



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**Helmintos gastrointestinales en roedores silvestres de distintos hábitats
de la Región del Maule**

Maira Riquelme Muñoz

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Medicina
Preventiva

PROFESOR GUÍA: ANDRÉ VÍCTOR RUBIO CARRASCO

FINANCIAMIENTO FONDECYT 3160037

SANTIAGO, CHILE
AÑO 2019

INDICE

RESUMEN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

SUMMARY ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

INTRODUCCIÓN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

Parásitos y roedores ¡Error! Marcador no definido.

Roedores y helmintos gastrointestinales en Chile ¡Error! Marcador no definido.

Cambios de uso de suelo y su efecto sobre el parasitismo y las enfermedades
infecciosas ¡Error! Marcador no definido.

El bosque maulino y su reemplazo por plantaciones comerciales de pino; ¡Error! Marcador no definido.

OBJETIVOS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

MATERIALES Y MÉTODOS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

1. Área de estudio ¡Error! Marcador no definido.

2. Toma de muestras. ¡Error! Marcador no definido.

3. Análisis de laboratorio ¡Error! Marcador no definido.

4. Análisis estadísticos ¡Error! Marcador no definido.

RESULTADOS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

1. Tasa de infección general y taxones de helmintos encontrados; ¡Error! Marcador no definido.

2. Comparación de la tasa de infección ¡Error! Marcador no definido.

3. Riqueza de helmintos ¡Error! Marcador no definido.

DISCUSIÓN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CONCLUSIONES ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

BIBLIOGRAFÍA ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ANEXOS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

RESUMEN

El reemplazo de ambientes nativos por tierras de uso silvoagropecuario y urbano puede modificar diversas interacciones ecológicas, por ejemplo, el parasitismo. Uno de los cambios de uso de suelo de importancia en la zona centro-sur de Chile son las plantaciones exóticas de pino Monterrey (*Pinus radiata*). Estos monocultivos modifican la composición y abundancia de roedores silvestres, por lo que este efecto podría tener consecuencias para el parasitismo en estos hospederos. En este contexto, el objetivo de este estudio fue determinar la tasa de infección y riqueza de helmintos gastrointestinales en roedores silvestres provenientes del bosque maulino y plantaciones aledañas de pino Monterrey en la región del Maule. Los sitios de muestreo correspondieron a bosque nativo, plantaciones de pino adulta y plantaciones de pino jóvenes. Se analizó si la tasa de infección de helmintos mostraba variación según la especie hospedero, el tipo de hábitat y estación del año. 575 muestras de heces correspondientes a seis especies de roedores y un marsupial fueron analizadas mediante la técnica de Telemann modificado sin tinción. Se detectaron un total de 91 muestras positivas a helmintos (15,8%), los cuales pertenecieron a siete taxones. Los helmintos más frecuentes fueron *Hymenolepis* sp. (7,1% de las muestras) y *Physaloptera* sp. (3,8%). La única variable explicativa que resultó estadísticamente significativa fue la especie de hospedero, donde las dos especies del género *Abrothrix* presentaron una mayor probabilidad de infección de helmintos en comparación a *Oligoryzomys longicaudatus*. Para las dos especies de helmintos más comunes, la tasa de infección de *Hymenolepis* sp. fue mayor en *A. olivaceus* y *A. longipilis*, mientras que para *Physaloptera* sp., se encontró que la tasa de infección en primavera fue mayor comparativamente a la tasa de infección en otoño. Estos resultados sugieren que las plantaciones de pino Monterrey no estarían modificando de manera importante el parasitismo de helmintos en roedores. En un contexto de salud pública, es importante continuar investigando a los parásitos presentes en los roedores del área de estudio ya que algunos géneros de helmintos encontrados pueden tener potencial zoonótico.

Palabras clave: Helmintos gastrointestinales, Telemann modificado, roedores silvestres.

SUMMARY

The replacement of native habitats by agricultural, forestry and urban lands can modify several ecological interactions, for example, parasitism. Monterey pine plantations (*Pinus radiata*) are an important land use in south-central Chile. This monoculture modifies the composition and abundance of wild rodents, which may have consequences on parasitism in these wild hosts. In this context, the objective of this study was to determine the infection rate and richness of gastrointestinal helminths in wild rodents from the Maulino forest and Monterey pine plantations in the Maule Region of Chile. Sampling sites were located in native forests, adult pine plantations and young pine plantations. Differences of infection rate were analyzed by host species, habitat type and season. 575 fecal samples corresponding to six rodent species and one marsupial were analyzed using the modified Telemann method. A total of 91 samples were positive to helminths (15.8%), which belonged to seven taxa. The most frequent helminths were *Hymenolepis* sp. (7.1% of the samples) and *Physaloptera* sp. (3.8%). Host species was the only explanatory variable that was statistically significant. The two species of the genus *Abrothrix* had a higher probability of helminth infection compared to *Oligoryzomys longicaudatus*. Regarding the two most common helminth species, the infection rate of *Hymenolepis* sp. was higher in *A. olivaceus* and *A. longipilis*, while the infection rate of *Physaloptera* sp. was higher in spring compared to autumn. For both taxa, the infection rate did not differ between habitat types. These results suggest that Monterey pine plantations do not change the parasitism of helminths in wild rodents. In a public health context, it is important to continue investigating the parasites present in wild rodents from the study area because some genera of helminths found in this study may have zoonotic potential.

Key words: Gastrointestinal helminths, Telemann method, wild rodents.

INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas sobre los ecosistemas naturales han alterado drásticamente el medio ambiente, y el ritmo de los cambios nunca ha sido tan marcado y rápido como en la actualidad (Newbold *et al.*, 2015). Uno de los cambios más importantes se da a nivel del uso de la tierra, donde el reemplazo de ambientes nativos por tierras de uso silvoagropecuario, urbano, entre otros, ha traído consecuencias negativas para la biodiversidad y la salud de los ecosistemas terrestres y acuáticos (Myers *et al.*, 2013; Newbold *et al.*, 2015). Esto es debido a que las perturbaciones de los hábitats pueden modificar diversas interacciones, así como procesos ecológicos y evolutivos, por ejemplo, entre hospederos y parásitos (Chasar *et al.*, 2009).

La importancia de los parásitos en los ecosistemas no es menor, pueden regular la distribución y abundancia de sus hospederos, pueden cumplir un rol fundamental en la estructura de redes tróficas, participar en los ciclos de energía y nutrientes, entre otras funciones (Gómez *et al.*, 2012). Por otro lado, las modificaciones en las interacciones hospedero-parásitos por intervención antropogénica en los hábitats pueden tener un gran impacto en la salud humana y animal (Chasar *et al.* 2009). Uno de los mecanismos subyacentes del efecto de los cambios en el uso del suelo sobre el parasitismo es la modificación de la estructura y composición de los hospederos. Por ejemplo, ciertas especies reservorios pueden aumentar o disminuir sus densidades, al igual que las especies no hospederas o poco competentes para ciertos agentes parasitarios o infecciosos, modificando así las dinámicas de parásitos en los hospederos (Keesing *et al.*, 2010; Gottdenker *et al.*, 2014).

Los roedores representan sobre el 40% de las especies de mamíferos y son un grupo importante de reservorios de agentes zoonóticos, con un impacto significativo en la salud pública (Meerburg *et al.*, 2009). Por ejemplo, dentro de los parásitos gastrointestinales zoonóticos transmitidos por roedores se encuentran protozoos (e.g. *Cryptosporidium* spp. y *Giardia* spp.) y helmintos (e.g. *Schistosoma mansoni* y *Triquinella* spp.) (Meerburg *et al.*, 2009).

En Chile, uno de los cambios de uso de suelo de importancia en la zona centro-sur son las plantaciones exóticas de pino Monterrey (*Pinus radiata*) (Echeverría *et al.*, 2006). El reemplazo de hábitats nativos por plantaciones de pino Monterrey modifica la composición y abundancia de ciertos ensambles animales, por ejemplo, los ensambles de roedores (Saavedra y Simonetti, 2005). Por lo tanto, este efecto de las plantaciones forestales de pino sobre los roedores podría tener un impacto en el parasitismo, lo cual no se ha estudiado.

