1,70 - 3,15)	0,89
	Inmaduros	114	20	17,5 (0,1105 - 0,2579)	4,5 (2,95 - 7,70)	0,79 (0,43 - 1,50)	10,29 (5,11 - 17,95)	0,90

En la tabla 4, al analizar las diferencias entre ecorregiones y los valores de P, I.M., A.M. de los ácaros, estas no fueron estadísticamente significativas (P:  $p = 0,82$ ; I.M.:  $p = 0,51$  y A.M.:  $p = 0,83$ ). En relación a los I.A. y D, se obtuvo que ambos índices muestran una agregación de las especies de ácaros.



**Tabla 4.** Prevalencia (P%), intensidad media (I.M.), abundancia media (A.M.), índice de agregación (I.A.) e índice de discrepancia (D) por ecorregiones. Intervalos de confianza entre paréntesis.

Ecorregiones	Ácaro	Hosp. analizados	Hosp. Infect	P (%)	I.M.	A.M.	I.A.	D
<b>Mediterránea árida</b>	<i>A. fahrenheiti</i>	167	22	13,2 (0,0844 - 0,1927)	2,77 (1,82 - 5,05)	0,37 (0,21 - 0,74)	7,16 (2,57 - 13,37)	0,925
	<i>O. bacoti</i>	167	19	11,4 (0,0699 - 0,1720)	2,16 (1,53 - 2,89)	0,25 (0,14 - 0,40)	3,2 (2,31 - 4,04)	0,921
	Inmaduros	167	27	16,2 (0,1093 - 0,2265)	2,81 (1,85 - 4,67)	0,46 (0,25 - 0,81)	7,16 (3,93 - 11,71)	0,915
<b>Mediterránea per-árida</b>	<i>A. fahrenheiti</i>	321	30	9,3 (0,0639 - 0,1308)	3,23 (2,13 - 5,30)	0,3 (0,17 - 0,49)	8,13 (4,42 - 12,85)	0,952
	<i>O. bacoti</i>	321	44	13,7 (0,1013 - 0,1797)	1,75 (1,43 - 2,14)	0,24 (0,17 - 0,32)	2,53 (2,00 - 3,37)	0,902
	Inmaduros	321	70	21,8 (0,1741 - 0,2674)	3,64 (2,91 - 4,77)	0,76 (0,56 - 1,07)	7,75 (5,44 - 12,16)	0,882





Al analizar los resultados obtenidos de los modelos lineares generalizados (MLG) de Poisson (tablas 5 y 7) y binominal negativo inflacionado de ceros (tablas 6 y 8), el modelo que mejor explica qué factores (abióticos y bióticos) influyen en la abundancia de *A. fahrenheiti* y *O. bacoti* es el modelo binominal negativo inflacionado de ceros. Es así como en la tabla 6 se puede observar que la abundancia de *A. fahrenheiti* está determinada por las variables abióticas: ecorregión per-árida y H% máx., existiendo una relación positiva con estas variables, mientras que los factores bióticos corresponden al peso (relación negativa), CC, LORE y LT (relación positiva).

**Tabla 5.** Modelo Poisson para *A. fahrenheiti*. Asterisco indica  $p < 0,05$ .

Variabes modelo Poisson <i>A. fahrenheiti</i>	Estimación	Error estándar	z valor	Pr (> z )
(Intercepto)	-76,790	13,630	-5,634	0,000
Eco-región (per-árida)	16,599	2,474	6,709	0,000
T° máx.	-0,525	0,108	-4,858	0,000
T° mín.	-0,346	0,116	-2,992	0,003
Pres. máx.	0,673	0,109	6,153	0,000
H% máx.	0,864	0,174	4,956	0,000
Sexo (M)	0,676	0,293	2,308	0,021
CC	115,631	49,370	2,342	0,019
Peso	0,112	0,025	-4,544	0,000
LORE	0,289	0,053	-5,444	0,000
LT	0,103	0,016	6,388	0,000

**Tabla 6.** Modelo binominal negativo para *A. fahrenheiti*. Asterisco indica  $p < 0,05$ .

Variabes modelo Binominal negativo <i>A. fahrenheiti</i>	Estimación	Error estándar	z valor	Pr (> z )
(Intercepto)	- 42,417	13,640	-3,110	0,002*
Eco-región (per-árida)	5,785	1,729	3,347	0,001*
H% máx.	0,449	0,128	3,498	0,000*
Condición corporal	198,380	74,877	2,649	0,008*
Peso	-0,108	0,042	-2,564	0,01*
Largo oreja	-0,382	0,114	-3,348	0,001*
LT	0,091	0,029	3,110	0,002*

Con respecto a los resultados obtenidos para *O. bacoti* se puede observar que la abundancia de este ácaro se ve influenciada por los factores abióticos: T° máx./mín. y H% mín. existiendo en todas ellas una relación negativa. Mientras que los factores bióticos que influyeron fueron: sexo (relación positiva) y CC (relación negativa) del hospedador (tabla 8).

**Tabla 7.** Modelo de Poisson para *O. bacoti*. Asterisco indica  $p < 0,05$ .

VARIABLES MODELO DE POISSON <i>O. bacoti</i>	Estimación	Error estándar	z valor	Pr (> z )
(Intercepto)	17,564	3,528	4,979	0,000*
Eco-región (per-árida)	4,052	1,093	3,706	0,000*
T° máx.	-0,256	0,068	-3,747	0,000*
T° mín.	-0,613	0,099	-6,186	0,000*
Pres. máx.	0,349	0,09	3,877	0,000*
H% mín.	-0,188	0,04	-4,718	0,000*
Sexo (M)	1,003	0,312	3,213	0,001*
Condición Corporal	-88,812	11,842	-6,909	0,000*

**Tabla 8.** Modelo Binominal Negativo para *O. bacoti*. Asterisco indica  $p < 0,05$ .

VARIABLES MODELO BINOMINAL NEGATIVO <i>O. bacoti</i>	Estimación	Error estándar	z valor	Pr (> z )
(Intercepto)	40,885	17,852	2,290	0,022*
Eco-región (per-árida)	4,156	2,527	1,645	0,1
T° máx.	-0,602	0,268	-2,244	0,025*
T° mín.	-1,521	0,669	-2,273	0,023*
Pres. máx.	0,349	0,221	1,578	0,114
H% mín.	-0,324	0,153	-2,110	0,035*
Sexo (M)	1,171	0,495	2,364	0,018*
Condición corporal	-170,762	86,175	-1,982	0,048*

En cuanto al tipo de interacción que se produce entre las especies *A. fahrenheitzi* y *O. bacoti*, podemos observar que los resultados al utilizar el algoritmo E-E señalan que en las temporadas de invierno (C-Score observado = 0,00; C-Score simulado = 0,66;  $p = 0,00$ ), primavera (C-Score observado = 0,52; C-Score simulado = 0,65;

$p = 0,00$ ) y verano (C-Score observado = 0,28; C-Score simulado = 0,66;  $p = 0,00$ ) indica que hay mayor coexistencia de lo esperado por azar (agrupación) (observado  $< =$  simulado). Similares resultados se obtuvieron al aplicar el algoritmo F-E, donde en invierno (C-Score observado = 0,00; C-Score simulado = 0,49;  $p = 0,002$ ), primavera (C-Score observado = 0,52; C-Score simulado = 0,55;  $p = 0,01$ ) y verano (C-Score observado = 0,28; C-Score simulado = 0,61;  $p = 0,00$ ), mostrando que no existen interacciones competitivas entre las especies de ácaros. Mientras que en otoño, para ambos algoritmos E-E y F-E, se obtiene un valor observado mayor que el simulado, sin embargo, la diferencia no es significativa, lo que indicaría una estructuración al azar (C-Score observado = 1,00; C-Score simulado = 0,66;  $p = 0,55$ / C-Score observado = 1,00; C-Score observado = 1,00; C-score simulado = 0,65;  $p = 1$ ).



