



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

**EFFECTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS EN HELMINTOS
PARÁSITOS DE RUMIANTES DE LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA, CHILE.**

Paciencia Nsango Monamo Nanga

Tesilla para optar al Grado de
Magíster en Ciencias Animales y
Veterinarias

Profesor Guía: Dr. Fernando Guillermo Fredes Martínez

Profesor Co-Guía: Dr. Luis Pablo Hervé Claude

Proyecto:

FIA PYT-2018-0125 “Observatorio de parásitos gastro intestinales y pulmonares para la
gestión de la adaptación al cambio climático de la ganadería basada en praderas.”

Santiago, Chile

2021

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primero lugar a Dios, por la bendición vida y por concluir mis estudios exitosamente.

Agradezco a la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID), quien me otorgó la beca para realizar esta maestría.

A la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y específicamente al proyecto FIA PYT-2018-0125 “Observatorio de parásitos gastro intestinales y pulmonares para la gestión de la adaptación al cambio climático de la ganadería basada en praderas”, por facilitar información y datos para esta Tesilla.

Al Instituto de Investigación Veterinaria (IIV) del Ministerio de Agricultura por autorizar ausentarme durante 2,5 años para mi formación.

A Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, así como al Programa de Magister en Ciencias Animales y Veterinarias por me aceptarme en el Programa de Magister

Agradecimiento especial mi Profesor guía: Dr. Fernando Fredes, por la paciencia, simpatía, apoyo y preocupación que siempre tuve conmigo desde el primer día de clases. Sus valiosos conocimientos y aportes han sido importantes para que el trabajo haya sido realizado. Muy detallista y de los mejores parasitólogos que he conocido “*ultra exigente*”.

Agradecimiento especial mi Profesor co-guía Dr. Luis Pablo Hervé muy tranquilo, amable, metódico, calculista y muy detallista. Sus aportes y conocimiento fueron de gran importancia para la realización de la tesilla, además

trataba siempre de me tranquilizar y me motivar cuando notaba que yo estaba intranquilo “*exigente y le gustan a los números*”.

Agradecimiento especial al Dr. Santiago Urcelay, consejero, tiene mucha paciencia y buen sentido humor, exigente con la ortografía, claridad de las figuras y es muy detallista. Sus aportes y conocimiento fueron fundamentales para la realización de la tesilla “*harto conocimiento relacionado al contexto histórico de las enfermedades en Chile*”

Agradecimiento especial a Dra. Galia Ramírez, por la paciencia, simpatía, apoyo y preocupación que siempre tuve conmigo durante el magister.

Agradecimiento especial al Dr. Marcelo Hervé por haber solicitado al FIA la autorización para el uso de los datos.

Agradecimientos al Director del curso de Magister Dr. Patricio Retamal y a la Coordinadora Dra. Daniela Macarena Iraguen Contreras por la atención y acompañamientos durante mis estudios. A todos los profesores del programa de Magister en Ciencias Animales y Veterinarias y a todos funcionarios de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile.

A toda mi familia por darme todo su apoyo, y estar siempre a mi lado en todos los momentos especialmente a mis papas mi esposa y mi hijo y a mis hermanos.

A todos mis amigos y compañeros de las clases especialmente a Constaza, Karel, Manuel, Naiome, Nilda, Paulina, Chaneta y Richard por ofrecerme su amistad, confianza, preocupación y ayuda durante todo el máster

.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a las personas que me apoyaron en esta etapa de mi vida y que concluyó con gran satisfacción y esfuerzo:

A mis padres Joao Monamo Nanga y Charlote kabamba Mbuyu por me transmitieren siempre un mensaje de amor y esperanza.

A mi esposa Madalena Lucas de Lemos y mi hijo Betzael Kabuya Lemos Nanga por sacrificio que tuvieron que pasar durante mi ausencia y por creyeren en mí.

A mis Hermanos, primos, sobrinos por el apoyo que siempre me han brindado.

RESUMEN

El cambio climático es posiblemente el mayor desafío a largo plazo que enfrenta la humanidad en la actualidad. En los helmintos parásitos, las consecuencias del cambio climático son particularmente importantes, debido a su potencial para impactar en sus etapas de vida libre o en sus hospederos intermediarios.

Considerando que dichos cambios impactan a los sistemas productivos animales, en particular a la ganadería a pastoreo, afectando por lo tanto a la producción animal, el objetivo de la presente tesilla fue determinar el efecto de las variables meteorológicas en helmintos parásitos de rumiantes (ovinos) de la Región de la Araucanía, Chile. Esto se realizará ocupando cámaras climáticas que simulan las condiciones ambientales actuales (temperatura de 11,4 °C y alta humedad, como grupo control) y futuras (temperatura de 14,1 °C y baja humedad, como grupo futuro), ésta última considerando el cambio climático que ocurrirá en la misma Región hasta mediados del siglo XXI. El experimento durará 4 semanas y se utilizarán 40 muestras por cada grupo (80 muestras totales), constituidas por macetas con larvas en estadio 3 (L3) de *strongilidos* y *Nematodirus*, identificados mediante coprocultivo. Se inocularán 1.000 L3 repartidas en partes iguales entre las 40 macetas de cada grupo (25 L3 por maceta). Se definirá la humedad de acuerdo con el regadío, en que las muestras del grupo control serán regadas cada 48 h hasta que la tierra de las macetas permanezca totalmente mojada al tacto (alta humedad). Las muestras del grupo futuro serán regadas sólo al inicio del experimento (baja humedad). En seguida, las macetas serán introducidas en las cámaras climáticas, manteniendo las condiciones indicadas para cada grupo. Se recolectarán muestras de pasto, tanto en la segunda como en la cuarta semana, retirando cada vez 20 macetas y recuperando las larvas de los pastos. Para evaluar el efecto de las variables meteorológicas en las L3 inoculadas, se utilizará estadística descriptiva. Se calculará la media de las larvas obtenidas las macetas retiradas en la semana 2 y en la semana 4, y estos resultados serán comparados con la cantidad de larvas iniciales dentro y entre los grupos.

Como resultados, y dado lo reportado en la literatura, se espera una ligera disminución de las L3 en las macetas con pasto en el grupo control en relación con el conteo inicial. Por otro lado, se espera una mayor disminución (significativa) de las L3 en las macetas con pasto en el grupo futuro, que en el grupo control. Por último, se espera que la disminución de las L3 en el grupo futuro sea mayor (significativa), en función del tiempo en que las macetas permanecen en la cámara climática.

Por lo tanto, se concluiría que el cambio que ocurrirá en la Región de la Araucanía disminuiría la carga de L3 en el pasto, pero no las eliminaría en su totalidad. Dado los resultados esperados, se hace necesario conocer y analizar si los manejos sanitarios practicados por los productores de la Región de la Araucanía, deben ser modificados para lograr una adecuada prevención y un efectivo control estratégico del parasitismo gastrointestinal en rumiantes criados a pastoreo.

Palabras Claves: Cambio climático, nematodo, parásito, rumiantes, Región de la Araucanía - Chile.

ABSTRACT

Climate change is possible the greatest long-term challenge facing humanity today. In parasitic helminths, the consequences of climate change are particularly important, due to their potential to impact their free-life stages or their intermediate hosts.

Considering that these changes impact animal production systems, in particular grazing livestock, thus affecting animal production, the objective of this study was to determine the effect of meteorological variables on parasitic helminths of ruminants (sheep) from the Araucanía Region, Chile. This will be done by occupying climatic chambers that simulate current environmental conditions (temperature of 11.4 ° C and high humidity, as a control group) and future (temperature of 14.1 ° C and low humidity, as a future group), the latter considering climate change that will occur in the same Region until the middle of the XXI century. The experiment will last 4 weeks, and 40 samples will be used for each group (80 total samples), consisting of pots with larvae in stage 3 (L3) of strongylidae and *Nematodirus*, identified by stool culture. 1,000 L3 will be inoculated, divided equally among the 40 pots in each group (25 L3 per pot). The humidity will be defined according to the irrigation, in which the samples from the control group will be watered every 48 h until the soil in the pots remains totally wet to the touch (high humidity). The samples of the future group will be watered only at the beginning of the experiment (low humidity). Next, the pots will be introduced into the climatic chambers, maintaining the conditions indicated for each group. Grass samples will be collected, both in the second and fourth week, each time removing 20 pots and recovering the larvae from the grasses. Descriptive statistics will be used to evaluate the effect of the meteorological variables on the inoculated L3. The average of the larvae obtained from the pots removed in week 2 and week 4 will be calculated, and these results will be compared with the number of initial larvae within and between the groups.