Con base a los antecedentes expuestos, en esta Memoria de Título se analizó la fauna de helmintos gastrointestinales en roedores silvestres en distintos tipos de hábitats en un paisaje de la región del Maule dominado por plantaciones forestales de pino Monterrey. Esta información puede ser un aporte para el conocimiento de la helmintofauna de la zona y para conocer el posible impacto sobre el parasitismo que puede tener el reemplazo de bosque nativo por plantaciones de pino.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Parásitos y roedores

Los parásitos representan un componente importante de la diversidad biológica. Más del 50% de las especies conocidas en este planeta son parásitos de alguna forma. Tanto para el ecosistema como para los propios hospederos, los parásitos pueden cumplir ciertas funciones, por ejemplo, regular la distribución y abundancia de sus hospederos, cumplir un rol fundamental en la estructura de redes tróficas, participar en los ciclos de energía y nutrientes, modular la respuesta inmune de los hospederos, proveer de moléculas y procesos bioquímicos, entre otros (Gómez *et al.*, 2012).

Dentro de los macroparásitos, los helmintos son los endoparásitos más prevalentes, siendo especialmente los nemátodos gastrointestinales los que pueden tener un gran impacto en la salud humana y animal (Cordero del Campillo y Rojo, 1999; Froeschke y Matthee, 2014).

Los roedores son buenos modelos para investigar la relación hospedero-parásito en diversos hábitats debido a las habilidades de estos mamíferos para habitar una amplia gama de ambientes. Los roedores representan sobre el 40% de las especies de mamíferos y han sido considerados como uno de los grupos más importantes de reservorios de zoonosis (Plourde *et al.*, 2017), con un impacto significativo en la salud pública. Más de 80 patógenos zoonóticos se han reportado en roedores (Han *et al.*, 2016), donde se incluyen diversos helmintos (Meerburg *et al.*, 2009; Chaisiri *et al.*, 2015).

Los seres humanos pueden ser infectados por patógenos transmitidos por roedores a través de diferentes vías, por ejemplo, por contacto directo con roedores, a través de vectores y a través de aerosoles contaminados con patógenos provenientes de la orina y heces. En el caso de helmintos gastrointestinales, la ingestión de alimentos, verduras, agua o suelo contaminado con larvas o huevos infectivos son vías importantes de transmisión (Froeschke y Matthee, 2014).

El parasitismo puede presentar modificaciones a nivel de especie, población y comunidad de los hospederos (Rendón-Franco *et al.*, 2014; Pérez *et al.*, 2016). Además, puede existir una marcada estacionalidad en las tasas de infección. Esto se puede deber a distintas variables, por ejemplo, a los tamaños poblacionales de los hospederos, así como variables climáticas (e.g. lluvias, temperatura) (Pérez *et al.*, 2016). Por ejemplo, un estudio en el sudeste asiático (Laos) encontró un efecto significativo de la estación del año, donde un mayor nivel de infección individual por helmintos en roedores ocurrió durante otoño-invierno (Pakdeenarong *et al.*, 2014).

Roedores y helmintos gastrointestinales en Chile

En Chile existen al menos 65 roedores nativos y cinco especies de roedores introducidos. Los cricétidos (Cricetidae) son la familia de roedores más rica en especies nativas en Chile, siendo los más representativos de la zona central de Chile *Abrothrix olivaceus*, *A. longipilis*, *Oligoryzomys longicaudatus* y *Phyllotis darwini* (Muñoz-Pedrerros, 2009). Los estudios sobre parásitos en roedores chilenos se han realizado principalmente en el centro y sur de Chile (Babero y Cattán, 1975; Landaeta *et al.*, 2007). Numerosas especies de helmintos se han registrado en roedores chilenos, pertenecientes a diversos géneros, tales como: *Syphacia* sp., *Heterakis* sp., *Capillaria* sp., *Trichuris* sp., *Inglamidum* sp., *Gongylonema* sp. e *Hymenolepis* sp. Algunas especies como *Capillaria hepática*, *Syphacia obvelata*, *Gongylonema neoplasaticum* e *Hymenolepis nana* se han reportado como parásitos zoonóticos (Cordero del Campillo y Rojo, 1999; Landaeta *et al.*, 2007; De Sotomayor *et al.*, 2015).

Cambios de uso de suelo y su efecto sobre el parasitismo y las enfermedades infecciosas

Las actividades humanas han modificado una gran proporción de la superficie terrestre. Junto al cambio climático, uno de los procesos que ha provocado mayor preocupación en la sociedad son los cambios que se han producido en los usos de suelo en un periodo de tiempo relativamente corto (Acevedo y Delibes-Mateos, 2013). De hecho, los cambios en el uso de suelo junto con la fragmentación de hábitats se encuentran entre los principales factores de pérdida de biodiversidad a nivel mundial (Newbold *et al.*, 2015). Esta pérdida

de biodiversidad puede tener además impactos negativos para la salud humana (Cardinale *et al.*, 2012).

Los cambios en el uso del suelo por actividades antropogénicas son la principal causa de eventos de enfermedades infecciosas y parasitarias emergentes en el mundo (Loh *et al.*, 2015). Uno de los mecanismos por los cuales pueden aparecer brotes de infecciones debido a los cambios en las coberturas de la tierra, son las modificaciones en los ensambles de especies (Keesing *et al.*, 2010). Por ejemplo, las especies reservorios pueden aumentar o disminuir sus densidades, al igual que las especies no hospedadas o poco competentes para ciertos agentes parasitarios e infecciosos. Estos cambios pueden implicar modificaciones en las dinámicas de patógenos en los hospederos, de acuerdo a ciertas hipótesis como el efecto de dilución o amplificación (Keesing *et al.*, 2010).

Los cambios en el uso del suelo pueden modificar la tasa de infección y la composición de distintos helmintos gastrointestinales en roedores. Por ejemplo, un estudio en Borneo reveló que la riqueza de especies de nemátodos fue significativamente mayor en roedores (*Tupaia longipes*) que habitaban un bosque perturbado comparado con roedores de un bosque nativo sin perturbación (Wells *et al.*, 2007).

El bosque maulino y su reemplazo por plantaciones comerciales de pino

El bosque maulino costero corresponde a un bosque endémico de tipo templado, ubicado en la cordillera de la costa de la zona central de Chile, entre las latitudes 35°-37° S. Abarca el límite norte de la zona húmeda austral y el margen sur de una zona de sequía estival, lo que le otorga gran diversidad biológica por la convergencia de especies típicas de la zona mediterránea central con otras características de los bosques sureños. Es por ello que este bosque es considerado como un sitio de gran importancia biológica (San Martín y Donoso, 1996).

La especie vegetal que domina en este bosque es el Hualo (*Nothofagus glauca*), asociado mayoritariamente a roble (*N. obliqua*), ruil (*N. alessandrii*), avellano (*Gevuina avellana*) y lingue (*Persea lingue*) (San Martín y Donoso, 1996). En la zona existen dos áreas silvestres protegidas, la Reserva Nacional los Queules y la Reserva Nacional Los Ruiles.

Desde principios del siglo XIX, el bosque maulino ha ido decreciendo por efecto antropogénico, principalmente por la agricultura. En la actualidad se ha generado una fragmentación progresiva producto de la sustitución hacia plantaciones forestales exóticas, en su mayoría pino Monterrey (*Pinus radiata*). Estos monocultivos interrumpen el paisaje, generando muchos parches de bosque nativo de pequeño tamaño inmersos en una matriz forestal (Lara y Veblen, 1993; Echeverría *et al.*, 2006).

Las plantaciones comerciales de pino Monterrey (*Pinus radiata*) representan el 32% de la producción de plantaciones productivas en el mundo (FAO, 2007). En Chile, estas plantaciones cubren aproximadamente 1,5 millones de hectáreas (INFOR, 2013), siendo el principal cambio de uso de suelo en algunas regiones de la zona centro-sur del país (Echeverría *et al.*, 2006).