## VIII. DISCUSIÓN

Este estudio describe formalmente por primera vez la presencia de *A. fahrenheiti* asociado a *P. darwini*. Además, en el presente estudio se recolectó este ácaro en los roedores *P. xanthopygus*, *P. magister*, *Auliscomys boliviensis*, *E. puerulus*, *Abrothrix olivaceus*, *A. longipilis*, *Akodon albiventer* y *A. albiventer berlepschii* y en los marsupiales *Thylamys elegans* y *T. pallidior*, estableciendo, una nueva asociación el ácaro *A. fahrenheiti* con estos hospedadores. Sin embargo, Strandmann (1949), señala el registro de una muestra recolectada en Temuco (Angol) desde un *Oryzomys* sp. (actualmente *Oligoryzomys* sp.), sin entregar información de quién envió esta muestra, fecha de recolecta ni lugar donde se encuentra depositada la muestra. Llama la atención que siendo esta especie de ácaro cosmopolita y polixeno, no haya sido encontrada anteriormente en otros estudios realizados en Chile, lo que pone de manifiesto el escaso esfuerzo que se ha realizado en el tema en Chile. En el caso de *O. bacoti*, es una especie de ácaro que se encuentra en todos los continentes excepto el Antártico y regiones árticas. Se ha vinculado a mamíferos pequeños de laboratorio o vida silvestre, incluido el humano (Beck 2008). Barriga (1965), establece la presencia de este ácaro en Chile parasitando roedores que mantenía en viveros de animales del Laboratorio de Parasitología en Santiago. Años más tarde (2007), esta misma especie de ácaro es reportado en un brote que afectó a varios médicos que compartían la residencia en un hospital antiguo (Juliet C., datos no publicados) (Jofré *et al.* 2009). Esta especie de ácaro, por lo general, se encuentra asociado a roedores múridos, como *Mus musculus*, *Rattus rattus* y *R. norvegicus* (Evans & Till 1966). Registros realizados en el presente estudio muestran una nueva asociación con el cricétido silvestre *P. darwini*, además de otros hospedadores de vida silvestre como *P. xanthopygus*, *P. magister*, *Auliscomys boliviensis*, *E. puerulus*, *O. longicaudatus*, *A. olivaceus*, *A. longipilis*, *Akodon albiventer* y *A. albiventer berlepschii*, además del marsupial *T. elegans*. Esto plantea la posibilidad de que esta especie de ácaro haya llegado con los múridos que ingresaron al continente en los primeros barcos (Beck 2008) y que tal vez de ellos se hayan transmitido a la fauna silvestre de Chile. Destacamos que ambas especies de ácaros se

presentaron en todas las localidades muestreadas. Este rango de distribución puede ser mucho mayor y abarcar incluso todo el rango de distribución de *P. darwini* y del resto de los hospedadores señalados, debido a que estas especies de ácaros han demostrado una baja especificidad por un determinado hospedador.

En cuanto a la ecología de estas especies de ácaros, los resultados del presente estudio muestran que la abundancia de *A. fahrenheiti* y *O. bacoti* se ve influenciada por una suma de factores abióticos (ecorregiones, temperatura y humedad extremas) y bióticos (sexo y tamaño de su hospedador), los cuales son discutidos a continuación.

### **Factores abióticos.**

Factores locales como la temperatura y humedad relativa del aire pueden tener una gran influencia en la tasa de alimentación, reproducción y supervivencia de ácaros gamásidos. Sin embargo, las localidades no sólo se caracterizan por sus características abióticas, sino también por factores bióticos (fauna, flora, suelo, etc.). En particular, cada localidad alberga una cierta fauna de especies hospedadoras y un cierto número de especies de ácaros (Krantz & Walter 2009). Si se analizan los resultados obtenidos bajo el modelo binominal negativo, se puede observar que la abundancia de *A. fahrenheiti* depende de algunos factores abióticos, como la ecorregión mediterránea per-árida donde se registró una mayor prevalencia (21,8%) en los ácaros inmaduros. Además de factores como la H% máx., vinculada directamente con la misma ecorregión que presenta alta humedad, existe una asociación positiva con ambas variables. Para *O. bacoti* existe una asociación negativa con la T° máx., T° mín., y H° mín., esto quiere decir, que la abundancia de este ácaro aumenta cuando en la zona de estudio estos parámetros disminuyen. Se ha comprobado experimentalmente que la temperatura óptima para el desarrollo de este ácaro es de 24 – 26°C y 47% de humedad (Beck & Pfister 2004). Según los presentes registros de temperaturas, la presencia de *O. bacoti* oscila entre 2,9 a 28,7 °C, mientras que la humedad oscila entre los 20,4 a 95,1%, sin embargo, observamos que las mayores abundancias

se registran entre la temperatura y humedad determinadas experimentalmente. No se puede dejar de lado el efecto de microclima que genera la madriguera sobre los diferentes estadios que se desarrollan dentro de ella, en la cual la temperatura y humedad es diferente a la ambiental, pudiendo crearse un microhábitat con temperaturas y humedades más estables y benignas que en el exterior. Los presentes resultados muestran una similitud con lo obtenidos por Bannerte *et al.* (2000), donde bajo condiciones experimentales observaron que la especie de ácaro *Ophionyssus galloticolus* (Macronyssidae), ectoparásito asociado a *Gallotia galloti eisentrauti* (Lacertidae), presenta una influencia constante de la temperatura durante toda la duración y sucesos de desarrollo, existiendo una T° mín., T° máx. y H% mín. donde el desarrollo de esta especie de ácaro se inhibe. Hay que recordar que si bien *A. fahrenheiti* es un ácaro facultativo y *O. bacoti* es un ácaro hematógafo (Krantz & Walter 2009; Evans & Till 1966;), parte de su ciclo biológico lo realiza ligado al nido de su hospedador, siendo en estas ocasiones susceptibles a factores ambientales. Se puede suponer que *O. bacoti* es un especie que es más influenciada por las condiciones ambientales, debido a que es una especie ovípara que realiza su oviposición y diversos estadios como larva y deutoninfa en el nido de su hospedador, siendo este periodo determinante para su subsistencia, mientras que *A. fahrenheiti* es una especie larvípara, permaneciendo un breve periodo de tiempo en el nido (Jofré *et al.* 2009; Krantz & Walter 2009).