As results, and given what is reported in the literature, a slight decrease in L3 is expected in the pots with grass in the control group in relation to the initial count. On the other hand, a greater (significant) decrease in L3 is expected in the pots with grass in the future group, than in the control group. Finally, the decrease in L3 in the future group is expected to be greater (significant), as a function of the time the pots remain in the climatic chamber.

Therefore, it would be concluded that the change that will occur in the Araucanía Region would decrease the L3 load in the pasture, but would not eliminate them completely. Given the expected results, it is necessary to know and analyze whether the sanitary practices practiced by the producers of the Araucanía Region must be modified to achieve adequate prevention and effective strategic control of gastrointestinal parasitism in grazing ruminants.

Key Words: Climate change, nematode, parasite, ruminants, Araucanía Region - Chile.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es posiblemente el mayor desafío a largo plazo que enfrenta la humanidad en la actualidad (IPCC, 2021). En particular, se puede indicar que el clima del planeta Tierra varía según las épocas del año y las zonas geográficas. No obstante, en las últimas décadas, estos cambios parecen haberse acelerado, de acuerdo con algunos indicadores ambientales, como el aumento de la temperatura, la reducción de la superficie del hielo Ártico, así como de los glaciares continentales y el aumento del nivel medio del mar (Ogden y Lindsay, 2016). De igual modo se verifican cambios en algunos indicadores biológicos, como el desplazamiento de las poblaciones de animales terrestres y marinos, así como alteraciones en la prevalencia, intensidad y distribución geográfica de los parásitos (Garrido *et al.*, 2019). En relación con estos últimos, el cambio climático tiene el potencial de incrementar o disminuir la intensidad de transmisión de estos, influenciando directamente en sus ciclos de vida, aumentando o disminuyendo la supervivencia de etapas del parásito en el medio ambiente, además de afectar la biología de sus hospederos (Froeschke *et al.*, 2010).

En los helmintos parásitos, las consecuencias del cambio climático son particularmente importantes, debido a su potencial para impactar en sus etapas de vida libre o sus hospederos intermediarios (Kenyon *et al.*, 2009). No obstante, no se pueden hacer generalizaciones sobre los efectos del cambio climático en los helmintos, ya que estos cuentan con ciclos heterogéneos y con estrategias de sobrevivencia completamente antagonistas (Mas-Coma *et al.*, 2010).

De acuerdo con Silva *et al.*, (2018) el cambio climático (aumento de la temperatura, y disminución de pluviometría y humedad), afecta negativamente al microclima de las praderas, proporcionando menor cobertura de masa verde de los forrajes, lo que perjudica la supervivencia de los nematodos gastrointestinales en fase de vida libre, reduciendo el número de larvas en estadio 3 (L3) presentes en este ambiente (en el caso de nematodos tipo

estrongilidos), inhibiendo la movilidad y aumentando la mortalidad de estos. Algunos de los métodos utilizados para determinar la carga de larvas de nematodos tipo estrongilidos en pasto, son la técnica de recuperación de larvas infectantes en pequeñas muestras de pasto (Castro *et al.*, 2003), como también el conteo de huevos por gramo en las heces de los animales (Sandoval *et al.*, 2011), y el recuento e identificación de parásitos en aparato digestivo a través de necropsias (Fiel *et al.*, 2011). El control de los helmintos parásitos está intrínsecamente ligado a la dinámica poblacional de nematodos gastrointestinales dentro y principalmente fuera del hospedero, ya que la proporción de los mismos entre hospedero y pasto corresponde respectivamente al 5% y 95% (INIA, 2012).

Según Demeler *et al.*, (2012) la estimación de larvas de nematodos parásitos presentes en los pastos es una herramienta importante, que se aplica en muchos estudios epidemiológicos. Relacionado con el cambio climático, existe un interés creciente en identificar parámetros que influyan en la supervivencia de etapas de vida libres de helmintos parásitos, en diferentes condiciones meteorológicas.

De acuerdo con el Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2017), se proyecta un aumento de temperatura en todo el territorio nacional, con una gradiente de mayor a menor, de norte a sur y de Cordillera a Océano, y hacia 2030 el aumento de temperatura fluctuaría entre los 0,5°C para la zona sur y los 1,5°C para la zona norte grande y altioplánica. Para el periodo entre 2031 y 2050, se mantendría el patrón de calentamiento, pero con valores mayores, de hasta 2°C. En relación con las precipitaciones, hacia 2030 se proyecta una disminución de las precipitaciones entre el 5 y 15%, entre las cuencas de Copiapó y Aysén. Para el período 2031 a 2050, se mantiene e intensifica la disminución de las precipitaciones. En la zona de Magallanes en tanto, los modelos simulan un aumento de precipitaciones, con una diferencia muy pequeña con respecto a la actualidad.

Según Van Djik *et al.*, (2009), existen pocos estudios relacionados con los efectos del cambio climático sobre los patógenos de importancia veterinaria en la ganadería, lo que resulta en una escasa información disponible tanto a nivel mundial como en Chile. Considerando que dichos cambios impactan a los sistemas de producción animal (en

particular a la ganadería a pastoreo), afectando la producción animal, el objetivo de esta tesilla es revisar los efectos de las variables meteorológicas en la sobrevivencia de algunos helmintos parásitos (estrongilidos y *Nematodirus*) en la Región de la Araucanía, para proporcionar a los ganaderos herramientas que les permitan responder a las posibles consecuencias de estos cambios.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Región de la Araucanía

La Araucanía, es el referente histórico y territorial del pueblo mapuche. A mediados del siglo XVII y principios del siglo XVIII, los mapuches y los españoles desarrollaron relaciones fronterizas con momentos de paz e intercambios comerciales, lo que influyó en sus actividades económicas, reemplazándolas por una economía fundamentada en el ganado vacuno, ovino y equino, así como con una agricultura que implicó una preparación de campos en donde se efectuaba especialmente el cultivo de cereales, lo que transformó la sociedad indígena en una sociedad agrícola-ganadera (Bengoa, 1996).

Con la independencia de Chile, se implementó el programa de pacificación de la Araucanía que afectó fuertemente la forma de vivir del pueblo mapuche. En la actualidad la mayoría de los mapuches viven en los principales centros urbanos del país, tras los procesos migratorios constatados desde la década de 1920, aun cuando la actividad agrícola-ganadera sigue desarrollándose fundamentalmente en la Araucanía (Larrére, 2007; Pacheco, 2012).

La Región de la Araucanía presenta características predominantes de clima templado lluvioso, que se encuentra primordialmente en la cordillera de la costa y en la precordillera andina, esta última con características de mayor continentalidad debido a su relativo distanciamiento del mar. Esto origina un mayor contraste en las temperaturas, encontrándose mínimas de 2°C y máximas de 23°C en los meses más calurosos. Las precipitaciones varían entre 1.500 y 2.500 mm, concentradas en los meses de invierno, produciéndose periodos secos de uno a dos meses en enero y febrero, con 31 y 43 mm promedio respectivamente (Meteoblue, 2020). En la zona costera el clima es más templado, ya que la oscilación térmica anual es de 8°C con respecto a los 12°C registrados en Temuco. La continentalidad del clima se hace más evidente hacia el Este, en comunas como Curacautín y Lonquimay (GRA, 2020).

La Cordillera de los Andes de la Región de la Araucanía, se localiza por sobre los 1.500 m sobre el nivel medio del mar, con temperaturas bajo cero y precipitaciones sólidas. El clima de esta área geográfica está caracterizado por bajas temperaturas durante todo el año, y las precipitaciones llegan a 3.000 mm anuales. Algunos sectores protegidos por la Cordillera de Nahuelbuta registran una estación seca de 7 meses, y en el caso de la cuenca de Lonquimay, una estación lluviosa de 8 a 9 meses, con 1.850 mm de precipitaciones promedio anual registradas (GRA, 2020; Meteoblue, 2020).