El reemplazo del bosque maulino a plantaciones de pino Monterrey ha modificado la composición y estructura de las comunidades de vertebrados, incluyendo el ensamble de roedores. Por ejemplo, la riqueza de especies de roedores es mayor en el hábitat nativo comparativamente a plantaciones de pino adulto (Saavedra y Simonetti, 2005). Además, las abundancias relativas de las especies cambian entre bosque nativo, plantaciones de pino adultas y plantaciones de pino jóvenes (Figura 1). Por lo tanto, esta zona del país es un buen escenario para estudiar los efectos de los cambios de uso de suelo sobre el parasitismo en roedores silvestres.

Frente a los antecedentes expuestos, en esta Memoria de Título se realizó un análisis de la tasa de infección y diversidad de helmintos gastrointestinales en roedores silvestres del bosque maulino y zonas aledañas de pino Monterrey.

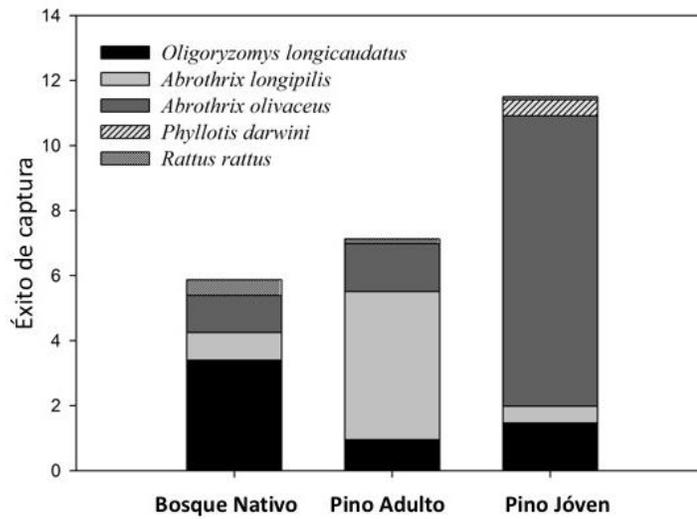


Figura1. Éxito de captura de roedores en el bosque Maulino y zonas aledañas de pino durante los años 2016-2017. Cada color indica la proporción de cada especie según el tipo de hábitat (A. Rubio, datos no publicados).

OBJETIVO GENERAL

Determinar la tasa de infección y riqueza de helmintos gastrointestinales en heces de roedores silvestres en el bosque maulino y zonas aledañas de pino Monterrey, y examinar las diferencias en el parasitismo según variables ambientales y de los hospederos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la tasa de infección y riqueza de helmintos gastrointestinales en heces de roedores
2. Comparar la tasa de infección de helmintos gastrointestinales entre cuatro tipos de hábitats.
3. Comparar la tasa de infección de helmintos gastrointestinales entre especies de roedores.
4. Comparar la tasa de infección de helmintos gastrointestinales de roedores entre las cuatro estaciones del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Área de estudio

El área de estudio está ubicada en el Sitio Prioritario Tregualemu ($35^{\circ}59'S$, $72^{\circ}41'O$), aproximadamente a 15 km de la localidad de Tregualemu, en la costa de la Región del Maule. El paisaje se encuentra conformado por remanentes de bosque Maulino y extensas plantaciones forestales de pino Monterrey. El bosque nativo del área de estudio incluye la Reserva Nacional Los Queules y bosques contiguos que conforman un área de 600 hectáreas.

Los sitios de muestreo correspondieron a cuatro tipos de hábitat: (1) bosque nativo, (2) plantaciones de pino adulta, (3) plantaciones de pino jóvenes que fueron sometidas a tala rasa y presentan escaso estrato arbustivo acompañante, y (4) plantaciones de pino jóvenes que fueron sometidas a tala rasa y presentan mayor estrato arbustivo acompañante (Russek *et al.* 2017). En cada hábitat se seleccionaron tres sitios (12 en total), separados al menos 400 metros entre sí (Figura 2).

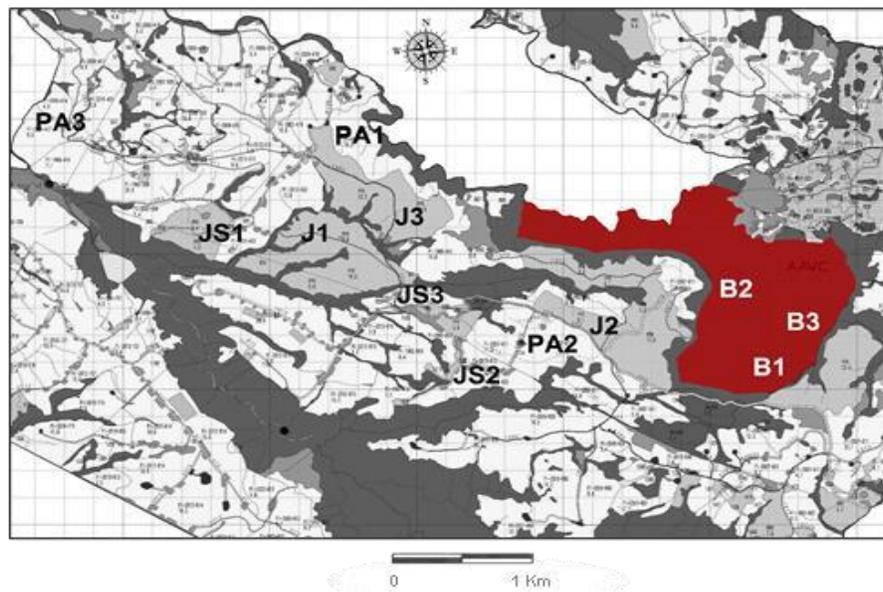


Figura 2. Sitios de muestreo. B: Bosque nativo, PA: Pino adulto, J: Pino juvenil con escaso sotobosque y JS: Pino juvenil con abundante sotobosque. En rojo se encuentra la Reserva Nacional los Queules. Figura tomada de Veloso (2018).

2. Toma de muestras.

La captura de roedores y toma de muestras de heces fueron realizados durante el año 2016 en el marco del proyecto Fondecyt 3160037. La presente Memoria de Título se enfocó en el análisis de laboratorio de las muestras, es por ello que el detalle de los procedimientos de captura y toma de muestras se encuentran en el Anexo 1.

3. Análisis de laboratorio

Se realizó el análisis de 575 muestras de heces que fueron colectadas de un total de 1000 capturas de pequeños mamíferos, correspondientes a 881 individuos de siete especies (seis roedores y un marsupial): *Abrothrix olivaceus* (292), *A. longipilis* (132), *Oligoryzomys longicaudatus* (119), *Phyllotis darwini* (23), *Rattus rattus* (5), *Octodon bridgesi* (1) y *Thylamys elegans* (3).

La detección de huevos de helmintos en las heces se realizó mediante la técnica de Telemann modificado sin tinción (Atías, 1998). Las muestras se pusieron en tubos tipo Falcon de 15 mL, posteriormente, se le adicionó 10 mL de alcohol 70% más 2 mL de éter etílico y se centrifugó a 2000 RPM durante 10 minutos. Finalizada la centrifugación, el sobrenadante se eliminó, colectando 100 µL del sedimento, los cuales fueron extendidos sobre un portaobjetos. Finalmente, se puso un cubreobjetos sobre las muestras para examinarlas con un microscopio óptico, usando objetivos de 10x y 40x. La identificación de los helmintos se realizó con ayuda de claves taxonómicas (e.g. Anderson *et al.*, 2009).

4. Análisis estadísticos

La tasa de infección fue estimada como el cociente entre número de muestras de heces de individuos que resultaron positivos a helmintos y el número total de muestras de heces analizadas. Además, se estimaron los intervalos de confianza (95%) de la tasa de infección mediante la prueba de Clopper-Pearson, utilizando el programa Quantitative Parasitology 3.0 (Reiczigel y Rózsa 2005).