Krasnov *et al.* (2007), trabajaron con ácaros gamásidos recolectados sobre Soricomorpha (musarañas y topos), Lagomorpha y Rodentia en 26 regiones Paleártica y determinaron que la abundancia de los ácaros gamásidos fue afectada por la temperatura ambiental en once hospedadores, existiendo en seis de ellos una correlación positiva y en cinco una correlación negativa. Además encontraron que la precipitación también influye en la abundancia de los ácaros estudiados, contrario a lo encontrado en el presente estudio, donde la mayor precipitación no influyó en la abundancia de *A. fahrenheiti* ni de *O. bacoti* en *P. darwini*, esto se puede deber a que las precipitaciones de las localidades estudiadas son escasas y casi nulas, manteniendo una constante a lo largo de toda el área es estudio. Debido a la falta de estudios, se hace complejo poder

establecer con fuentes sólidas cómo afectan a los ácaros gamásidos los diferentes parámetros abióticos (T°, H% y P). Esto no ocurre con ácaros Astigmata como los del polvo, donde existen varios trabajos que han estudiado el comportamiento de estos ácaros frente a diferentes factores abióticos. En ellos se destaca la importancia que tiene la temperatura y humedad en el desarrollo de los ácaros. Un ejemplo lo constituye la investigación desarrollada por Arlian & Platts-Milles (2001), donde reduciendo la humedad relativa ambiental de los ácaros del polvo a menos del 50%, a través de un aumento de la temperatura, logran controlar las poblaciones de estos ácaros. Otros autores trabajando con ácaros ectoparásitos de arañas han podido establecer que la temperatura juega un rol fundamental en el desarrollo de los distintos estados de estos ácaros. Si bien plantean que la humedad no pareció influir en la tasa de desarrollo, sí puede ser una variable importante en la supervivencia de los huevos frente a altas temperaturas (Perring *et al.* 1984). En relación a otros grupos taxonómicos como Phthiraptera, se ha descrito a la humedad como un factor determinante en su sobrevivencia, donde se observa que influye en la distribución geográfica y abundancia de estos (Moyer *et al.* 2002).

Por otra parte, estos resultados muestran que no existe una diferencia estadísticamente significativa de la P, I.M. y A.M entre las temporadas, localidades y ecorregiones, principalmente porque las localidades evaluadas en este estudio son similares entre sí, por ejemplo P.N. Fray Jorge, P.N. Llanos de Challe y P.N. Pan de Azúcar corresponden a sectores costeros, con características climatológicas similares, siendo sólo en la R.N. Las Chinchillas una localidad más próxima al valle, sin embargo, todas comparten temperaturas, humedades y precipitaciones similares. En contraste con los resultados de este estudio, Soliman *et al.* (2001) plantean la existencia de estacionalidad ligada al sexo del hospedador, siendo mayor la prevalencia de *O. bacoti* en machos en invierno y en otoño, mientras que la abundancia fue marcadamente mayor en machos en primavera. Marini *et al.* (1996), trabajando con aves Passeriformes en dos bosques atlánticos de Brasil, evaluaron la correlación entre la prevalencia de los diferentes parásitos (garrapatas, piojos y ácaros) encontrando en ácaros y

garrapatas que en cuanto a los años existe una diferencia significativa de la prevalencia entre los veranos (1992 y 1993), pero no así durante los inviernos (1991 y 1995). Al evaluar la estacionalidad, la mayor prevalencia la obtuvieron en invierno. Ellos explican que estos patrones están probablemente relacionados con los ciclos anuales y la historia natural del parásito, además de una compleja dinámica de las poblaciones espaciales y temporales de los ectoparásitos en sus hospedadores. Hay que recordar que el consistente descenso de la abundancia de ácaros con un incremento de los hospedadores o de la riqueza de especies de ácaros (o ambas) en una región, sugiere que los ácaros pueden ser “diluidos” entre varias especies hospedadoras (Ostfeld & Keesing 2000), este factor cobra gran importancia en el presente estudio, producto de que *A. fahrenheiti* y *O. bacoti* parasitan una gran diversidad de roedores que viven en simpatria con *P. darwini*, además está comprobado que esta especie de roedor en el norte de Chile sufre grandes variaciones anuales y estacionales dependientes del régimen de precipitaciones que se presente, aumentando o disminuyendo considerablemente la abundancia de *P. darwini* (Muñoz-Pedrerros & Gil 2009b; Lima *et al.* 2001). Hay que tener en cuenta que nuestras diferencias con otros resultados puede estar asociada a una marcada estacionalidad de las localidades donde se hayan llevado a cabo estos estudios, ya que en el norte de Chile esta estacionalidad es poco marcada, incluyendo periodos de sequías prolongadas.

### **Factores bióticos.**

La comunidad de parásitos se estructura dinámicamente y los patrones observados son conocidos por ser conformados por factores intrínsecos y extrínsecos. Dentro de los factores intrínsecos involucrados está la susceptibilidad de hospedador, inmunidad, hormonas o condiciones fisiológicas del hospedador (Cattadori *et al.* 2006).

A pesar que la especie *A. fahrenheiti* es un ácaro facultativo, se ha comprobado un alto grado de dependencia con sus hospedadores, tanto así, que su reproducción se ve truncada si sólo se basa en una dieta de artrópodos (Reytblat 1965), por lo tanto, también es susceptible a factores bióticos. Al evaluar



los resultados obtenidos en el modelo binominal negativo, observamos que la abundancia de *A. fahrenheiti* también se asocia con la CC (relación positiva), LT (relación positiva) y peso (relación negativa). Una explicación para estos resultados es que a mayor LT del hospedador, la superficie para albergar ectoparásitos también es mayor. Resultados similares fueron observados por Solinam *et al.* (2001), donde los ácaros *R. ensifera* y *O. bacoti* presentan un incremento en la prevalencia y abundancia cuando aumenta el largo total de *R. rattus* y *R. norvegicus*. Para el caso de relación negativa observada entre el peso y la abundancia de ácaros, los parásitos al producir daño en su hospedador (e.g. anemia, pérdida del potencial reproductivo, irritación de la piel, etc.) generan un descenso en la masa corporal (Krantz & Walter 2009), y al contrario del LT, sería una consecuencia del parasitismo y no una explicación de porqué existe esa abundancia en el hospedador. Si bien uno podría esperar que pase algo similar con la condición corporal de su hospedador, esto se contrasta con los presentes resultados, donde la CC presenta una relación positiva con la abundancia de *A. fahrenheiti*, pudiendo ser explicado como una forma de compensación, donde el hospedador consume mayor cantidad de alimento, generando más reservas para compensar la pérdida de energía producida por este ácaro. Se describe que algunos hospedadores parasitados van cambiando su metabolismo, ganando peso, o modificando su comportamiento, dependiendo del tipo de parásito que albergan (Martínez-Fernández & Cordero del Campillo 2007). Por el contrario, para *O. bacoti* se observó que la CC de *P. darwini* disminuye cuando la abundancia de ácaros es mayor. Este patrón sigue el mismo principio planteado anteriormente para el peso, siendo una consecuencia del parasitismo, producto del desmedro que genera una mayor abundancia de parásitos en el hospedador. Esta diferencia que se observa en la CC y la abundancia de estos ácaros, puede estar determinada por una respuesta propia del hospedador frente a dos agentes extraños y que presentan diferentes tipos de alimentación. Por una parte, *A. fahrenheiti* es un ácaro facultativo, lo que genera un menor daño en su hospedador, por lo que tal vez se podría pensar que las reservas energéticas no se resienten tanto como en hospedadores parasitados con *O. bacoti* que es

hematófago, produciendo mayor daño y gasto energético al hospedador, provocando un mayor perjuicio en la CC, el cual no alcanza a ser compensado con una mayor ingesta de alimentos por parte del hospedador.