La Provincia de Temuco registra una precipitación anual de 1.246 mm, siendo los meses de enero y febrero los menos lluviosos (40 mm promedio mensual). El periodo más cálido y seco es el que predomina en las cercanías de Traiguén, el que se caracteriza por un período seco de 5 a 7 meses, y una precipitación anual menor a 1.250 mm (GRA, 2020).

En relación con el cambio climático en esta región (temperatura y precipitación), los estudios realizados por Neuenschwander, (2010) proyectan un incremento en la temperatura de hasta 2,7 °C, y una disminución de la pluviometría de hasta un 20% entre los años 2040 a 2050.

Variables meteorológicas

A continuación, se describirán de manera breve las distintas variables meteorológicas, en orden de importancia, que pueden influenciar o afectar la carga parasitaria ambiental.

a. Precipitación (mm)

La precipitación es una variable meteorológica que influye directamente en la configuración del medio natural y su variabilidad condiciona los ciclos agrícolas. La precipitación es considerada el factor más importante de la agrometeorología, ya que representa los aportes de agua al ecosistema. Hay varias formas de precipitación, dentro de las cuales se puede mencionar la lluvia, que es una de las formas de precipitación más corriente y se produce generalmente a temperaturas sobre 0°C. La variabilidad de la

pluviometría, corresponde a una característica especial con respecto a los demás parámetros meteorológicos. Esto implica que puede llover en exceso en un punto determinado y a unos pocos cientos de metros, no existir precipitación alguna. También, pueden caer en un día grandes precipitaciones y luego pasar meses sin lluvia (Campos *et al.*, 2019). La unidad de la precipitación es la altura en milímetros del agua precipitada (Sánchez, 2019). La variable característica, es la cantidad de precipitación que se representa por el volumen de agua, por unidad de superficie (L/m²), durante un período de observación (hora, día, mes, temporada o año), tanto en forma sólida como en forma líquida (Campos *et al.*, 2019).

b. Humedad Relativa %

Es la razón expresada en porcentaje, entre la presión de vapor observada y la tensión del vapor saturante, con respecto al agua a la misma temperatura y presión. Indica la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener una masa de aire, antes de transformarse en agua líquida. Esto es lo que se conoce como saturación. De alguna forma, la humedad relativa da una idea de lo cerca que está una masa de aire de alcanzar la saturación. Una humedad relativa del 100% es indicativo de que esa masa de aire ya no puede almacenar más vapor de agua en su seno, y a partir de ese momento, cualquier cantidad extra de vapor se convertirá en agua líquida o en cristalitas de hielo, según las condiciones ambientales. La unidad estándar en que se mide la humedad relativa, válida para el sistema internacional, es el porcentaje (%) (Rodríguez *et al.*, 2004; Campos *et al.*, 2019).

c. Temperatura de superficie

Es una medida del grado de calor o frío de un cuerpo o un medio. Existen tres parámetros que describen el régimen de la temperatura en un determinado lugar, que son la temperatura media, la máxima media y la mínima media, en la escala media mensual multianual. La unidad que se emplea para medir la temperatura en la superficie es grados Celsius (IDEAM, 2005).

d. Radiación Solar (Mj/m²)

La radiación solar es la energía emitida por el sol. Esa energía es fundamental para la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima, y es el motor del ciclo hidrológico, convirtiendo grandes cantidades de agua líquida en vapor de agua a través de los procesos de evaporación y evapotranspiración. El agua evaporada se condensa y precipita sobre la superficie terrestre o los océanos. De esta forma, la radiación solar es un parámetro fundamental para el cálculo de los balances de agua y de los principales índices bioclimáticos. Es importante mencionar que no toda la energía solar disponible se utiliza para evaporar el agua, ya que parte de la energía se utiliza también para calentar la atmósfera y el suelo. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiación, esta mide la energía por unidad de tiempo y área. Su unidad es el W/m² (watt por metro cuadrado). Para el total del flujo de radiación se utiliza MJ/m² (megajulio o megajoule por metro cuadrado) (Campos *et al.*, 2019).

e. Evapotranspiración

Es un proceso de transferencia de agua a la atmósfera, tanto por acción de las plantas como por evaporación directa desde suelo. Para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor, se requiere energía. La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionan esta energía. En la superficie terrestre, el agua se evapora desde diferentes zonas como desde los suelos húmedos, la vegetación mojada, los lagos, los ríos, y sobre todo los mares y los océanos. Las unidades en que se expresa la evaporación son, por lo tanto, unidades de masa o volumen de agua por unidad de superficie y por unidad de tiempo (Allen *et al.*, 2006; Centro de Transferencia Agroalimentaria, 2018).

f. Grados día / Horas de frío

Grados día corresponde a la diferencia de la temperatura media diaria, por sobre o debajo de un umbral determinado, que puede variar entre 5 y 10°C. Permite predecir o prever la ocurrencia de cierta plaga de insectos, o enfermedades en el campo de la agricultura. Horas de frío, es definido como aquel periodo que la temperatura del aire permanece debajo de los 7°C (Contreras, 2002; Potter *et al.*, 2013).

Generalidad sobre los helmintos parásitos de ovinos y bovinos

Los principales géneros de parásitos helmintos predominantes en ovinos de Chile son *Ostertagia*, *Trichostrongylus*, *Teladorsagia*, *Nematodirus*, *Cooperia* y *Moniezia* (Montecinos, 2000). Por otro lado, los géneros de parásitos más frecuentes en el ganado bovino de Chile corresponden a *Ostertagia*, *Trichostrongylus*, *Cooperia*, *Nematodirus*, *Oesophagostomum* y *Chabertia* (Gómez, 2000). De todos los géneros de helmintos mencionados, *Moniezia* es un cestodo (cyclophyllidea), el resto son nematodos del orden Strongylida, los que tanto anteriormente como más adelante fueron y serán mencionados como estrongilidos y *Nematodirus*. El género *Nematodirus*, aun siendo un estrongilido, se separa solo del grupo por presentar diferencias en su ciclo de vida, ya que en este caso su desarrollo hasta L3 se realiza dentro del huevo.

Los respectivos géneros de helmintos parásitos tienen diferentes patrones de transmisión, requisitos ecológicos y estrategias de dispersión. Así también, todos ellos poseen estadios de vida libre que son directamente afectados por factores climáticos principalmente la temperatura y la precipitación (Van Djik *et al.*, 2009).

Helmintos parásitos de interés para el presente estudio

Descripción de los helmintos parásitos de interés, para el estudio:

a. Género *Nematodirus*

Son parásitos pertenecientes al orden Strongylida y a la familia Trichostrongylidae (Herrera y Velasco 2012). Morfológicamente las especies de este género son gusanos relativamente grandes, con una porción anterior filiforme. Los huevos son tan grandes, que sólo por su tamaño pueden distinguirse de los del resto de los nematodos trichostrongilidos habituales en mamíferos de granja. Los huevos salen con las heces de su hospedador (Colins, 2006).

El ciclo biológico es directo, con una variación única en la familia debido a que el desarrollo hasta L3 se realiza dentro del huevo y la eclosión depende de condiciones especiales de temperatura (Zajac, 2006). Tras ser ingeridas con la vegetación, éstas sufren una muda particularmente en el íleon que se completa de 10 a 12 días después de la infección. El tiempo que transcurre desde la infección hasta la madurez del parásito, y su posterior cópula y producción de huevos, es de 21 días (Urquhart *et al.*, 2001). Los signos clínicos que se pueden observar en los animales con altas cargas son una diarrea profusa grave y debilitante, que puede ser considerada el signo clínico más importante, acompañado de una pérdida de la ganancia de peso (Fiel *et al.*, 2011). En relación con la patogenicidad, producen graves daños a la vellosidad intestinal y erosión de la mucosa, lo que atrofia las vellosidades (Urquhart *et al.*, 2001).

b. Orden Strongylida (denominados Estrongilidos)

Morfológicamente son vermes pequeños de 1 – 2 cm de longitud. Los machos poseen bolsa copuladora con espícula, y la mayoría de los que afectan a rumiantes poseen cápsula bucal vestigial y pocos apéndices cuticulares. Los huevos son de cáscara fina y tamaño variable en función de las especies que parasita (Benvenuti, 2011; Madeira, sf).