Para identificar las variables que puedan explicar la tasa de infección de helmintos gastrointestinales en roedores, se utilizaron modelos lineales generalizados (MLG) con distribución binomial con función de vínculo logit. Como variable dependiente se utilizó el resultado binario de cada muestra (0 = negativo a helmintos, 1 = positivo a helmintos). Primero se realizó un MLG tomando en cuenta a todos los helmintos juntos y luego se realizaron MLGs para los taxones de helmintos más comúnmente encontrados en las muestras. Las variables explicativas utilizadas en los análisis fueron: especie de roedor, tipo de hábitat y estación del año. Estos análisis se realizaron utilizando el programa R (R Core Team 2018).

RESULTADOS

1. Tasa de infección general y taxones de helmintos encontrados

De un total de 575 muestras analizadas, 91 (15,8%) resultaron positivas a huevos y/o larvas de helmintos. Se pudo encontrar muestras positivas a helmintos en todos los hábitats (Tabla 1), en todas las estaciones del año (Tabla 2) y en la mayoría de las especies de roedores muestreados (Tabla 3). Además, se analizaron tres muestras de un marsupial (*Thylamys elegans*), las que resultaron negativas. La tasa de infección de los roedores más abundantes (al menos 20 muestras por cada especie) fue: *Abrothrix olivaceus* (16,7%), *A. longipilis* (20,5%), *Oligoryzomys longicaudatus* (7,5%) y *Phyllotis darwini* (21,7%).

Tabla 1. Tasa de infección por estación y especies de roedores más abundantes

Especies roedores	n	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
		n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
<i>Abrothrix olivaceus</i>	292	8 (16,3)	12 (11,7)	13 (18,3)	16 (22,8)
<i>Abrothrix longipilis</i>	132	7 (14,8)	10 (23,2)	4 (20)	6 (27,2)
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	119	0 (0)	3 (4,8)	6 (11,7)	0 (0)
Total	543	15 (15,3)	25 (12)	23 (16,2)	22 (23)

Tabla 2. Tasa de infección por hábitat y especies de roedores más abundantes

Especies roedores	n	BN	P	PJCV	PJSV
		n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
<i>Abrothrix olivaceus</i>	292	0 (0)	4 (11,4)	35 (17,3)	10 (22,7)
<i>Abrothrix longipilis</i>	132	7 (29,1)	18 (18,7)	1 (12,5)	1 (25)
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	119	5 (7,8)	0 (0)	3 (9,6)	1 (11,1)
Total	543	12 (12,1)	22 (15)	39 (16,2)	12 (21)

BN= Bosque nativo P= Pino adulto PJCV= Pino joven con vegetación PJSV= Pino joven sin vegetación.

Tabla 3. Número de muestras positivas a helmintos por cada especie de hospedero

	Número	<i>Hymenolepis</i> sp.	No identificado	<i>Physaloptera</i> sp.	<i>Capillaria</i> sp.	<i>Moliniformis</i> sp.	Strongilidio	<i>Syphacia</i> sp.	Larva	Total
Roedores										
<i>Abrothrix olivaceus</i>	292	24	2	17	1	2	0	3	1	50
<i>Abrothrix longipilis</i>	132	12	9	3	1	0	0	0	4	29
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	119	3	0	1	1	2	3	1	0	11
<i>Phyllotis darwini</i>	23	2	0	1	0	0	0	2	0	5
<i>Rattus rattus</i>	5	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Thylamys elegans</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Octodon bridgesi</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Los helmintos identificados pertenecieron a tres phylum: Acanthocephala, Nematoda y Plathelmynta. Del primero se encontraron huevos de *Moniliformis* sp. Para los nemátodos se encontraron: *Capillaria* sp, *Physaloptera* sp. Strongilidios, *Syphacia* sp. y se identificó la presencia de larvas, las cuales no pudieron ser identificadas debido a su estadio. Para el phylum plathelmynta se encontró el género perteneciente al céstodo *Hymenolepis* sp. Además, se encontró un huevo de un parasito no identificado (Figura 3). El helminto más frecuentemente encontrado fue *Hymenolepis* sp. en 41 muestras (7,1%), seguido por *Physaloptera* sp. en 22 muestras (3,8%). Luego se encontraron huevos del parásito no identificado en 11 muestras (1,9%) y *Syphacia* sp. en siete muestras (1,2%). Los detalles de estos resultados se encuentran en la Tabla 3.

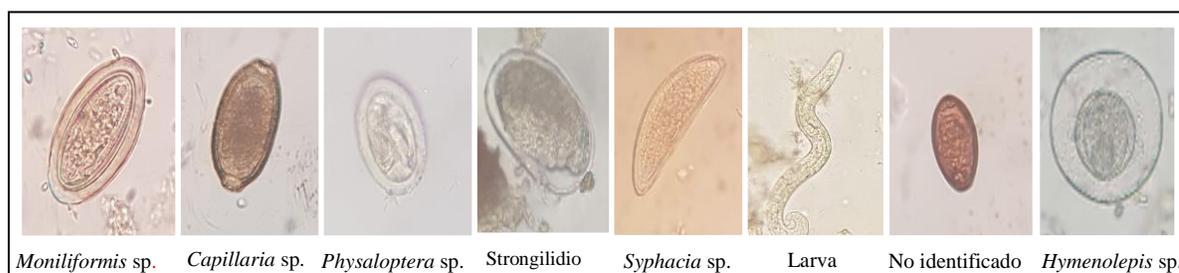


Figura 3. Huevos y larvas de helmintos encontrados en heces de roedores (Microscopio 40X).

2. Comparación de la tasa de infección

Para la comparación de las tasas de infección, solamente se incluyeron los datos de las tres especies de roedores con mayor tamaño muestral (*Abrothrix olivaceus*, *A. longipilis* y *Oligoryzomys longicaudatus*; Tabla 3). La única variable explicativa que resultó estadísticamente significativa fue la variable “especie”, donde las dos especies del género *Abrothrix* presentaron una mayor prevalencia en comparación a *Oligoryzomys longicaudatus* (Tabla 4, Figura 4).

Tabla 4. MLG utilizando las variables independientes hábitat, estación y especie de roedor. Variables estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) se encuentran en negrita.

Variable	Parámetro	Error Estándar	Valor Z	Valor P
Intercepto	-0,839	0,455	-1,844	0,065
Otoño	-0,445	0,318	-1,399	0,161
Primavera	0,103	0,351	0,295	0,767
Verano	-0,448	0,383	-1,169	0,242
Pino adulto	-0,388	0,431	-0,899	0,368
Pino joven con vegetación	0,132	0,448	0,296	0,767
Pino joven sin vegetación	0,432	0,517	0,835	0,403
<i>Abrothrix olivaceus</i>	-0,704	0,394	-1,787	0,073
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	-1,486	0,484	-3,070	0,0002

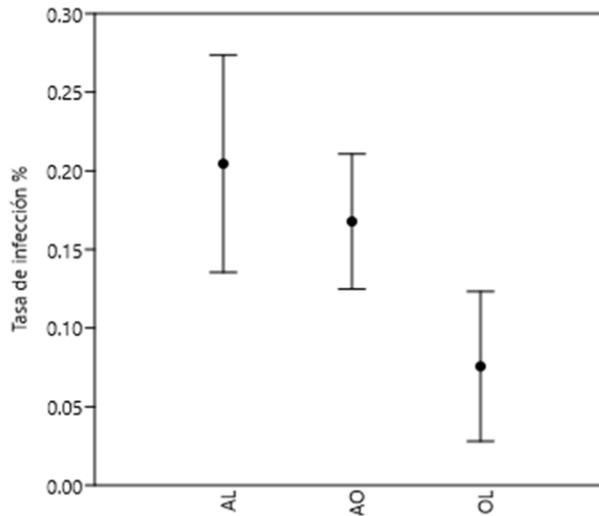


Figura 4. Tasa de infección de helmintos según especie de roedor e intervalos de confianza (95%) obtenidos mediante la prueba de Clopper-Pearson. AL = *Abrothrix longipilis*; AO= *Abrothrix olivaceus*; OL= *Oligoryzomys longicaudatus*

Además, se realizaron MLGs utilizando las dos especies de helmintos más abundantes (*Hymenolepis* sp. y *Physaloptera* sp.). Se encontró que la tasa de infección de *Hymenolepis* sp. fue significativamente menor en *O. longicaudatus* en comparación a las otras dos especies de roedores (*A. olivaceus* y *A. longipilis*) (Tabla 5; Figura 5), y para *Physaloptera* sp., la tasa de infección en otoño fue significativamente menor en comparación a la primavera. (Tabla 6; Figura 6).