Por otra parte, el sexo del hospedador también determina la abundancia de *O. bacoti*, siendo mayor en los machos que en las hembras de *P. darwini*. Soliman *et al.* (2001), encontraron una mayor prevalencia de los ácaros *R. ensifera* en los machos que en las hembras de *R. rattus*, mientras que la abundancia de *O. bacoti* fue mayor en las hembras que en los machos, resultado que se contrapone con este estudio. Esta diferencia en cuanto a la abundancia de ácaros podría estar asociada a un patrón conductual de los machos de *P. darwini*, los cuales según los estudios de Lima *et al.* (2001), tendrían una fracción reproductiva constante en comparación con las hembras, en las que se observa un aumento en la reproducción en primavera y una baja en otoño. Esto hace pensar que el macho podría recorrer mayores distancias y destinar mayor tiempo a las labores reproductivas, ocasionando mayor contacto entre machos (peleas por hembras) y hembras (reproducción), facilitando el traspaso de parásitos. Otro factor a considerar, es que al destinar mayor tiempo a la reproducción, se puede generar un menor acicalamiento, lo que facilitaría una mayor abundancia de parásitos. Además, el dimorfismo sexual mediado por el parasitismo apunta a una supremacía de las hembras sobre los machos a resistir infecciones parasitarias (Morales-Montor *et al.* 2004; Hamilton & Zuk 1982). Haciendo una comparación con otros grupos de parásitos. Monello *et al.* (2009) observaron una gran diferencia en la abundancia de Phthiraptera entre los machos y hembras de *Procyon lotor*, siendo mayor en los machos. También Poulin (1996), en sus análisis encontró un pequeño pero significativo sesgo hacia los machos en las infecciones parasitarias en aves y especialmente en los mamíferos. Resultados diferentes obtuvo Bazán-León (2010), quien observó que la carga de ectoparásitos no difiere entre sexos en la especie de roedor *A. olivaceus*, al igual que Lareschi (2004), quien indica que la prevalencia total y abundancia media de ectoparásitos no muestran una diferencia significativa entre los sexos en *Oligoryzomys flavescens* (Waterhouse, 1837) y *Akodon azarae* (Fischer, 1829). Claramente los

resultados se contraponen, incluso si se compara entre las mismas especies, esto hace suponer que estas diferencias de abundancia podrían estar influenciadas principalmente por patrones conductuales y hormonales de los hospedadores que los albergan.

En este estudio, si bien se encontraron especies machos de *A. fahrenheitzi* (8; 5,88%) y *O. bacoti* (21; 17,94%), estos no formaron parte de los análisis al tratarse de muy pocos ejemplares. Se observa que la relación macho:hembra que existe en la especie de ácaro *A. fahrenheitzi* sobre *P. darwini* es de 1:16, mientras que en la especie de ácaro *O. bacoti* la relación macho:hembra sobre *P. darwini* es de 1:4. Una explicación a la escasa presencia de machos *A. fahrenheitzi* sobre el hospedador es que al tratarse de una especie más facultativa que hematófaga, pasa mayor tiempo en los nidos de su hospedador que sobre este (Krantz & Walter 2009; Radovsky 1994; Furman 1972). Adicionalmente, los machos de *O. bacoti*, si bien son hematófagos obligados, es la hembra la que se alimenta en mayor cantidad para asegurar la reproducción y postura de huevos, mientras que el macho lo hace en menor cantidad y de noche (Baumstark *et al.* 2007), este hecho es apoyado ya que la revisión de los roedores se efectuó durante el día. Una observación realizada tanto en terreno como en el laboratorio, es que la abundancia de machos aumenta en la época de primavera, donde además se encuentra al macho con el espermatozoides expuesto (observación realizada en el mes de Octubre de 2011 en la localidad de Enquelga), esto pone de manifiesto que en este momento los machos subirían con mayor frecuencia a su hospedador a fecundar a las hembras, mientras que las hembras por su parte se encuentran con mayor frecuencia sobre el hospedador producto de que necesitan alimentarse para asegurar la oviposición. Si se comprara el número de ácaros inmaduros encontrados en las distintas temporadas, en primavera y verano fueron 320 individuos, mientras que en otoño e invierno son sólo 5 y 6 ácaros inmaduros los encontrados. Esta mayor actividad sexual en los ácaros coincide con la época de reproducción de *P. darwini* que va desde Agosto a Febrero, donde la máxima población se alcanza a finales de primavera y los primeros meses de verano

(Noviembre – Enero, 16 – 20 individuos/ha.) (Meserve 1981). Esto cobra mayor sentido según lo planteado por Cattadori *et al.* (2006), quienes señalan que las fluctuaciones climáticas estacionales son importantes en la dinámica de transmisión de parásitos y composición de la comunidad, donde la disponibilidad de los parásitos a menudo es muy estacional, y la mayoría de las transmisiones se producen durante los meses más cálidos del año, que coinciden también con la reproducción del hospedador. Además no se puede desestimar el microhábitat que presenta la madriguera del hospedador, esta juega un rol fundamental en el ciclo biológico de estos ácaros y que en el caso de *P. darwini* si bien es considerado un roedor con una conducta solitaria, durante los meses fríos se agrupan y forman colonias compartiendo madrigueras (Muñoz-Pedrerros & Gil 2009b), esto facilita la transmisión de los parásitos al existir un mayor contacto entre los hospedadores, repitiéndose este patrón en la época reproductiva.

### **Estructura de las comunidades de ácaros**

Muchas fuerzas biológicas operan para dar forma a la distribución de parásitos entre los hospedadores, algunos tienden a incrementar la agrupación y otros tienden a producir una distribución más uniforme. En la mayoría de los parásitos, las fuerzas que promueven la agregación son más fuertes que los procesos que actúan para amortiguar la segregación (Anderson & Gordon 1982; Crofton 1971). Según estos resultados estas fuerzas estarían actuando coherentemente con lo planteado por estos autores, dado que para todas las especies de ácaros y sus estadios y en todas las estaciones, localidades y ecorregiones, los índices de agregación y discrepancia, señalan una agregación por parte de los ácaros en los hospedadores. Estos resultados concuerdan con los análisis realizados por Shaw *et al.* (1995), quienes observaron una distribución agrupada de los parásitos entre las poblaciones de hospedadores, es decir, la mayoría de los hospedadores no tienen parásitos, pero solo unos pocos se encuentran infestados por muchos parásitos, siendo un patrón en cuanto a la distribución de los parásitos (Krasnov *et al.* 2006a y b; Poulin 1993; Anderson & May 1978).