El ciclo de vida de los estrongilidos es directo, con un estadio de vida libre y otro parasitario. El tiempo medio requerido para que el huevo eclosione y se convierta en larva infectante L3 depende de la especie del parásito y las condiciones ambientales. En condiciones ideales el desarrollo del huevo a L3 es de 7 días. El periodo pre patente es de aproximadamente 3 semanas (Fonseca, 2006; Pereira, 2011). Los signos clínicos incluyen

diarrea acuosa profusa, anemia, edema submandibular y pérdida de peso (Madeira, sf). En cuanto a la patogenia, estos parásitos según el género presente y ubicación, causan hiperplasia de la mucosa del abomaso, hemorragia, colitis ulcerativa y en ocasiones necrosis del abomaso (Urquhart *et al.*, 2001).

Dinámica de los helmintos en el pasto

Las larvas tienen un comportamiento llamado migración, logrando desplazarse a lo largo de la extensión del pasto, desde la base hasta el ápice de las plantas. En este proceso son influenciadas por las condiciones climáticas, ya que dicho comportamiento es más frecuente en épocas de lluvia (Amarante *et al.*, 2014). Debido a esto, se afirma que existe una gran relación entre las variaciones climáticas y la migración de larvas de helmintos en el pasto (Rocha *et al.*, 2007).

De acuerdo con Almeida *et al.*, (2005) la larva infecciosa está dotada de una gran movilidad, con desplazamientos larvarios realizados en diferentes planos: en el plano horizontal, en la superficie del suelo, cuando la larva abandona las heces y en el plano vertical, sobre los tallos del forraje. El mismo autor afirma que la mayor parte de las larvas infectantes, se encuentran a una altura de 12,5 cm del forraje y a 15 cm de distancia de las heces.

Carneiro y Amarante (2008) afirman, que la cantidad de larvas que se pueden recuperar es menor cuando las heces contaminadas con huevos de helmintos se depositan en forrajes de hasta 5 cm de altura, en comparación con forraje de más de 30 cm de altura. Esta característica probablemente se deba a la radiación solar, que provoca destrucción de muchos huevos y muerte de larvas en forrajes más cortos.

Según Yamamoto *et al.*, (2004), en general en cualquier época del año, existe consenso en que un aumento en el número de larvas infectantes en el forraje ocurre solo en ciertos momentos del día, generalmente durante los períodos más fríos, siempre cerca del amanecer y el atardecer.

Efecto de las variables meteorológicas sobre los helmintos parásitos.

Durante su ciclo de vida los géneros de helmintos parásitos tienen distintos requisitos ecológicos, siendo afectados directamente por factores climáticos (Van Dijk *et al.*, 2009). Los huevos de helmintos se deben desarrollar hasta estadios larvarios infectantes (L3) y estos migran al pasto. La tasa de éxito de esta fase, es afectada predominantemente por factores climáticos (O' Connor *et al.*, 2006)

Las tasas de desarrollo y muerte de las etapas de vida libre de los parásitos se ven afectadas principalmente por la temperatura, las precipitaciones y la humedad. Asimismo, se ha demostrado, que la luz ultravioleta es muy perjudicial para la longevidad de las larvas infecciosas de los helmintos nematodos y es probable que sea uno de los factores importantes en la abundancia de larvas en el pasto (Van Dijk *et al.*, 2009; Herrera *et al.*, 2013).

Los aumentos en las temperaturas medias pueden tener efectos en diferentes etapas del ciclo de vida, inhibiendo el desarrollo en una determinada fase. Las larvas en etapa temprana (L1 y L2) son relativamente vulnerables a temperaturas extremas y desecación, mientras que en la L3 son capaces de soportar condiciones más extremas (Troell *et al.*, 2005; Amarante, 2009).

La mayoría de los helmintos nematodos parásitos se tornan inactivos a temperaturas bajas, entre 5 y 10°C, y a altas a temperaturas entre 30 y 40°C, siendo la óptima entre 15 y 30° C; la humedad del suelo para que los nematodos estén siempre activos es de 40 a 60% (Liébano, 2011). Temperaturas entre 18 a 26°C y humedades relativas superiores a 80% favorecen la supervivencia y desarrollo de larvas (Bowman *et al.*, 2003). En particular Ramos (2013) afirma que la humedad óptima para el desarrollo de las larvas es de 70 a 100%. Del mismo modo, la precipitación mínima mensual para el desarrollo de los huevos y dispersión de larvas es de 50 mm (Romero y Boero, 2001). Con relación a las precipitaciones y humedades, Mas-Coma *et al.*, (2009), afirman que las precipitaciones dan lugar a condiciones locales más húmedas o secas y así influyen sobre el rango de supervivencia, estacionalidad

y viabilidad de los estadios exógenos (fase de vida libre) de muchos helmintos parásitos en el suelo. Varios estudios han señalado una correlación positiva entre la lluvia y la aparición de larvas de tricostrongilidos, en el pasto o el aumento de la carga de gusanos en animales trazadores (Fernandes *et al.*, 2004). Así también, Froeschke *et al.*, (2010), encontraron una correlación positiva significativa entre la precipitación media anual (lluvia y humedad relativa) y las tasas de infestación con nematodos parásitos. González y Tapia (2017) afirman que el desarrollo de los huevos en la pradera depende básicamente de la temperatura y la humedad.

En relación con la radiación solar, esta es más o menos dañina para las fases exógenas de los helmintos y está relacionada con la nubosidad, temperatura y precipitaciones (Mas-Coma *et al.*, 2009). En concordancia, Martínez-Valladares *et al.*, (2012) señalan que, mediante el análisis de los datos climáticos, en una zona de España, se observó una correlación negativa entre la radiación solar y la fase exógena de los estrongilidos. Finalmente, otros estudios reportan que la evapotranspiración es fundamental, puesto que determina el grado de deshidratación o desecación de los huevos y larvas (O' Connor *et al.*, 2006).

Hasta la fecha no existen estudios que hagan una proyección futura relacionada a los efectos del aumento de la temperatura y la disminución de la pluviometría en los helmintos nematodos parásitos (estrongilidos y *Nematodirus*) en la Región de la Araucanía, y por lo tanto considerando que Chile es particularmente vulnerable a los cambios climáticos y sus impactos, es fundamental que se haga esta tesilla para proporcionar información que permita responder las posibles consecuencias de los cambios climáticos proyectados.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Las fases de vida libre de los helmintos parásitos estrombilidos y *Nematodirus* disminuirán su viabilidad (carga) en el ambiente, frente al aumento proyectado en la temperatura y disminución de la pluviometría en la Región de la Araucanía en el futuro?

HIPÓTESIS

Considerando que la Región de la Araucanía, hasta el año 2050 sufrirá un aumento de la temperatura y disminución de la pluviometría, y que las fases de vida libre de los helmintos parásitos (estrombilidos y *Nematodirus*) son afectadas por las variables ambientales, se plantea la siguiente hipótesis:

El cambio climático disminuirá la carga parasitaria de estrombilidos y *Nematodirus* en las praderas de la Región de la Araucanía.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de las variables meteorológicas en larvas de helmintos parásitos de ovinos en la Región de la Araucanía, Chile.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Seleccionar las variables climáticas relevantes que afectan a las larvas de helmintos parásitos en las praderas de la Región de la Araucanía, Chile.
2. Diseñar un modelo experimental que permita estimar los efectos del cambio climático en la carga de larvas de helmintos parásitos en praderas de la Región de la Araucanía, Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con el objetivo específico 1 se plantea el siguiente material y método:

Selección de las variables meteorológicas

Según la literatura, las variables meteorológicas preseleccionadas que afectan a la sobrevivencia de las larvas de helmintos parásitos en las praderas son: temperatura, humedad relativa, pluviometría, radiación solar, evapotranspiración, grados/día y horas de frío. De éstas, se seleccionaron la temperatura y la humedad, en función de la relevancia descrita por diversos autores (Van Djick *et al.*, 2009; Van Dijk y Morgan, 2011; Herrera *et al.*, 2013; Knapp- Lawitzke *et al.*, 2016; González y Tapia, 2017).

Para cumplir con el objetivo específico 2 se realizará el siguiente material y métodos:

Obtención de larvas de helmintos parásitos

Las larvas de helmintos serán obtenidas mediante coprocultivos de heces de ovinos (con alta carga parasitaria) en predios de la Región de la Araucanía. El método que se ocupará es el de Henriksen y Korsholm (1983), y para la identificación se ocupará la clave taxonómica descrita por Niec (1968). Una vez recolectadas e identificadas, las larvas (L3) serán almacenadas a 10°C en un medio de mantención (matrices de cultivo celular en agua de grifo) (Demeler *et al.*, 2012; Knapp- Lawitzke *et al.*, 2016).