Tabla 5. MLG para la probabilidad de infección de *Hymenolepis* sp. Las variables independientes fueron hábitat, estación y especie de roedor. Variables estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) se encuentran en negrita.

Variable	Parámetro	Error estándar	Valor Z	Valor P
Intercepto	-1,863	0,664	-2,805	0,00503
Otoño	-0,356	0,416	-0,855	0,392
Primavera	-0,597	0,511	-1,17	0,242
Verano	-0,784	0,538	-1,457	0,145
Pino adulto	-0,077	0,652	-0,118	0,906
Pino joven con vegetación	0,667	0,671	0,995	0,319
Pino joven sin vegetación	0,702	0,774	0,907	0,364
<i>Abrothrix olivaceus</i>	-0,757	0,543	-1,393	0,163
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	-1,85	0,744	-2,487	0,012

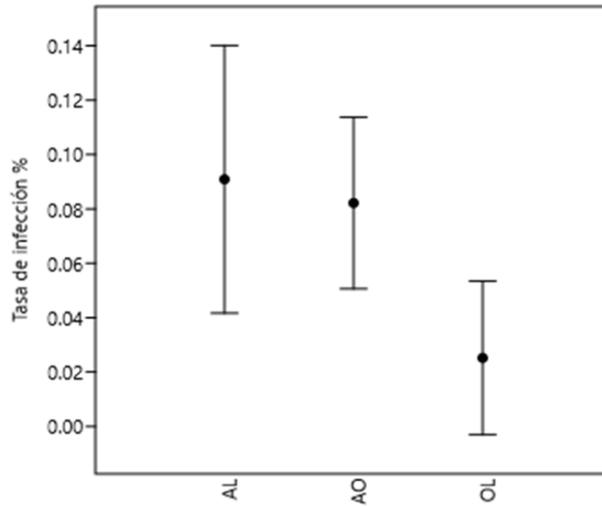


Figura 5. Tasa de infección para *Hymenolepis* sp. según estación del año e intervalos de confianza (95%) obtenidos mediante la prueba de Clopper-Pearson. AL = *Abrothrix longipilis*; AO= *Abrothrix olivaceus*; OL= *Oligoryzomys longicaudatus*.

Tabla 6. MLG para la probabilidad de infección de *Physaloptera* sp. Las variables independientes fueron hábitat, estación y especie de roedor. Variables estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) se encuentran en negrita.

Variable	Parámetro	Error estándar	Valor Z	Valor P
Intercepto	-2,874	1,195	-2,411	0,015
Otoño	-2,083	0,795	-2,621	0,008
Invierno	-0,465	0,561	0,830	0,406
Verano	-1,004	0,692	-1,451	0,146
Pino adulto	-0,427	1,294	-0,331	0,74
Pino joven con vegetación	0,932	1,201	0,776	0,437
Pino joven sin vegetación	1,496	1,24	1,206	0,227
<i>Abrothrix olivaceus</i>	-0,126	0,87	-0,145	0,884
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	-1,426	1,295	-1,101	0,27

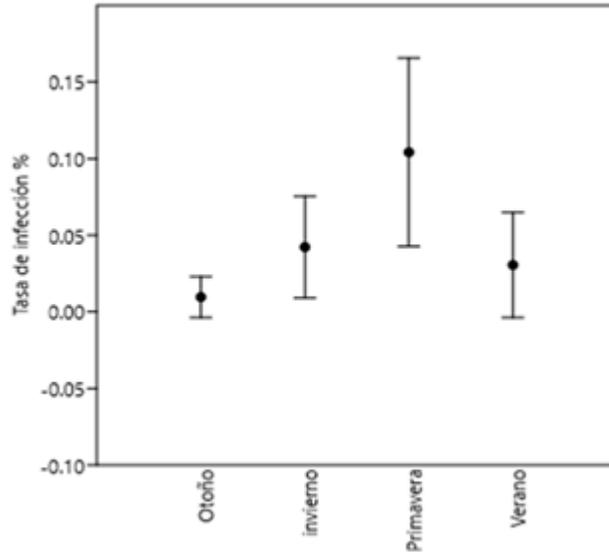


Figura 6. Tasa de infección para *Physaloptera* sp. según estación del año e intervalos de confianza (95%) obtenidos mediante la prueba de Clopper-Pearson.

3. Riqueza de helmintos

Para los roedores *A. longipilis* y *O. longicaudatus* se registraron un total de seis taxones de helmintos, mientras que para el roedor *Abrothrix olivaceus* fueron cuatro taxones de helmintos y para *Phyllotis darwini* fueron tres. Dado que los datos de la riqueza fueron muy bajos (Tabla 7) no se realizaron análisis estadísticos para analizar comparaciones entre las variables hábitat, especie y estación.

Tabla 7. Riqueza de helmintos por tipo de hábitat

Hábitat	n	Media	Mediana	Error estándar	Desv. estándar
Bosque nativo	104	0,13	0	0,039	0,40
Pino adulto	150	0,17	0	0,033	0,41
Pino joven con vegetación	246	0,17	0	0,024	0,37
Pino joven sin vegetación	75	0,20	0	0,050	0,43

DISCUSIÓN

En este estudio se pudo detectar diversos helmintos gastrointestinales en 575 muestras de heces de seis especies de roedores y un marsupial provenientes de Tregualemu, Región del Maule. La tasa de infección general fue de 15,8%, la cual es menor comparativamente a otros estudios realizados en roedores en Chile. Por ejemplo, en la zona central del país se han reportado tasas de infección de 63% (Cattan *et al.*, 1992) y 99% (Landaeta-Aqueveque *et al.*, 2018). En cuanto a la riqueza de parásitos, se encontraron siete taxones de helmintos, lo cual se asemeja a resultados encontrados en roedores de otros países (e.g. Froeschke y Matthee, 2014). Otros estudios en Chile han reportado riquezas más altas, por ejemplo, en el trabajo de Landaeta-Aqueveque *et al.*, (2018) se encontraron hasta 15 géneros de parásitos en la zona centro-norte de Chile, al igual que el estudio de Landaeta (2004) en la Región Metropolitana. Estas diferencias en la tasa de infección y riqueza de parásitos entre el presente estudio y otros trabajos publicados se pueden deber a las distintas metodologías utilizadas para la detección e identificación de parásitos. En este estudio se realizaron análisis coproparasitarios para la detección de huevos, mientras que en los estudios anteriormente nombrados se analizaron los **parásitos adultos** provenientes del tracto gastrointestinal de los individuos, lo que es más sensible que hacer un coproparasitario y permite una mejor identificación de helmintos a nivel de género o especie. Por lo tanto, futuras investigaciones en el área de estudio deberían utilizar muestras de helmintos obtenidas desde el tracto gastrointestinal de los animales para así obtener de manera más detallada los distintos parásitos presentes en los roedores.

Los parásitos identificados fueron helmintos que comúnmente están asociados a roedores, tanto en Chile como en otros países (Landaeta *et al.*, 2007; Wells *et al.*, 2007; Skyrienė *et al.*, 2011). La mayoría de los taxones que pudieron ser identificados ya han sido reportados en roedores de Chile (Cattan *et al.*, 1992; Landaeta, 2004; Landaeta *et al.*, 2007; Landaeta-Aqueveque *et al.*, 2018). La única excepción fue el acantocéfalo *Moniliformis* sp., siendo este estudio la primera evidencia que sugiere la presencia de este parásito en roedores chilenos. Este parásito fue encontrado en *A. olivaceus* y *A. longipilis*, lo cual concuerda con reportes en estas mismas especies hospederas en Argentina (Guerreiro *et al.*, 2017).

Además, cabe mencionar que en este estudio se registró por primera vez en Chile las siguientes asociaciones hospedero-parásito: *P. darwini-Physaloptera* sp., *A. longipilis-Physaloptera* sp., *A. longipilis- Capillaria* sp. y *O. longicaudatus-Capillaria* sp.