Los estudios de la organización comunitaria en varios taxones han revelado que las comunidades de algunos organismos representan ensambles azarosos, mientras que las comunidades de otros organismos son caracterizadas por un patrón no azaroso (Patterson & Atmar 1986). Al utilizar los algoritmos E-E y F-E para evaluar cómo se comportan las comunidades de ácaros de *P. darwini*, se encontró que en la temporada de otoño no se generan interacciones entre las especies de ácaros (nulas o poco aparentes), pero se piensa que la principal causa de este resultado se debe al pequeño tamaño de muestra obtenido en este periodo. Mientras que en las temporadas de invierno, primavera y verano existe un patrón de agrupación, que coincide con el patrón de agregación planteado por los autores antes mencionados. Esto refleja la falta de competencia existente entre *A. fahrenheitzi* y *O. bacoti*. Como se ha señalado, *A. fahrenheitzi* corresponde a una especie de ácaro facultativo, mientras que *O. bacoti* es un ácaro hematófago. Son ácaros que ocupan diferentes recursos sobre *P. darwini*, ya que el tipo de alimentación que usan es distinto. Por otra parte, en observaciones realizadas durante el periodo de recolecta de los ácaros, se pudo observar que *A. fahrenheitzi* prefiere la zona caudal de su hospedador, específicamente la base de la cola, mientras que *O. bacoti* prefiere la zona media y superior de *P. darwini*, llegando incluso a encontrarse en el pabellón auricular en algunas ocasiones. Estos patrones hacen que los ácaros puedan tener una asociación positiva sin necesidad de competencia por el espacio ni alimentación. También se señala que, esta agregación puede ser mediada a través del hospedador, producto de una depresión del sistema inmune, factores fisiológicos o la conducta del hospedador, esto quiere decir, que si un hospedador es infectado por una especie de parásito en particular, esta infección puede producir un deterioro en el sistema inmune del hospedador y esto podría facilitar la entrada de otro agente parásito, aprovechando esta disminución de alerta del sistema inmune (Cattadori *et al.* 2006; Krasnov *et al.* 2006a). Krasnov *et al.* (2010), describen una asociación positiva de los ectoparásitos (ácaros, garrapatas y pulgas), excepto en una muestra de ácaros mesostigmata del ave *O. rufus*, concluyendo que la frecuencia no aleatoria de asociación positiva de los parásitos difiere entre las especies de

parásitos, siendo mayor en la pulgas y menor en ácaros y garrapatas y la frecuencia de detección no aleatoria de la asociación positiva de los parásitos difiere también entre las especies hospedadoras independiente del grupo de parásitos. Estos diversos resultados sugieren que la organización de las comunidades de parásitos se ve afectada por una interacción entre las historias de vida del parásito y del hospedador.

Todavía quedan algunas interrogantes que sería bueno considerar en futuros trabajos, como por ejemplo la influencia que tiene el microclima de la madriguera, el microclima presente en el hospedador, las interacciones con otras taxa de ectoparásitos como piojos, pulgas y garrapatas sobre la abundancia de las diversas especies de ácaros, todo esto con el objetivo de tener un conocimiento más acabado de la biología y de las relaciones que pueden tener diversos grupos de parásitos frente a determinados factores. Además, debido a que se ha detectado la presencia de algunos ácaros hematófagos, como por ejemplo *O. bacoti*, del cual se tiene registro que son parásitos accidentales de humanos, es necesario estudiar cuáles son los posibles agentes patógenos (bacterias, virus y parásitos) que esta especie podría transmitir hacia las poblaciones de fauna silvestre e incluso poblaciones humanas más expuestas a roedores, hecho que tendría un impacto en salud pública.

## IX. REFERENCIAS

ANDERSON, R.M. & GORDON, D.M. 1982. Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with special emphasis on parasite induced host mortalities. *Parasitology* 85(2):375-398.

ANDERSON, R.M. & MAY, R.M. 1978. May regulation and stability of host-parasite population interactions. I. Regulatory processes. *Journal of Animal Ecology* 47(1):219-247.

ARLIAN, L.G. & PLATTS-MILLS, T.A. 2001. The biology of dust mites and the remediation of mite allergens in allergic disease. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 107(3):406-413.

BANNERT, B., KARACA, H.Y. & WOHLTMANN, A. 2000. Life cycle and parasitic interaction of the lizard-parasitizing mite *Ophionyssus galloticolus* (Acari: Gamasida: Macronyssidae), with remarks about the evolutionary consequences of parasitism in mites. *Experimental and Applied Acarology* 24(8):597–613.

BARRIGA, O.O. 1965. Hallazgo en Chile de *Liponyssus bacoti* (Hirst, 1913) (Acarina, Dermanyssidae). *Boletín Chileno de Parasitología* 20(2):30-3.

BAUMSTARK, J., BECK, W. & HOFFMAN, H. 2007. Outbreak of tropical rat mite (*Ornithonyssus bacoti*) dermatitis in a home for disabled persons. *Dermatology* 215(1):66-8.

BAZÁN-LEÓN, E. 2011. Ecología parasitaria de dos especies de pequeños mamíferos de Chile, *Abrothrix olivaceus* (Rodentia: Cricetidae) y *Thylamys elegans* (Didelphimorphia: Didelphidae). Tesis de Magíster. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

BECK, W. 2008. Occurrence of a house-infesting Tropical rat mite (*Ornithonyssus bacoti*) on murides and human beings. *Travel Medicine and Infectious Disease* 6(4): 245–249.

BECK, W. & PFISTER, K. 2004. Mites as newly emerging disease pathogens in rodents and human beings. *Veterinary Dermatology* 15(1):35.

CATTADORI, M.I., HAUKISALMI, V., HENTTONEN, H. & HUDSON, P.J. 2006. Transmission ecology and the structure of parasite communities in small mammals. En: *Micromammals and macroparasites from evolutionary ecology to management*. (Eds. Morand S., B.R., Krasnov & R. Poulin), pp. 349 – 369. Springer-Verlag, Tokyo, Japan.

CROFTON, H.D. 1971. A quantitative approach to parasitism. *Parasitology* 62(2):179-193.

DI CASTRI, F. & HAJEK, E.R. 1976. *Bioclimatología de Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 163 pp.

DUGGAN, I. C., COLLIER, K. J., CHAMPION, P. D., CROKE, G. F., DAVIES-COLLEY, R. J., LAMBERT, P. W., NAGELS, J. W. & WILCOCK, R. J. 2002. Ecoregional differences in macrophyte and macroinvertebrate communities between Westland and Waikato: Are all New Zealand lowland streams the same?. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 36(4):831-845.

ENGEL, P.M., WELZEL, J., MAASS, M., SCHRAMM, U. & WOLFF, H.H. 1998. Tropical rat mite dermatitis: case report and review. *Clinical Infectious Diseases* 27(2):1465-9.



EVANS, G.O. & TILL, W.M. 1966. Studies on the British dermanyssidae (Acari: Mesostigmata) Parte II Classification. Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology 14(5):8-370.

FONSECA, F. 1938. Notas de Acareologia – XXVI. Novos estudos sobre o genero *Laelaps*. Memórias do Instituto Butantan 12: 113-123.

FONSECA, F. 1939. Acarological notes XXV. The family Laelaptidae, parasites of South American rodents, new genus and species (Acari). Memórias do Instituto Butantan 12: 57-102.

FURMAN, D.P. 1959. Feeding habits of symbiotic mesostigmatid mites of mammals in relation to pathogen-vector potentials. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 8(1):5-12.

FURMAN, D.P. 1972. Laelaps mites (Laelapidae: Laelapinae) of Venezuela. Brigham Young University Science Bulletin 17(3):1-58.

GOFF, M. & WEBB JR, J.P. 1989a. A new genus and species of Leeuwenhoekiinae (Acari: Trombiculidae) from rodents collected in Chile, and a key to the new world genera of Leeuwenhoekiinae. International Journal of Acarology 15(2):75-78.

GOFF, M. & WEBB JR, J.P. 1989b. A new species of *Paraguacarus* (Acari: Trombiculidae) from a degus (Mammalia: Rodentia) collect in Chile. Bulletin of the Society for Vector Ecology 14(1):93-94.