Contenedores del Pasto (macetas)

Los pastos que se ocuparán para los experimentos serán los mismos que hay en los campos de la Región de la Araucanía. Como ejemplo se propone la utilización de ballica (*Lolium perenne*).

El pasto, obtenido comercialmente como semillas, será sembrado en contenedores de plástico (macetas térmicas), los que tendrán un diámetro de 9 cm y una profundidad de 12,3 cm, que es suficiente para el establecimiento de las raíces (Brown *et al.*, 2010). Se llenarán con 250 g de tierra y en seguida serán colocados en la estufa a una temperatura de 100 °C durante 30 h. El referido tratamiento térmico tendrá como objetivo reducir/eliminar los hongos del suelo que podrán influir en los experimentos, y se llevará a cabo antes de la siembra del pasto.

Los contenedores de plástico se aislarán térmicamente y se colocarán en una cama de espuma de poliestireno, para evitar cambios bruscos en la temperatura del suelo debido al pequeño volumen de tierra. Se perforarán seis orificios uniformes, de aproximadamente 6 mm de diámetro, en el fondo de cada recipiente para evitar el estancamiento del agua y el posterior moho del suelo. La siembra se efectuará 7 semanas antes del experimento para permitir que el pasto crezca hasta 7,1 cm.

Inoculación de las muestras

Previo a la inoculación de las L3, se sacarán del medio de mantención, se llevarán al microscopio y se contarán 25 L3, las que se mezclarán en 2 mL de agua en un agitador y se depositarán de forma homogénea en las macetas con pasto (25 L3 por maceta, total 1.000 L3 por grupo) (Knapp-Lawitzke *et al.*, 2014; 2016).

Efectos de las variables meteorológicas en la sobrevida de larvas de helmintos parásitos

El diseño experimental se basará en la metodología propuesta por (Knapp-Lawitzke *et al.*, 2014; Knapp-Lawitzke *et al.*, 2016), con algunas modificaciones. Y se llevará a cabo en Laboratorio de Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Chile, además se completará un formulario de bioseguridad.

Para evaluar el posible impacto del cambio climático en las larvas de helmintos parásitos de los ovinos, se ocuparán cámaras climáticas que poseen control programable de

temperatura (APT.line KBWF, Binder, Alemania). El experimento durará 4 semanas y se distribuirá en 2 grupos de 40 muestras cada uno (80 muestras totales):

- Escenario inicial/actual: grupo control con una temperatura de 11,4°C y alta humedad (riego cada 48 h).

- Escenario futuro: grupo futuro con una temperatura de 14,1°C y baja humedad (riego sólo al inicio del experimento).

La definición de la temperatura del grupo futuro está basada en la proyección hecha por Neuenschwander (2010) para la Región de la Araucanía. Mientras que la definición de la temperatura actual se basará en las que se registran actualmente en la misma Región para el mes de octubre (Weather-atlas, 2021).

La definición de la humedad será de acuerdo a la frecuencia del riego. Las muestras del grupo control, serán regadas cada 48 h, hasta que la tierra de las macetas permanezca totalmente mojada al tacto (alta humedad). Por otra parte, las muestras del grupo futuro serán regadas solo al inicio del experimento (baja humedad).

Se utilizarán 2 cámaras climáticas, una para cada grupo. Se inocularán 1.000 L3 repartidas en partes iguales entre las 40 macetas del grupo (como se indicó anteriormente, 25 L3 por maceta). En seguida las macetas serán introducidas en las cámaras climáticas, y se programará la temperatura. Muestras de pasto se recolectarán al final de la segunda como al final de la cuarta semana, retirando cada vez 20 macetas. Después de la recolección de las macetas, el pasto se cortará lo más próximo posible de la tierra. Para la recuperación de larvas en el pasto, se ocupará el método descrito por Demeler *et al.*, (2012), que comprende: remojar el pasto, en 300 mL de solución salina tamponada con fosfato (PBS) con Tween-20 al 0.5% (v / v) a temperatura ambiente durante 4 h; después del remojo, el pasto se lavará y se hará pasar por un tamiz de cocina estándar. El líquido de lavado que contendrá larvas, tierra y restos de pastos, se dejará en un vaso precipitado de vidrio. Las larvas que aún se mantengan adheridas al material particulado y retenidos en el tamiz, se liberarán utilizando un chorro agudo de agua del grifo y se colocarán en el vaso precipitado. El contenido del vaso precipitado se verterá y pasará a través de un tamiz de 250 µm y se lavará de nuevo con un chorro de agua corriente. La suspensión resultante se distribuirá por igual entre tubos

cónicos de 50 mL y se centrifugará a 2.740 x g durante 5 min. Los sobrenadantes serán removidos cuidadosamente, dejando en el tubo 5 mL el sedimento que contendrá larvas y desechos. Los sedimentos (larvas y desechos) en los tubos individuales se re-suspenderán, y se agruparán en un tubo y se centrifugarán nuevamente. A continuación, el sedimento concentrado se re-suspenderá en 5 mL de agua. Para el conteo de las larvas el volumen completo (5mL) será examinado en un estereomicroscopio (Figura 1).

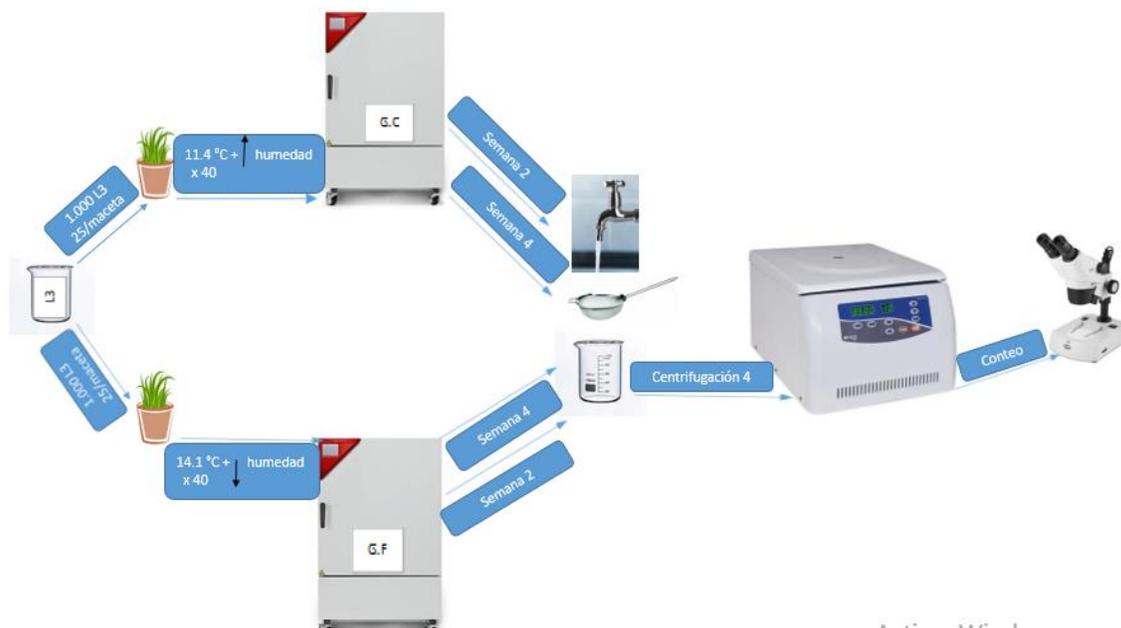


Figura 1. Plan de trabajo para evaluación de impacto del cambio climático en las larvas de helmintos parasitarios que afectan a las praderas de la Región de la Araucanía, Chile. G.C: Grupo control; G.F: Grupo futuro

Análisis de Datos

Para determinar la diferencia de los promedios entre grupos y dentro de grupos (grupo futuro y grupo control, y dentro de los grupos semana 2 y semana 4) de cargas parasitarias de las larvas infectivas obtenidas del experimento, se realizará un análisis de varianza (ANOVA) o Kruskal-Wallis dependiendo de la distribución de los resultados. Para determinar la diferencia de L3 recuperadas entre los grupos y dentro de los grupos, se utilizará un nivel de significancia de $p < 0,05$. Los análisis estadísticos serán realizados en programa estadístico Infostat ®.