Algunos de los géneros de helmintos identificados contienen especies que son consideradas zoonóticas. Por ejemplo, se conoce que *Capillaria hepática*, *Hymenolepis nana* y *Syphacia obvelata* son parásitos zoonóticos reportados en roedores chilenos (Cordero del Campillo y Rojo, 1999; Landaeta *et al.*, 2007) y de otros países (De Sotomayor *et al.*, 2015). Este antecedente debe tenerse en consideración debido a que varios roedores nativos como *A. longipilis*, *A. olivaceus*, *O. longicaudatus* y especies introducidas (*Rattus* spp.) tienen hábitos sinantrópicos (i.e. capacidad de habitar en ambientes antropizados) (Torres-Pérez *et al.*, 2004), por lo que son especies que pueden estar en alto contacto directo con humanos o en contacto con animales domésticos y alimentos. Por lo tanto, para profundizar en el conocimiento de los posibles helmintos zoonóticos presentes en roedores de la zona de estudio, se requieren estudios más específicos para determinar las especies de parásitos, por ejemplo, identificando los ejemplares adultos de cada parásito y también utilizando herramientas moleculares que permitan identificar a las comunidades de helmintos mediante el análisis de los huevos encontrados en las heces (Aivelo y Medlar, 2018).

De acuerdo a la evidencia empírica en distintos lugares del mundo, los cambios en composición, abundancia y riqueza de roedores pueden ser factores que influyen en la prevalencia de helmintos (Rendón-Franco *et al.*, 2014). Las plantaciones de pino Monterrey modifican la composición y las abundancias de ciertas especies de roedores en Chile (Saavedra y Simonetti, 2005; Moreira-Arce *et al.*, 2015). Sin embargo, la tasa de infección de helmintos encontrados en este estudio no tuvo cambios significativos con respecto al tipo hábitat donde se encontraban los roedores, lo cual sería indicativo de que las plantaciones de pino Monterrey no estarían modificando de manera importante el parasitismo de helmintos en roedores silvestres. Esto concuerda con un estudio reciente en la misma área de estudio, donde Oettinger (2018) no encontró diferencias en la tasa de infección de *Cryptosporidium* sp. entre roedores que habitaban el bosque maulino y plantaciones de pino Monterrey.

Por otro lado, en un estudio referente a ácaros *Androlaelaps* sp. y *Ornithonyssus* sp. que parasitan al roedor *A. olivaceus*, se encontró que la tasa de infestación de *Ornithonyssus* sp. fue mayor en roedores que habitaban plantaciones de pino jóvenes en comparación al bosque maulino, mientras que la tasa de infestación de *Androlaelaps* sp. no presentó diferencias entre los distintos tipos de hábitats (Veloso, 2018). Estos resultados demuestran que el efecto del reemplazo de bosque maulino por plantaciones de pino Monterrey puede tener impactos en el parasitismo, pero depende de la identidad y características de los distintos parásitos.

Las dos especies de roedores del género *Abrothrix* presentaron una mayor tasa de infección general helmintos y en particular de *Hymenolepis* sp. en comparación a *O. longicaudatus*. La mayoría de los parásitos encontrados son de ciclo heteroxeno y requieren como hospedero intermediario a artrópodos (principalmente insectos). Por lo tanto, las diferencias en la tasa de infección entre especies de hospederos podrían deberse a disimilitudes entre los hábitos alimenticios de los hospederos, específicamente a diferencias en el consumo de invertebrados. Así es como las especies del género *Abrothrix* presentan una dieta frugívora y omnívora, alimentándose de artrópodos que pueden constituir hasta un 25-32% de su dieta (Iriarte, 2008). Por el contrario, *O. longicaudatus* es un roedor principalmente herbívoro, se alimenta de semillas y frutos que componen hasta un 60%-89% de su dieta, mientras que los invertebrados representan un componente menor en su alimentación (5% - 10% aproximadamente) (Iriarte, 2008). Por lo tanto, este menor consumo de invertebrados podría ser una explicación a la menor tasa de infección de helmintos encontrada en *O. longicaudatus*.

Con respecto a la estacionalidad, para el parásito *Physaloptera* sp. se encontró que la tasa de infección en primavera fue significativamente mayor que la tasa de infección en otoño. Esto se puede deber a cambios en las abundancias de hospederos intermediarios y cambios dietarios de los hospederos, lo que ha sido sugerido por Cawthorn y Anderson (1976). Estos autores encontraron diferencias estacionales en la carga parasitaria de larvas del cuarto estadio de *Physaloptera maxillaris* en zorrillos (*Mephitis mephitis*) de Canadá, la cual fue mayor en primavera comparativamente a otoño. Por el contrario, Goldberg *et al.*,

(2002) no encontró diferencias estacionales en la prevalencia de *Physaloptera squamatae* en reptiles (*Anolis sagrei*) en Hawaii.

Esto demuestra que las variaciones estacionales del parasitismo de *Physaloptera* spp. pueden ser distintas dependiendo de la especie, hospedero y ambiente.

En nuestro conocimiento, este estudio representa el primer reporte de helmintos gastrointestinales en roedores de la Región del Maule, y en particular en el bosque Maulino y en plantaciones de pino Monterrey del país. Debido a los hábitos sinantrópicos de algunas especies de roedores presentes en el área de estudio, así como el potencial zoonótico de algunos géneros de helmintos encontrados, es importante continuar estudios acerca de los efectos de las perturbaciones humanas sobre las interacciones roedores-parásitos en el área de estudio, lo cual sería un aporte para la evaluación de posibles riesgos de infección de zoonosis parasitarias en la interfaz humano-animales silvestres.

CONCLUSIONES

1. No hubo diferencias significativas entre las tasas de infección de roedores que habitaban los sitios nativos y los sitios con plantaciones jóvenes y adultas de pino Monterrey. Esto sería indicativo de que las plantaciones de pino Monterrey no estarían modificando de manera importante el parasitismo de helmintos en roedores silvestres.
2. Existen diferencias en las tasas de infección de helmintos entre especies. Las especies de roedores del género *Abrothrix* presentaron significativamente una mayor tasa de infección que *O. longicaudatus*.
3. Cambios estacionales en la tasa de infección de helmintos solamente se encontraron en *Physaloptera* sp., siendo mayor en primavera en comparación a otoño.
4. Se encontraron diversos taxones de helmintos, incluso un nuevo registro, donde la presencia de *Moniliformis* sp. es la primera evidencia que sugiere la presencia de este parasito en roedores chilenos. También en este estudio se registró por primera vez las siguientes asociaciones hospedero-parasito: *P. darwini*-*Physaloptera* sp., *A. longipilis*-*Physaloptera* sp., *A. longipilis*-*Capillaria* sp., y *O. longicaudatus*-*Capillaria* sp.
5. En un contexto de salud pública, es importante continuar investigando a los parásitos presentes en roedores del área de estudio ya que algunos géneros de helmintos encontrados pueden tener potencial zoonótico.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, P.; DELIBES-MATEOS, M.** 2013. Efectos de los cambios en los usos del suelo en las especies cinegéticas en el sur de España: repercusiones para la gestión. *Ecosistemas*. 22(2):33-39.
- AIVELO, T.; MEDLAR, A.** 2018. Opportunities and challenges in metabarcoding approaches for helminth community identification in wild mammals. *Parasitology*. 145(5):608-621.
- ANDERSON, R., CHABAUD, A.; WILLMOTT, S.** 2009. Keys to the nematode parasites of vertebrates: Archival volume. CABI. Connecticut, USA. 480p.
- ATIAS, A.** 1998. *Parasitologías Médica*. Ed. Mediterráneo. Santiago, Chile. 615 p.
- BABERO, B.; CATTAN, P.** 1975. Helminthofauna de Chile: III. Parásitos del roedor degú, *Octodon degus* Molina, 1782, con la descripción de tres nuevas especies. *Bol. Chile. Parasit.* 30:68-76.
- CARDINALE, B.; DUFFY, E.; GONZALEZ, A.; HOOPER, D.; PERRINGS, C.; VENAIL, P.; NARWANI, A.; MACE, G.; TILMAN, D.; WARDLE, D.; KINZING, A.; DAILY, G.; LOREAU, M.; GRACE, J.; LARIGAUDIERE, A.; SRIVASTAVA, D.; NAEEM, S.** 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. 486:59–67.
- CATTAN, P.; NÚÑEZ, H.; YÁNEZ, J.** 1992. Comunidades de parásitos en roedores: Una comparación entre octodontinos y cricétidos. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile*. 43:93-103.
- CAWTHORN, R.; ANDERSON, R.** 1976. Effects of age, temperature, and previous infection on the development of *Physaloptera maxillaris* (Nematoda: Physalopteroidea) in field crickets (*Acheta pennsylvanicus*) *Can. J. Hist.* 54(4):442-448.
- CHASIRI, K.; SIRIBAT, P.; RIBAS, A.; MORAND, S.** 2015. Potentially zoonotic helminthiases of murid rodents from the Indo-Chinese peninsula: impact of habitat and the risk of human infection. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 15(1):73-85.
- CHASAR, A.; LOISEAU, C.; VALKIUNAS, G.; IEZHOVA, T.; SMITH, TB.; SEHGAL, RN.** 2009. Prevalence and diversity patterns of avian blood parasites in degraded African rainforest habitats. *Mol. Ecol.* 18(19):4121-4133.
- CORDERO DEL CAMPILLO, M.; ROJO, F.** 1999. *Parasitología Veterinaria*. McGraw-Hill Interamericana. Madrid, España. 968p.
- DE SOTOMAYOR, R.; SERRANO-MARTÍNEZ, E.; TANTALÉAN, M.; QUISPE, M.; CASAS, G.** 2015. Identificación de parásitos gastrointestinales en ratas de Lima Metropolitana. *Rev. Inv. Vet. Perú*. 26(2):273-28.