GOTELLI, N.J. 2000. Null model analysis of species co-occurrence patterns. Ecology 81(9):2606–2621.

GOTELLI, N.J. & ENTSMINGER, G.L. 1999. EcoSim. Null models software for ecology. Version 3.0. Acquired Intelligence Incorporated, and Kesity-Bear. URL: <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm> Accesado: Julio 16, 2012.

GUGLIELMONE, A., ESTRADA-PEÑA, A., KEIRANS, J.E. & ROBBINS R.G. 2003. Las garrapatas (Acari: Ixodida) de la región zoogeográfica neotropical. INTA. Rafaela, Argentina. 142 pp.

HAMILTON, D. & ZUK, M. 1982. Heritable True Fitness and Bright Birds: A Role for Parasites?. *Science* 218(4570):384-387.

HAWLENA, H., KRASNOV, B. R., ABRAMSKY, Z., KHOKHLOVA, I. S., DE BELLOCQ, J. G. & PINSHOW, B. 2008. Effects of food abundance, age, and flea infestation on the body condition and immunological variables of a rodent host, and their consequences for flea survival. *Corporative Biochemistry and Physiology* 150(1):66-74.

IRIARTE, A. 2010. Guía de Campo de los mamíferos de Chile. Flora y Fauna Chile Ltda. Santiago, Chile. 230 pp.

JIMÉNEZ, J.E., FEINSINGER, P. & JAKSIĆ, F.M. 1992. Spatiotemporal Patterns of an Irruption and Decline of Small Mammals in North central Chile. *Journal of Mammalian* 73(2):356-364.

JOFRÉ, L., NEIRA, N.I., SAAVEDRA, T. & DÍAZ, C. 2009. Acarosis y zoonosis relacionadas. *Revista Chilena de Infectología* 26(3):248-257.

KRANTZ G.H. & WALTER, D.E. 2009. A manual of acarology. Texas Tech University Press. Lubbock, Texas, EE.UU. 807 pp.

KRASNOV, B.R., KORALLO-VINARSKAYA, N.P., VINARSKI, M.V., SHENBROT, G.I., MOUILLOT, D. & POULIN, R. 2007. Searching for general patterns in parasite ecology: host identity versus environmental influence on gamasid mite assemblages in small mammals. *Parasitology* 135(2):229–242.

KRASNOV, B.R., STANKO, M. & MORAND, S. 2006a. Are Ectoparasite Communities Structured? Species Co-Occurrence, Temporal Variation and Null Models. *Journal of Animal Ecology* 75(6):1330-1339

KRASNOV, B.R., STANKO, M., KHOKHLOVA, I.S., MOSANSKY, L., SHENBROT, G.I., HAWLENA, H. & MORAND, S. 2006b. Aggregation and species coexistence in fleas parasitic on small mammals. *Ecography* 29(2):159-168

KRASNOV, B.R., MATTHEE, S., LARESCHI, M., KORALLO-VINARSKAYA, N.P. & VINARSKI, M.V. 2010. Co-occurrence of ectoparasites on rodent hosts: null model analyses of data from three continents. *Oikos* 119(1):120-128.

KREEGER, T.J. & ARNEMO, J.M. 2012. Handbook of wildlife chemical immobilization. (4ta. ed.). China. 448 pp.

LARESCHI, M. 2004. The relationship of sex and ectoparasite infestation in the water rat *Scapteromys aquaticus* (Rodentia: Cricetidae) in La Plata, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 54(2):673-679.

LARESCHI, M. & GONZÁLEZ-ACUÑA, D. 2010. Acari, Laelapidae (ectoparasitic mites), central and southern Chile. *Check List* 6(4):546-548.

LIMA, M., JULLIARD, R., STENSETH, N.C. & JAKSIC, F.M. 2001. Demographic dynamics of a neotropical small rodent (*Phyllotis darwini*): feedback structure, predation and climatic factors. *Journal of Animal Ecology* 70(5):761–775.

LINARDI, P.M & KRASNOV, B.R. 2012. Patterns of diversity and abundance of fleas and mites in the Neotropics: host-related, parasite-related and environment related factors. *Medical and Veterinary Entomology* 27(1):49-58.

LINDERFORS, P., NUNN, C.L., JONES, K.E., CUNNINGHAM, A.A., SECHREST, W. & GITTLEMAN, J.L. 2007. Parasite species richness in carnivores: effects of host body mass, latitude, geographical range and population density. *Global Ecology and Biogeography* 16(4):496–509.

MARINI, M.A., REINERT, B.L., BORNSCHEIN, M.R., PINTO, J.C. & PICHORIM, M.A. 1996. Ecological correlates of parasitism on Atlantic Forest bird, Brazil. *Ararajuba* 4(2):93-102.

MURÚA, R. 1999. Hantavirus en Chile: los mastozoólogos como un grupo ocupacional de riesgo epidemiológico. *Revista Chilena de Historia Natural* 72(1):7–12.

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.R. & CORDERO DEL CAMPILLO, M. 2007. El parasitismo y otras asociaciones biológicas. *Parásitos y hospedadores*. En: *Parasitología general* (Eds. Cordero del Campillo, M. & F. Vásquez). pp. 23-38. Mc. Graw-Gill Interamericana. Madrid, España. .

MELLA, J.E., SIMONETTI, J.A., SPOTORNO, A.E. & CONTRERAS, L.C. 2002. Mamíferos de Chile. En: *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales*. (Eds. Ceballos, G. y J.A., Simonetti) pp. 151-183. Conabio-Unam. D.F., México.

MESERVE, P.L. 1981. Mammalogists Trophic Relationships among Small Mammals in a Chilean Semiarid Thorn Scrub Community. *Journal of Mammalian* 62(2):304-314.

MONELLO, R.J. & GOMPPER, M.E. 2009. Relative importance of demographics, locale, and seasonality underlying louse and flea parasitism of raccoons (*Procyon lotor*). *Journal of Parasitology* 95(1):56–62.

MORALES-MONTOR, J., CHAVARRIA, A., DE LEÓN, M.A., DEL CASTILLO, L.I., ESCOBEDO, E.G., SÁNCHEZ, E.N., VARGAS, J.A., HERNÁNDEZ-FLORES, M., ROMO-GONZÁLEZ, T. & LARRALDE, C. 2004. Host Gender in Parasitic Infections of Mammals: An Evaluation of the Female Host Supremacy Paradigm. *Journal of Parasitology* 90(3):531-546.

MORENO, L.C. 2010. Patrones de estructuración de las comunidades de ectoparásitos en *Milvago chimango* (Falconidae, Caracarinae) en Chile. Tesis de Doctorado. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

MOYER, B.R., DROWN, D.M. & CLAYTON, D.H. 2002. Low humidity reduces ectoparasite pressure: implications for host life history evolution *Oikos* 97(2):223–228.

MUÑOZ-PEDREROS, A. & GIL, C. 2009a. Importancia de los mamíferos silvestres chilenos. En: *Mamíferos de Chile* (Eds. Muñoz-Pedreros, A. & J. Yañez). pp. 21-31. CEA. Valdivia, Chile.

MUÑOZ-PEDREROS, A. & GIL, C. 2009b. Orden Rodentia. En: *Mamíferos de Chile* (Eds. Muñoz-Pedreros, A. & J. Yañez). pp. 93-157. CEA. Valdivia, Chile.