RESULTADOS ESPERADOS

Resultados esperados asociados al objetivo 1: Las variables meteorológicas seleccionadas serán la temperatura y humedad ambiental.

Resultados esperados asociados a objetivo 2:

Se espera una ligera disminución de las L3 en las macetas con pasto en el grupo control (temperatura de 11,4 °C y alta humedad) en las semanas 2 y 4 en relación al conteo inicial.

Se espera una mayor disminución (significativa) de las L3 en las macetas con pasto en el grupo futuro (temperatura de 14,1 °C y la baja humedad) que en el grupo control.

Se espera que cuanto mayor sea el tiempo en que las L3 estén en condiciones ambientales de temperatura 14,1 °C y baja humedad, periodo en que las macetas permanezcan en el interior de las cámaras climáticas, se registrará mayor disminución (significativa) de las cargas de L3 en el pasto.

DISCUSIÓN

El objetivo de la presente tesilla fue determinar el efecto de las variables meteorológicas en helmintos parásitos de rumiantes de la Región de la Araucanía usando cámaras climáticas. Esto para estimar las posibles variaciones que ocurrirán en las cargas de las L3 de *strongilidos* en las praderas, en un escenario futuro esperado con una temperatura de 14.1 °C y baja humedad, en comparación con grupo control 11,4 °C y alta humedad. De esta forma se espera prever cambios en la epidemiología de los parásitos, desarrollar estrategias de control y modelos de predicción eficientes.

De acuerdo con Rosenzweig *et al.*, (2007), el cambio climático es una situación evidente y de gran preocupación para la humanidad, y numerosos estudios sobre sus impactos han sido llevados a cabo en distintas áreas de conocimiento. Sin embargo, hay pocas pesquisas relacionadas a sus efectos en la dinámica de patógenos (parásitos veterinarios), específicamente en L3 de helmintos parasitarios de rumiantes.

Las variables más importantes que afectan la sobrevivencia de las L3 ambientales son la humedad y la temperatura (O'Connor *et al.*, 2006, Van Dijk *et al.*, 2009; Ferdushy y Hasan, 2010; Azam *et al.*, 2012; Herrera *et al.*, 2013). Por otra parte, otros autores consideran la radiación solar como una variable de gran importancia (Mas-Coma *et al.*, 2009; Martínez-Valladares *et al.*, 2012; Souza, 2013). Debido a estas distintas opiniones y considerando la realidad esperada para Chile y específicamente para la Región de la Araucanía (Neuenschwander, 2010; Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2017) es que se consideró a la temperatura y la humedad, en desmedro de la radiación, como las variables más relevantes. Estas variables meteorológicas, si no son las adecuadas para los helmintos parásitos, influyen negativamente sobre el rango de desarrollo y la supervivencia, aumentando la tasa de mortalidad y con ello disminuyendo la carga de L3 en ambiente. Además, determinan la migración de las larvas y afectan la velocidad de desecación de éstas (O'Connor *et al.*, 2006).

De acuerdo con los experimentos proyectados en el escenario de 11,4 °C y alta humedad, se espera que dichas condiciones disminuyan ligeramente la carga de parásitos en pasto (O'Connor, 2006; Rocha *et al* 2007, Knapp-Lawitzke *et al.*, 2016). Por otra parte, también se ha demostrado que estas condiciones ambientales no disminuyen las L3 en el pasto (Knapp-Lawitzke *et al.*, 2014). Ante esta divergencia y considerando que las larvas se mueren de forma natural (independientemente de las condiciones climáticas), es que se propone en los resultados esperados del presente estudio, que habrá una disminución ligera de las larvas en el pasto. Estas condiciones ambientales, aunque no evitan la mortalidad natural de las L3 en el pasto, están dentro de los requisitos ecológicos necesarios para la manutención de las larvas. Por lo tanto, los principales factores que originan alta mortalidad de las L3 en las praderas (estrés térmico, desecación, consumo excesivo de las reservas energéticas y nutricionales) estarán ausentes, por lo que el número de L3 en el pasto se mantendrá más o menos estable.

Relativo al grupo de temperatura 14,1 °C y baja humedad, se espera que se registre una elevada mortalidad de L3 de estrogilidos (Niven *et al.*,2002; O'Connor *et al.*, 2006; Amaradasa *et al.*, 2010, Van Dijk y Morgan 2011; Knapp-Lawitzke *et al.*, 2014). En contrapunto otros autores afirman que la sobrevivencia de las larvas no es perjudicada por temperaturas elevadas y periodos de sequía (Bownman *et al.*, 2003). Por lo tanto, considerando los requisitos ecológicos, la biología de los parásitos y lo que se prevé para la Región de la Araucanía. Es que los resultados esperados en el grupo futuro, ocurra una disminución mayor de las L3 (significativa) que en el grupo control, dado que dichas condiciones ambientales tendrán un efecto negativo en las cargas de L3 en el pasto, ocasionando su mortalidad. Por otra parte, algunas larvas migrarán hacia la tierra en busca de refugio (mejores condiciones ambientales) y entrarán en proceso de anhidrobiosis a fin de evitar la desecación. Así la L3 no será eliminada en su totalidad, pero registrarán disminución en el pasto. Otro aspecto importante a considerar, es la intensidad de las condiciones ambientales hostiles y el tiempo que las L3 permanezcan en estas condiciones, pues las reservas energéticas y nutricionales se agotan aunque las L3 estén en estado de anhidrobiosis, lo que origina la muerte de la misma.

En cuanto a la disminución de las L3 en las macetas con pasto, durante el tiempo que permanezcan en interior de las cámaras climáticas, se espera que en el grupo futuro (temperatura de 14,1 °C y baja humedad) haya una disminución significativa de las L3 después de la cuarta semana, según lo descrito por Knapp-Lawitzke *et al.*, (2014). Esto podría ser explicado ya que las condiciones ambientales de este grupo (futuro) afecta negativamente al microclima de las praderas, proporcionando menor cobertura de masa verde de los forrajes, aumento de la incidencia de la radiación solar y disminución del refugio existente. Lo anterior, torna a las L3 más vulnerables por estar expuestas a malas condiciones ambientales, perjudicando su supervivencia en el pasto, de una forma tal que las L3 más débiles se mueren en las primeras semanas, disminuyendo así su carga en el pasto. En la medida que pasa el tiempo (semanas), el ambiente se va tornando aún más hostil, elevando así el nivel de estrés de la L3, lo que se traduce en un consumo a mayor velocidad de las reservas energéticas, una disminución de la movilidad, desecación de las L3, y por lo tanto en un aumento de su mortalidad (Knapp-Lawitzke *et al.*, 2014).

De acuerdo con la literatura, hasta el momento no se han reportado en Chile estudios relacionados a los efectos de las variables meteorológicas en la fase de vida libres de los helmintos parásitos, ya sea usando este abordaje en cámaras climáticas u otro, que permita proyectar las condiciones meteorológicas futuras, en función de los cambios climáticos previstos. Por lo tanto, el presente estudio sería pionero en la materia.

El cambio climático proyectado para la Región de la Araucanía es relevante para la agricultura y la ganadería, ya que estas son las principales actividades económicas de la región representando el 9,1% del PIB regional, proporcionando el 21,9% de total de empleos y contando con 58.609 predios. Además, un 32,3% de la población de la región es rural con una concentración considerable de agricultura tradicional.

Considerando que el sector silvoagropecuario es fuertemente influenciado por las condiciones climáticas, el cambio climático puede representar un riesgo para el desempeño de estas actividades en el futuro. De acuerdo al anterior es fundamental que se haga una

revisión que permita conocer los manejos sanitarios realizados por los productores, a fin de evaluar y determinar qué cambios deben ser efectuados en los mismos, que permitan una adecuada prevención y efectivo control estratégico de los parásitos gastrointestinales en rumiantes criados a pastoreo. Por otro lado, es también importante adoptar algunas medidas de prevención con anticipación, como son:

- a. Desarrollar infraestructura de captación y almacenamiento de aguas de la lluvia.
- b. Implementación de tecnologías de agricultura de precisión.
- c. Uso de variedades de pastos resistentes a condiciones de estrés hídrico y térmico
- d. Adquisición de razas de animales con buena tolerancia a altas temperatura y baja humedad
- e. Capacitación de los agricultores para el manejo eficiente del agua de riego, fertilización, disposición y aprovechamiento de residuos y desechos.