ECHEVERRIA, C.; COOMES, J.; SALAS, J.; REY-BENAYAS, A.; NEWTON, A. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Biol. Conserv.* 130:481-494.

FOOD & AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 2007. State of the World's Forests 2007. Food & Agriculture Organization of the United Nations. 140 pp.

FROESCHKE, G.; MATTHEE, S. 2014. Landscape characteristics influence helminth infestations in a peri-domestic rodent – implications for possible zoonotic disease. *Parasites Vectors.* 7:393.

GOLDBERG, S.; BURSEY, C; OLYCROSS, A. 2002. *Abbreviata terrapenis* (Nematoda: Physalopteridae): An accidental parasite of the banded rock rattlesnake (*Crotalus lepidus klauberi*). *J. Wildl. Dis.* 38(2):453–456.

GÓMEZ, A.; NICHOLS, E.; PERKINS, S. 2012. Parasite conservation, conservation medicine, and ecosystem health. **In:** New directions in conservation medicine: Applied cases of ecological health. Aguirre, A.; Ostfeld, R.; Dasak, P (eds). University of Oxford. Oxford, Inglaterra. pp. 67-81.

GOOTDENKER, N.; STREICKER, D.; FAUST, C.; CARROLL, C. 2014. Anthropogenic land use change and infectious diseases: a review of the evidence. *EcoHealth.* 11:619-632.

GUERREIRO, N.; ROBLES, M.; NAVONE, G. 2017. A new species of *Moniliformis* from a Sigmodontinae rodent in Patagonia (Argentina). *Parasitol. Res.* 116:2091–2099.

HAN, B.; KRAMER, A.; DRAKE, J. 2016. Global patterns of zoonotic disease in mammals. *Trends Parasitol.* 32(7):565-577.

INFOR. 2013. Anuario Forestal. [en línea]. <<http://wef.infor.cl/publicaciones/anuario/2013/Anuario2013.pdf>> [consulta: 20-11-2017].

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

KEESING, F.; BELDEN, L.; DASZAK, P.; DOBSON, A.; HARVELL, D.; HOLT, R.; HUDSON, P.; JOLLES, A.; JONES, K.; MITCHELL, C.; MYERS, S.; BOGICH, T.; OSTFELD, R. 2010. Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature.* 468:647-652.

LARA, A.; VEBLLEN, T. 1993. Forest plantations in Chile: a successful model. **In:** Mather, A (eds). Afforestation, policies, planning and progress. Arizona State University. Londres, Inglaterra. pp. 118-139.

LANDAETA, C. 2004. Comparación de helmintofauna gastrointestinal de *Mus musculus* Linnaeus, 1758 y *Abrothrix olivaceus* Watherhouse, 1837. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 65 p.

LANDAETA, C.; ROBLES, M.; CATTAN, P. 2007. Helmintofauna del roedor *Abrothrix olivaceus* (Sigmodontinae) en áreas sub-urbanas de Santiago de Chile. *Parasitol. Latinoam.*

62(3-4):134-141. **LANDAETA-AQUEVEQUE, C.; ROBLES, M.; HENRIQUEZ, A.; YAÑEZ, A.; CORREA, J.; GONZALEZ, D.; CATTAN, P.** 2018. Phylogenetic and ecological factors affecting the sharing of helminths between native and introduced rodents in Central Chile. *Parasitology*. 142(12):1570-1576.

LOH, E.; ZAMBRANA-TORRELIO, C.; OLIVAL, K.; BOGICH, T.; JOHNSON, C.; MAZET, J.; KARESH, W.; DASZAK, P. 2015. Targeting transmission pathways for emerging zoonotic disease surveillance and control. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 15(7):432-437.

MEEBURG, B.; SINGLETON, G.; KIJLSTRA, A. 2009. Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Crit. Rev. Microbiol.* 35:221-270.

MOREIRA-ARCE, D.; VERGARA, P.; BOUTIN, S.; SIMONETTI, J.; BRICEÑO, C.; ACOSTA-JAMETT, G. 2015. Native forest replacement by exotic plantations triggers changes in prey selection of mesocarnivores. *Biol. Conserv.* 192:258-267.

MUÑOZ-PEDREROS, A. 2009. Orden Rodentia. **In:** Muñoz-Pedreros.; Yáñez, J. *Mamíferos de Chile.* (2a. ed.). CEA Ediciones. Santiago, Chile. pp. 93-157.

MYERS, S.; GAFFIKIN, L.; GOLDEN, C.; OSTFELD, R.; REDFORD, K.; RICKETTS, T. 2013. Human health impacts of ecosystem alteration. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110:18753–18760.

NEWBOLD T.; HUDSON, L.; HILL, S.; CONTU, S.; LYSENKO, I.; SENIOR, R.; BORGER, L.; BENNETT, D.; CHOIMES, A.; COLLEN, B.; DAY, J.; DE PALMA, A.; DIAZ, S.; ECHEVERRIA-LONDOÑO, S.; EDGAR, M.; FELDMAN, A.; GARON, M.; HARRISON, M.; ALHUSSEINI, T.; INGRAM, D.; ITESCU, Y.; KATTGE, J.; KEMP, V.; KIRCKPATRICK, L.; KLYER, M.; LAGINHA, D.; MARTIN, C.; MEIRI, S.; NOVOSOLOV, M.; PAN, Y.; PHILLIPS, H.; PURVES, D.; ROBINSON, A.; SIMPSON, J.; SCHARLEMANN, J.; PURVIS, A. 2015. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature.* 520:45-50.

OETTINGER, S. 2018. *Cryptosporidium* spp. En roedores silvestres de distintos hábitats en la región del Maule. Tesis Magister en Ciencias Veterinarias. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 72 p.

PAKDEENARONG, N.; DEENARONG, P.; SIRIBAT, P.; CHAISIRI, K.; DOUANBOUPHA, B.; RIBAS, A.; CHAVAL, Y.; HERBRETEUAU, V.; MORAND, S. 2014. Helminth communities in murid rodents from southern and northern localities in Lao PDR: the role of habitat and season. *J. Helminthol.* 88:302-309.