O.P.S. 1999. Hantavirus en las Américas. Guía para el diagnóstico, el tratamiento, la prevención y el control. Cuaderno técnico N° 47. Washington, USA. 66p.

OSTFELD, R.S. & KEESING, F. 2000. The function of biodiversity in the ecology of vector-borne zoonotic diseases. *Canadian Journal of Zoology* 78(12):2061–2078.

PADULA, R., FIGUEROA, M., NAVARRETE, E., PIZARRO, R., CADIZ, C., BELLOMO, C., JOFRE, L., ZAROR, E., RODRIGUEZ & MURÚA, R. 2004. Transmission Study of Andes Hantavirus Infection in Wild Sigmodontine Rodents. *Journal of Virology* 78(21):11972–11979.

PATTERSON, B.D. & ATMAR, W. 1986. Nested subsets and the structure of insular mammalian faunas and archipelagos. *Biological Journal of the Linnean Society* 28(1-2):65–82.

PEREZ-ORELLA, C. & SCHULTE-HOSTEDDE, A. I. 2005. Effects of sex and body size on ectoparasite loads in the northern flying squirrel (*Glaucomys sabrinus*). *Canadian Journal of Zoology* 83(10):1381–1385.

PERRING, T.M., HOLTZER, T.O., TOOLE, J.L., NORMAN, J.M. & MYERS, G.L. 1984. Influences of Temperature and Humidity on Pre-Adult Development of the Banks Grass Mite (Acari: Tetranychidae). *Environmental Entomology* 13(2):338-343.

POULIN, R. 1993. The disparity between observed and uniform distribution: a new look at parasite aggregation. *International Journal of Parasitology* 23(7):937-944.

POULIN, R. 1996. Sexual Inequalities in Helminth Infections: A Cost of Being a Male?. *The American Naturalist* 147(2):287-295.

PRESLEY, S. J. & WILLIG, M. R. 2008. Intraspecific patterns of ectoparasite abundances on Paraguayan bats: effects of host sex and body size. *Journal of Tropical Ecology* 24(1):75-83.

PROCTOR, H.C. & JONES, D.N. 2004. Geographical structuring of feather mite assemblages from the Australian brush-turkey (Aves: Megapodiidae). *Journal of Parasitology* 90(1):60-6.

RADOVSKY, F.J. 1994. The evolution of parasitism and the distribution of some dermanyssoid mites (Mesostigmata) on vertebrate hosts. In: Mites Ecological and evolutionary analyses of life-history patterns (Ed. Marilyn, A.H). pp.186-217. Chapman & Hall. New York, USA.

REYTBLAT, A.G. 1965. Biology of the gamasid mite *Haemolaelaps semidesertus* Breg (Gamasoidea: Parasitiformes) (in Russian). Zoologicheskyy Zhurnal 44:863–870.

ROZSA, L., REICZIGEL, J. & MAJOROS, G. 2000. Quantifying parasites in samples of hosts. Journal of Parasitology 86(2):228–232.

SCHALK, G. & FORBES, M. R. 1997. Male Biases in Parasitism of Mammals: Effects of Study Type, Host Age, and Parasite Taxon. Oikos 78(1):67-74.

SHAW, D.J., GRENFELL, B.T. & DOBSON, A.P. 1998. Patterns of macroparasite aggregation in wildlife host populations. Parasitology 117(6):597-610.

SHERIDAN, L. A., POULIN, R., WARD, D. F. & ZUK, M. 2000. Sex Differences in Parasitic Infections among Arthropod Hosts: Is There a Male Bias?. Oikos 88(2):327-334.

SIKORA, B. & BOCHKOV, A.V. 2012. Fur mites of the family Listrophoridae (Acariformes: Sarcoptoidea) associated with South American sigmodontine rodents (Cricetidae: Sigmodontinae). Acta Parasitológica 57(4):388–396.

SOLIMAN, S., MARZOUK, A.S., MAIN, A.J. & MONTASSER, A.A. 2001. Effect of Sex, Size, and Age of Commensal Rat Hosts on the Infestation Parameters of Their Ectoparasites in a Rural Area of Egypt. Journal of Parasitology 87(6):1308-1316.

STRANDTMANN, R.W. & WHARTON, G.W. 1958. A manual of mesostigmatid mites parasitic on vertebrates. Institute of Acarology. Maryland, EE.UU. 69 pp.

TIPTON, V.J., ALTMAN, R.M. & KEENAN, CH.M. 1966. Mites of the subfamily Laelaptinae in Panamá (Acarina: Laelaptidae). En: Ectoparásitos de Panamá (Eds. Wenzel, R.L. & V.J. Tipton). pp. 861. Field Museum of Natural History. Chicago, Illinois, USA.

ZUK, M. & McKEAN. K. A. 1996. Sex Differences in Parasite Infections: Patterns and Processes. *International Journal for Parasitology* 26(10):1009-1024.





## ANEXOS



Gobierno de  
**CHILE**  
CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL  
GERENCIA DE ÁREAS PROTEGIDAS Y MEDIO AMBIENTE  
DEPARTAMENTO DE PATRIMONIO SILVESTRE Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA  
AUTORIZACIÓN N°11/2010

### AMPLIACION DE AUTORIZACION PARA REALIZAR ACTIVIDADES DE INVESTIGACION EN EL SISTEMA NACIONAL DE AREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DEL ESTADO

La Corporación Nacional Forestal, CONAF, autoriza a:  
**Daniel González Acuña**

RUT N° 8.476.755-7

Domiciliado en:

Laboral: Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Concepción, Avenida Vicente Méndez 595, Chillán

Particular: Ecuador 11, Block C-45, Chillán

Correo electrónico del investigador: danigonz@udec.cl

Jefe del proyecto (nombre del proyecto):

"Native Ticks (Ixodidae) of Northern Chile: Biogeography and Biological Cycles"  
("garrapatas nativas (ixodidae) del norte de Chile, Biogeografía y ciclos biológicos")

Patrocinado por:

Universidad de Concepción

Y a los investigadores asociados, Sres:

Ricardo Figueroa

Karen Ardiles

Para realizar las siguientes actividades individualizadas en la solicitud de investigación presentada a esta Corporación:

Colecta de hasta 10 ejemplares vivos de las especies indicadas en el proyecto de investigación, que se considera parte de este permiso, los que serán liberados con posterioridad a la colecta de ectoparásitos que pudieran presentar.

Se deja especial constancia que no se permitirá la colecta de chinchillas dentro de la Reserva Nacional Las Chinchillas, y que en caso de requerirse su captura, estas deberán realizarse en las poblaciones existentes fuera de la Reserva. Asimismo, para otras especies con problemas de conservación se dará preferencia a la colecta fuera de las unidades del SNASPE.

En las siguientes unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)

Parque Nacional Lauca y Monumento Natural Salar de Surire (Región de Arica y Parinacota)

Parques Nacionales Llanos de Challe y Pan de Azúcar (Región de Atacama)

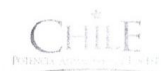
Reserva Nacional Las Chinchillas y Parque Nacional Fray Jorge (Región de Coquimbo)

Durante el período comprendido entre:

01 de abril de 2010 a 30 de enero de 2012.

Entrega de informe o separata:

Hasta el 30 de enero de 2015



**Figura 1.** Autorización de CONAF para realizar actividades de investigación en el Sistema de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.