CONCLUSIONES

El cambio climático que ocurrirá en el futuro en la Región de la Araucanía, posiblemente disminuirá la carga de L3 de helmintos parásitos en el pasto, pero estos no desaparecerían en su totalidad, pues muchos se protegerían de las malas condiciones ambientales (temperatura de 14,1°C y baja humedad), y entrarían en anhidrobiosis. Por tanto, después de un cierto tiempo ocurriría la adaptación de las L3 a las condiciones climáticas.

El cambio climático que ocurrirá en la Región de la Araucanía podría afectar el microclima del pasto, lo que afectaría también la supervivencia de las larvas.

Es fundamental que se haga una revisión que permita conocer los manejos sanitarios realizados por los productores en la Región de la Araucanía, a fin de evaluar y determinar qué cambios deben ser efectuados en los mismos, que permitan una adecuada prevención y un efectivo control estratégico de los parásitos gastrointestinales en rumiantes criados a pastoreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Almeida, L. R., De Castro, A. A., Da Silva, F. J. M., Da Fonseca, A. H. 2005. Desenvolvimento, sobrevivência e distribuição de larvas infectantes de nematóides gastrintestinais de ruminantes, na estação seca da baixada fluminense, RJ. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 14 (3), 89-94.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje. Roma: FAO, 298 (0), 1-3.

Amaradasa, B. S., Lane, R. A., Manage, A. 2010. Vertical migration of *Haemonchus contortus* infective larvae on *Cynodon dactylon* and *Paspalum notatum* pastures in response to climatic conditions. *Veterinary Parasitology*, 170 (1-2), 78-87.

Amarante, A. F. T. 2009. Nematoides gastrintestinais em ovinos. Doenças parasitárias de caprinos e ovinos: epidemiologia e controle. 1ª ed Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 603 pp.

Amarante, A. F. T., Ragozo, A. M., Da Silva, B. F. 2014. Os parasitas de ovinos. SciELO- Editora UNESP. 263 pp.

Azam, D., Ukpai, O. M., Said, A., Abd-Allah, G. A., Morgan, E. R. 2012. Temperature and the development and survival of infective *Toxocara canis* larvae. *Parasitology research*, 110 (2), 649-656.

Bengoa, J. 1996. La sociedad ganadera. En: Bengoa, J Historia del pueblo mapuche siglo XIX y XX (Vol. 7). 3ª ed. Ediciones Sur. Santiago de Chile. pp 47 – 50.

Benvenuti, L. C. 2011. Caracterização fenotípica de caprinos mestiços resistentes e susceptíveis a verminose gastrintestinal no Nordeste do Brasil. Dissertação Magister, Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Brasil. 100 pp.

Brown, R. N., Percivalle, C., Narkiewicz, S., Decuollo, S. 2010. Relative rooting depths of native grasses and amenity grasses with potential for use on roadsides in New England. *HortScience*, 45(3), 393-400.

Bowman, D.D., Georgi, J.R., Liynn, R.C. 2003 *Georgis, parasitology for veterinarians*. 8th. st Louis: Saunders publishing company. 422 pp.

Campos, C., Arribillaga García, D., Chacón Cruz, G., Uribe Cifuentes, H., Acuña Bravo, I. 2019. Equipos y Sensores de la Red de Agrometeorología INIA. En: Descripción

y usos de la Red de Agrometeorología INIA. *Instituto de Investigación Agropecuarias*. Boletín INIA N°415. pp 11- 24.

Carneiro, R. D., Amarante, A. F. T. D. 2008. Seasonal effect of three pasture plants species on the free-living stages of *Haemonchus contortus*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60 (4), 864-872.

Castro, A. D., Almeida, R. D., Silva, F. D., Guedes Junior, D. D. S., Oliveira, C. D., Ornelas, E. D., Fonseca, A. D. 2003. Comparação entre as técnicas de Baermann modificada e Donald utilizadas para recuperar larvas infectantes de nematóides gastrintestinais de ruminantes da pastagem. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 12 (2), 88-91.

Centro de Transferencia Agroalimentaria. 2018. Introducción a la evapotranspiración del agua en las plantas cultivadas. *Informaciones Técnicas N°269*, pp. 2 - 3

Colins, J. 2006. Parasitología y Enfermedades Parasitarias de los Animales Domésticos. En línea: <http://www.cal.vet.upenn.edu>. [Consulta: 15 - 10-2020].

Contreras, M. 2002. Información agroclimática INIA-Tamel Aike 1997-2002. *Boletim n° 81*.pp 29

Demeler, J., Knapp, F., Corte, G. M., Katschke, O., Steininger, K., Von Samson-Himmelstjerna, G. 2012. Recovery of strongylid third-stage larvae from herbage samples: standardisation of a laboratory method and its application in the field. *Parasitology Research*, 110 (3), 1159-1164.

Ferdushy, T., Hasan, M. T. 2010. Survival of first stage larvae (L1) of *Angiostrongylus vasorum* under various conditions of temperature and humidity. *Parasitology Research*, 107 (6), 1323-1327.

Fernandes, L. H., Seno, M. C. Z., Amarante, A. F. T. D., Souza, H., Belluzzo, C. E. C. 2004. Efeito do pastejo rotacionado e alternado com bovinos adultos no controle da verminose em ovelhas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 56 (6), 733-740.

Fiel, C., Steffan, P., Ferreyra, D. 2011. Diagnóstico de las Parasitosis más Frecuentes de los Rumiantes: Técnicas de Laboratorio e Interpretación de Resultados. *Abad Benjamín: Tandil*.134 pp.

Fonseca, A.H. 2006 Helminthose gastro – intestinais de ruminantes, Material didatico referente a doenças parasitarias da Universidad de Federal do Rio de Janeiro. En línea

<http://www.adivaldofonseca.vet.br/Helminthoses/Ruminantes/Helminthoses%20gastrintestina is%20dos%20ruminantes.pdf> [Consulta 13-09 - 20]

Froeschke, G., Harf, R., Sommer, S., Matthee, S. 2010. Effects of precipitation on parasite burden along a natural climatic gradient in southern Africa—implications for possible shifts in infestation patterns due to global changes. *Oikos*, 119 (6), 1029-1039.

Garrido, R., Bacigalupo, A., Peña-Gómez, F., Bustamante, R. O., Cattán, P. E., Gorla, D. E., Botto-Mahan, C. 2019. Potential impact of climate change on the geographical distribution of two wild vectors of Chagas disease in Chile: *Mepraia spinolai* and *Mepraia gajardo*. *Parasites & Vectors*, 12 (1), 1-16.

Gómez, C. A. 2000. Helminthos Gastrointestinales en bovinos de la Décima Región de Chile. Memoria de Título, Facultad de Ciencias Veterinaria Universidad Austral de Chile Valdivia, Chile. 41 pp.

González, V., Tapia, M. 2017. Manual de manejo ovino. *Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. Boletín 368. 158 pp.

GRA (Gobierno Regional de la Araucanía). Disponible en: http://www.gorearaucaia.cl/index.php?id=396&no_cache=1 [Consultado, 9 de octubre 2020]

Henriksen, S. A., Korsholm, H. 1983. A method for culture and recovery of gastrointestinal strongyle larvae. *Nordisk Veterinærmedicin*, 35 (11), 429-430.

Herrera, O. L. A., Velasco, A. J. J. 2012. Evaluación de cuatro antihelmínticos sobre parásitos gastrointestinales de ovinos en la hacienda el Rosario. Memoria de título, Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia Carrera Medicina Veterinaria Y Zootecnia, Universidad Central Del Ecuador, Quito, Ecuador. 164 pp.

Herrera, L., Ríos, L., Zapata, R. 2013. Frecuencia de la infección por nematodos gastrointestinales en ovinos y caprinos de cinco municipios de Antioquia. *Revista MVZ Córdoba*, 18 (3), 3851-3860.

IDEAM. 2005. *Atlas Climático de Colombia*. Bogotá D. C.: Imprenta Nacional de Colombia. <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Documento+metodologico+variable s+meteorologicas.pdf/8a71a9b4-7dd7-4af4-b98e-9b1eda3b8744> (Consultado 11/10/2020)

INIA. 2012. Boletín N° 245: Fundamentos de la producción ovina en la región de La Araucanía. [en línea]. Boletín INIA.