PÉREZ, G.; BASTIAN, S.; AGOULON, A.; BOUJU, A.; DURAND, A.; FAILLE, F.; BUTET, A. 2016. Effect of landscape features on the relationship between *Ixodes ricinus* ticks and their small mammal hosts. *Parasites Vectors.* 9(1):20.

PLOURDE, B.; BURGESS, T.; ESKEW, E.; ROTH, T.; STEPHENSON, N.; FOLEY, J. 2017. Are disease reservoirs special? Taxonomic and life history characteristics. *PloS One.* 12(7): e0180716.

- REICZIGEL, J.; RÓZSA, L.** 2005. Quantitative Parasitology 3.0. [en línea]. <<http://www.zoologia.hu/qp/qp.html>> [consulta: 20-07-2018].
- RENDÓN-FRANCO, E.; MUÑOZ, C.; ROMERO, E.; MORENO, K.; SUZÁN, G.** 2014. Effect of host species diversity on multiparasite systems in rodent communities. *Parasitol. Res.* 113(1):447-450.
- RUSSEK, L.; MANSILLA, C.; CRESPI, S.; SIMONETTI, J.; GREZ, A.** 2017. Accompanying vegetation in young *Pinus radiata* plantations enhances recolonization by *Ceroglossus chilensis* (Coleoptera: Carabidae) after clearcutting. *J. Insect. Conserv.* 21:943–950.
- SAAVEDRA, B.; SIMONETTI, J.** 2005. Small mammals of Maulino forest remnants, a vanishing ecosystem of south-central Chile. *Mammalia.* 69(3-4):337-348.
- SAN MARTIN, J.; DONOSO, C.** 1996. Estructura florística e impacto antrópico en el bosque Maulino de Chile. In: Armesto, J.; Villagrán, M (eds.). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. pp. 153-168.
- SKYRIENĖ, G; ULEVIĖIUS, A; SAMAS, A.** 2011. Levels of helminth infection of small rodents in two interspersed habitats – the forest and beaver sites. *Baltic Forestry.* 17(2):299–307.
- TORRES-PÉREZ, F.; NAVARRETE-DROGUETT, J.; ALDUNATE, R.; YATES, T.; MERTZ, G.; VIAL, P.; FERRÉS, M.; MARQUET, P.; PALMA, E.** 2004. Peridomestic small mammals associated with confirmed cases of human hantavirus disease in south central Chile. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 70(3):305–309.
- VELOSO, J.** 2018. Presencia y abundancia de ácaros presentes en el ratón oliváceo *Abrothrix olivaceus* en hábitat nativo e intervenciones forestales. Memoria Título Médico Veterinario. Concepción, Chile. U. Concepción, Fac. Cs. Veterinarias. 52 p.
- WELLS, K.; SMALES, L.; KALKO, E.; PFIFFER, M.** 2007. Impact of rain-forest logging on helminth assemblages in small mammals (Muridae, Tupaiidae) from Borneo. *J. Trop. Ecol.* 23(1):35-4.

ANEXO 1: Captura de roedores y recolección de muestras de heces

En cada sitio de muestreo se instaló un cuadrante de trampas tipo Sherman para la captura de roedores. Se utilizaron 70 trampas Sherman espaciadas a intervalos de 10 metros en una cuadrícula de 7 X 10, la cual fue determinada de acuerdo al éxito de captura en trabajos previos en el área de estudio (Saavedra y Simonetti, 2005). En cada cuadrante las trampas estuvieron activadas por cuatro noches consecutivas, totalizando un esfuerzo de captura de 280 noches/trampa por cada cuadrante para cada muestreo. Las trampas se revisaban cada mañana y los ejemplares capturados se identificaron por especie y se obtuvieron datos de sexo, peso, medidas morfométricas, estado reproductivo y edad (juveniles y adultos). Se colectaron heces directamente del animal o de las trampas, las que se conservaron en etanol al 70%. Posteriormente en el laboratorio se mantuvieron en refrigeración. Después de la toma de muestras, cada ejemplar fue marcado con etiquetas metálicas numeradas en las orejas y se liberó a cada uno en su correspondiente sitio de captura. Se realizaron cuatro muestreos en el período de un año (uno por cada estación) durante el 2016.

Todos los procedimientos de captura y manejo de los animales siguieron las directrices para el uso de mamíferos silvestres de la Sociedad Americana de Mastozoología (Sikes *et al.*, 2011), así como las medidas de bioseguridad recomendadas por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (Mills *et al.*, 1998). Se contó con el permiso de captura con fines científicos del SAG (n. 6831/2015), la autorización de CONAF para trabajar en áreas silvestres protegidas (n. 04-15), el certificado de bioética de la Facultad de Ciencias y el certificado de bioseguridad de la Facultad de Cs. Veterinaria y Pecuarias de la Universidad de Chile (Anexo 2).

Referencias:

- MILLS, J.; CHILDS, J.; KSIAZEK, T.; PETERS, C.** 1998. Métodos para trampeo y muestreo de pequeños mamíferos para estudios virológicos. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos de América. Washington D.C, USA. 64 p.
- SAAVEDRA, B.; SIMONETTI, J.** 2005. Small mammals of Maulino forest remnants, a vanishing ecosystem of south-central Chile. *Mammalia*. 69(3-4):337-348.
- SIKES, R.; GANNON, W.** 2011. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. *J Mammal*. 92(1):235-253.

ANEXO 2: Certificado del Comité de Bioética y Bioseguridad de la Universidad de Chile.



Santiago, 27 de octubre del 2015

Integrantes del Comité de Ética

Dr. Eduardo Friedman

Dra. Victoria Guixé

Prof. Madeleine Lamborot

Dr. Marco Méndez (Presidente)

Dr. Roberto Morales

Dr. Aurelio San Martín

Dra. Cecilia Vergara

CERTIFICADO

El Comité de Ética de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile es responsable de vigilar que las investigaciones desarrolladas en nuestra Facultad resguarden las dimensiones de Bioética y Bioseguridad.

En relación al proyecto FONDECYT de Postdoctorado titulado: ***“Conservación de la biodiversidad en plantaciones forestales de pino: evaluando sus implicancias para la transmisión de agentes zoonóticos transmitidos por roedores”*** cuyo investigador responsable es el Dr. André Rubio. Este Comité certifica que dicho proyecto en su ejecución se ajustó adecuadamente a las disposiciones comprometidas en el Protocolo de Bioética y Bioseguridad de nuestra Facultad.



Dr. Marco Méndez
Presidente Comité de Ética

Facultad de Ciencias
Universidad de Chile
mmendez@uchile.cl

56-2-29787399

CERTIFICADO N° 63

Santiago, 2 noviembre de 2015

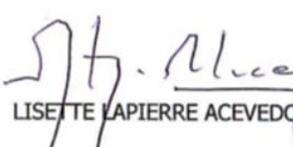
El Comité de Bioseguridad de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile, ha revisado el proyecto FONDECYT de Posdoctorado. "Conservación de la biodiversidad en plantaciones forestales de pino: evaluando sus implicancias para la transmisión de agentes zoonóticos transmitidos por roedores" del Dr. André Víctor Rubio Carrasco, quien es el Investigador Responsable y del Dr. Fernando Fredes como Co-Investigador Patrocinante, de FAVET.

El proyecto se llevará a cabo en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, y en FAVET se realizará la detección de algunos parásitos en el laboratorio de Parasitología a cargo del Dr. Fernando Fredes.

En el proyecto se estipulan entre otras, las siguientes medidas de Bioseguridad:

- 1.- El Personal recibirá una inducción en normas de bioseguridad. Se utilizará vestimenta adecuada para realizar el trabajo en el laboratorio, delantal, guantes etc. Restricción de acceso al laboratorio.
- 2.- Los mesones y dependencias se desinfectaran con alcohol previo y posterior a su uso.
- 3.- Los desechos biológicos serán autoclavados previo a su eliminación.

El proyecto de memoria de título fue revisado por el comité en base a las especificaciones contenidas en el "Manual de Normas de Bioseguridad" editado por CONICYT versión 2008 y que previenen los riesgos para las personas, los animales y el medioambiente.


LISETTE LAPIERRE ACEVEDO
Coordinadora
Comité de Bioseguridad