División de Protección de Recursos Naturales Renovables  
Subdepartamento de Vida Silvestre

Vida Silvestre Nº 1-134--2011

967  
**EXENTA**

8082

**MODIFICA RESOLUCIÓN Nº2012 DE 6 DE ABRIL DE 2010, QUE AUTORIZO A DANIEL GONZÁLEZ ACUÑA, LA CAPTURA DE AVES, REPTILES, ANFIBIOS Y MICROMAMÍFEROS CON FINES CIENTÍFICOS.**

**SANTIAGO, 12 DIC 2011**

Nº \_\_\_\_\_ / VISTO: Lo solicitado por el interesado con fecha 17 de noviembre de 2011; la Ley 19.473; el Decreto de Agricultura Nº 5 de 1998; la Resolución Nº 2073 de 2003 del Director Nacional del Servicio Agrícola y Ganadero; y la Ley Nº 18.755, Orgánica de este Servicio.

**CONSIDERANDO**

**PRIMERO:** Que el Servicio Agrícola y Ganadero autorizó mediante Resolución Nº2012 de 6 de abril de 2010, al Sr. Daniel González Acuña, la captura de micromamíferos, aves, reptiles y anfibios con fines científicos.

**SEGUNDO:** Que para fines de un adecuado desarrollo del estudio, el Sr. Daniel González Acuña, solicita ampliar el período de las capturas y agregar nuevos sitios de captura.

**RESUELVO**

Modifícase la Resolución Nº2012 de 6 de abril de 2010, en el sentido de ampliar el período de las capturas hasta el 31 de agosto de 2012 y agregar nuevos sitios de captura: XV Región de Arica y Parinacota y I Región de Tarapacá.

**ANÓTESE Y COMUNÍQUESE**



**ALEJANDRO DONOSO HENRÍQUEZ**  
**INGENIERO AGRÓNOMO**  
**JEFE (I) DIVISIÓN**  
**PROTECCIÓN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

GGC/GAR  
DISTRIBUCIÓN:

Sr. Daniel González Acuña, Vicente Méndez Nº595, Chillán.  
Director/a Regional SAG Región de Tarapacá, Arica y Parinacota, Antofagasta, Atacama y Coquimbo  
DIPROREN  
Unidad de Comunicación y Prensa Nivel Central  
Of. De Partes

**SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO / SAG**  
División Protección R.N.R. / Avenida Presidente Bulnes 140, piso 5. Santiago.  
Fonos: 3451530 - 3451531 - 3451532 / E-mail: [deproren@sag.gob.cl](mailto:deproren@sag.gob.cl)

**Figura 2.** Autorización del Servicio Agrícola y Ganadero para realizar captura de micromamíferos en las localidades visitadas.



Universidad de Concepción

Facultad de Ciencias Veterinarias  
Departamento de Ciencias Pecuarias

COMITÉ de ÉTICA  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS

CE- 03-2009  
Chillán, 16 de junio de 2009


Dr. Daniel Acuña G.  
Investigador Facultad  
PRESENTE

De nuestra consideración,

En nombre del Comité de Ética he revisado el *Material y Métodos* del proyecto de investigación presentado al Concurso **Concurso Fondecyt Regular 2010**, por el Dr. **González Acuña Daniel**, RUT 8.476.755-7 titulado: "NATIVE TICKS (IXODIDEA) OF NORTHERN CHILE: BIOGEOGRAPHY AND BIOLOGICAL CYCLES."

El Dr. González ha incorporado las sugerencias y modificaciones indicadas por este comité, con el fin de minimizar el impacto sobre el bienestar de los animales. Los experimentos cumplen con los estándares internacionales de Bienestar Animal y de Respeto a los animales de experimentación, incluyendo las Normativas de Bioseguridad implementadas en el Manual de CONICYT de 1994 y en la Guía para el Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio de National Research Council (USA) en su edición española de 1999.

No encontrando objeciones a la realización de estos experimentos, apruebo el planteamiento señalado en el citado proyecto de investigación.

  
Dr. Oscar Skewes R.  
PRESIDENTE



-Decano de la Facultad  
-Archivo  
GSP/1000

**Figura 3.** Permiso extendido por el Comité de Bioética de la Universidad de Concepción para manipular animales de vida silvestre.

**Tabla 1.** Medidas promedio ( $\mu\text{m}$ ) de los ácaros *A. fahrenheiti* según su especie hospedadora (n=20/hospedador).

Carácteres de diferenciación taxonómicos	Hospedadores		
	<i>P. xanthopygus</i>	<i>P. darwini</i>	<i>E. puerulus</i>
j5 - j5	50 (40-60)	50 (40-60)	50 (40-50)
Lj5	30	40 (30-50)	60 (50-80)
z5 - z5	100	100	110 (100-200)
Lz5	30	40 (30-60)	70 (60-70)
APD	370 (300-400)	400 (300-500)	450 (400-500)
LPD	610 (500-700)	620 (600-700)	680 (600-700)
J5 - J5	70 (60-70)	70 (60-80)	80 (70-80)
LJ5	30 (20-40)	30 (30-40)	50 (30-50)
Z5 - Z5	100 (90-100)	100 (90-100)	100 (90-100)
LZ5	80 (70-90)	80 (60-100)	100 (80-100)
Gn	50 (50-60)	60 (50-70)	60 (50-70)
gn-h3	10	10	10
h2	20 (10-20)	20	20
h3	30 (30-40)	40 (30-40)	40 (30-50)
h2 - h3	50 (50-60)	50(40-50)	50 (40-50)
st1-st1	80 (70-100)	80 (70-90)	90 (70-90)
Lst1	50 (40-60)	60 (50-80)	60 (50-80)
APE	100	100	140 (100-200)
LPE	90 (70-100)	90 (70-100)	100 (90-100)
st3-st3	110 (100-200)	110 (100-200)	120 (100-200)
Lst3	70 (50-80)	70 (40-80)	80 (70-90)
st4 - st4	110 (100-200)	110 (100-200)	120 (100-200)
st4	50 (40-60)	60 (40-70)	60 (40-70)
st5 - st5	80 (70-90)	80 (70-90)	90 (70-90)
st5	50 (40-60)	60 (50-70)	60 (50-70)
APEg	100 (90-100)	100 (90-100)	100 (90-100)
LPEg	280 (200-300)	270 (200-300)	300
AMPA	100 (80-100)	100 (80-100)	100
LPA	100 (90-100)	100 (90-100)	100 (90-100)
DMPA	50 (50-70)	50 (40-60)	50 (50-60)
paa - paa	40 (30-50)	40 (30-50)	50 (40-50)
Lpaa	50 (40-60)	40 (40-60)	50 (40-70)
Lpoa	60 (50-80)	60 (30-80)	70 (60-80)
CRIBUM	10 (10-20)	10 (10-20)	10 (10-20)
Per	300 (200-400)	300	310 (300-400)

Lspcl	40 (40-50)	40 (40-50)	50 (40-50)
Lsdcl	30 (30-40)	40 (30-40)	40 (30-40)
Lspclll	30 (20-30)	30 (30-40)	30 (20-30)
LsslV	30 (20-30)	30 (20-30)	30 (20-30)
LsdafI	30 (20-30)	30 (10-40)	30 (20-30)
Lsdpgl	30 (20-40)	30 (20-40)	30 (20-40)

---