<<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38519.pdf>> [Consulta: 20-08-20].

IPCC. 2021. AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. [En línea]<<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>> [Consulta: 17-08-21].

Knapp-Lawitzke, F., Küchenmeister, F., Küchenmeister, K., von Samson-Himmelstjerna, G., Demeler, J. 2014. Assessment of the impact of plant species composition and drought stress on survival of strongylid third-stage larvae in a greenhouse experiment. *Parasitology Research*, 113 (11), 4123-4131.

Knapp-Lawitzke, F., von Samson-Himmelstjerna, G., Demeler, J. 2016. Elevated temperatures and long drought periods have a negative impact on survival and fitness of strongylid third stage larvae. *International Journal for Parasitology*, 46 (4), 229-237.

Kenyon, F., Sargison, N. D., Skuce, P. J., Jackson, F. 2009. Sheep helminth parasitic disease in south eastern Scotland arising as a possible consequence of climate change. *Veterinary Parasitology*, 163 (4), 293-297.

Larrére, J. 2007. Tierras en el ordenamiento jurídico aplicable al Pueblo Mapuche. Memoria para optar a grado de licenciado en ciencias jurídicas. Facultad de Derecho. Universidad de Chile. 499 pp.

Liébano, E. 2011. Epidemiología de enfermedades parasitaria en animales domésticos. Ecología de larvas de nemátodos gastrointestinales de bovinos, ovinos y caprinos. 1° ed. Yucatán, México. 254-272 p.

Madeira, A. M. B. N. (sf). Introdução a parasitologia veterinária. In: estrogilidos gastrointestinais de ruminantes. Departamento de parasitologia. ICB- USP. Brasil. 39 pp

Mas-Coma, S., Valero, M. A., Barges, M. D. 2009. Climate change effects on trematodiasis, with emphasis on zoonotic fascioliasis and schistosomiasis. *Veterinary Parasitology*, 163 (4), 264-280.

Mas-Coma, S., Valero, M. A., Barges, M. D. 2010. Climate change effects on trematode and nematode diseases affecting children in rural areas of developing countries. In: Bell, E., Seidel, M., Merrick, J. (ed) Climate Change And Rural Child Health. pp 109 - 141

Martínez-Valladares M., Martínez-Pérez J. M., Robles-Pérez D., Cordero-Pérez C., Famularo M. R., Fernández-Pato N. 2012. Aumento de la prevalencia de infecciones por helmintos gastrointestinales y hepáticos de los ovinos en el noroeste de España y su relación con el cambio climático. Libro de Actas del XXXVII Congreso Nacional De La Sociedad Española De Ovinotecnia Y Caprinotecnia, Ciudad Real, España. Pp.253-256.

Meteoblue. 2020.

https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/aeropuerto-internacional-la-araucan%c3%ada_chile_11153726. [Consulta 9/ 11/2020]

Ministerio de Medio Ambiente. 2017. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022. https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf [Consulta 1/ 5/2021]

Montecinos, T. C. 2000. Estudio de parasitismo interno en corderos beneficiados en una planta faenadora de carnes de Chillán. Memoria de Título Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Chillán, Universidad de Concepción, Concepción Chile.37 pp.

Neuenschwander, A. A. 2010. El cambio climático en el sector silvoagropecuario de Chile. *Fundación Para La Innovación Agraria*. pP126

Niec, R. 1968. Cultivo e identificación de larvas infectantes de nematodos gastrointestinales del bovino y ovino. *Manual Técnico*, 3, 1-37.

Niven, P., Anderson, N., Vizard, A. L. 2002. Trichostrongylid infections in sheep after rainfall during summer in southern Australia. *Australian Veterinary Journal*, 80 (9), 567-570.

O' Connor, LJ, Walkden-Brown, SW, Kahn, LP. 2006. Ecology of the free-living stages of major trichostrongylid parasites of sheep. *Veterinary Parasitology*, 142, 1–15.

Ogden, N. H., Lindsay, L. R. 2016. Effects of climate and climate change on vectors and vector-borne diseases: ticks are different. *Trends in Parasitology*, 32 (8), 646-656.

Pacheco, J. 2012. Los mapuches: cambio social y asimilación de una sociedad sin Estado. *Espiral (Guadalajara)*, 19 (53), 183-218.

Pereira, A. M. H. R. 2011. Diagnóstico da resistência dos nematóides gastrointestinais a anti-helmínticos em rebanhos caprino e ovino do RN. *Acta Veterinária Brasileira*. Mossoró. v.2, n.1, p.16-19.

- Potter, W., Sepúlveda, R., Allende, M.** 2013. Los días grados y su importancia en la obtención de productos hortícolas primores de contra estación, en la Región de Arica y Parinacota. INIA-URURI, Informatio n° 97. 4 pp. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40414.pdf> [Consultado 03/10/21]
- Ramos, J. C. D. S.** 2013. Avaliação das parasitoses gastrointestinais em bovinos de raça Brava durante a Primavera e Verão. Tesis Magister, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, Lisboa. 102 pp.
- Rodríguez, J. R. M., Benito, C. A., Portela, L. A.** 2004. Meteorología y climatología. *Fundación española para la ciencia y la tecnología. Villena Artes Gráficas. España*, Pp. 12-16.
- Rocha, R. A., Bricarello, P. A., Da Rocha, G. P., Amarante, A. F. T. D.** 2007. Recuperação de larvas de *Trichostrongylus colubriformis* em diferentes estratos de *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum*. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 26 (2) 77-82.
- Romero, J. R. Y., Boero C. A.** 2001. Epidemiología de la gastroenteritis verminosa de los ovinos en las regiones templadas y cálidas de la argentina. *Analecta Veterinaria, Argentina*. 21 (1): 21-37.
- Rosenzweig, C; Casassa, G; Karoly, D J; Imeson, A; Liu, C; Menzel, A; Rawlins, S; Root, T L; Seguin, B; Tryjanowski, P** 2007. Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. In: Parry, M L; et al. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 79-131.
- Sánchez, F. J. (2019).** Hidrología. Departamento de Geología. Universidad – Salamanca. España. 10 pp
- Sandoval, E., Morales, G., Ybarra, N., Barrios, M., Borges, J.** 2011. Comparación entre dos modelos diferentes de cámaras de McMaster empleadas para el conteo coproscópico en el diagnóstico de infecciones por nematodos gastroentéricos en rumiantes. *Zootecnia Trop*, 4, 495 – 501.
- Silva, R, F. F., Santos, D, G., Giotto, L. Z, Chaves, A. L. C. G.** 2018. Nematoides gastrintestinais na ovinocultura de corte sob regime de pastejo. *PUBVET*, 12, 147.

Souza, F. M. D. 2013. Recuperação de larvas infectantes, carga parasitária e desempenho de cordeiros terminados em pastagens com distintos hábitos de crescimento. Tesis de Magister, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal Do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 107pp

Troell K, Waller P, Høglund J. 2005. The development and overwintering survival of free-living larvae of *Haemonchus contortus* in Sweden. *Journal of Helminthology* 79, 373–379.

Urquhart G. M., Amour. J., Ducan.J. L., Dunn.A. M, Jenninigs, F. W. 2001 *Parasitologia Veterinaria. Zaragoza, España. 1ª edición, Ed. Acribia: 368 pp.*

Van Dijk, J., Sargison, N. D., Kenyon, F., Skuce, P. J. 2009. Climate change and infectious disease: helminthological challenges to farmed ruminants in temperate regions. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 4 (3), 377 – 392.

Van Dijk, J., Morgan, E., 2011. The influence of water on the migration of infective trichostrongyloid larvae onto grass. *Parasitology* 138 (6), 780 – 788.

Weather-atlas, 2021. <https://www.weather-atlas.com/es/chile/temuco-clima> [Consulta 12/07/2021]

Yamamoto, S. M., de Macedo, F. D. A. F., Grande, P. A., Martins, E. N., Zundt, M., Mexia, A. A., Nieto, L. M. 2004. Produção e contaminação por helmintos parasitos de ovinos, em forrageiras de diferentes hábitos de crescimento. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 26 (3), 379-384.

Zajac, A. M. 2006. Gastrointestinal nematodes of small ruminants: life cycle, anthelmintics, and diagnosis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 22 (3), 529-541.

