

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

# PROBABILIDAD DE RIESGO ASOCIADO A LA PRESENCIA DE MACROQUISTES DE *Sarcocystis* spp. EN CANALES DE CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS DOMÉSTICOS EN ECUADOR

Hidalgo-Pozo, Jonathana; Yáñez-Ortiz, Ivánb; Salazar-Silva, Richarda; Mena-Miño, Luisc\*

<sup>a</sup>Universidad Central de Ecuador, Av. Universitaria, Quito, Ecuador.

<sup>b</sup>Universitat Autònoma de Barcelona, Travessera dels Turons, Bellaterra, España.

<sup>c</sup>Universidad San Francisco de Quito, Diego de Robles s/n y Vía Interoceánica, Cumbayá, Ecuador.

Ingresado: 01/10/2020

Aceptado: 16/03/2021

## Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar la probabilidad de riesgo asociado a la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. en canales de camélidos sudamericanos domésticos (CSDs) faenadas en la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito (EMRAQ-EP) entre noviembre de 2017 y enero de 2018. Se utilizaron un total de 54 canales que fueron agrupadas por especie (43 de alpacas [41] y llamas [2], y 11 de híbridos), sexo (36 de machos y 18 de hembras) y edad (16 de jóvenes [menores de 5 años] y 38 de adultos [mayores de 5 años]). La prueba de Chi cuadrado de Pearson ( $P < 0,05$ ) fue empleada para establecer los factores de riesgo asociados y se utilizó una regresión logística múltiple para determinar la magnitud de la asociación con la presencia de sarcoquistes macroscópicos. La prevalencia estimada de macroquistes del parásito en las canales de CSDs fue de 31,48% (17/54). La especie y el sexo no fueron factores de riesgo asociados; sin embargo, la edad si fue un factor de riesgo, mostrando una tendencia de una posible asociación ( $P = 0,06$ ) que indica que los animales adultos (mayores de 5 años) tienen 4,68 veces más probabilidades de presentar macroquistes de *Sarcocystis* spp. en comparación con los animales jóvenes (menores de 5 años). La probabilidad de riesgo asociado a la presencia de sarcoquistes macroscópicos resultó ser mayor (45,51%) en las canales de hembras adultas (mayores de 5 años) pertenecientes a una especie de CSDs (alpacas y llamas).

**Palabras clave:** amélidos Sudamericanos Domésticos, Ecuador, Macroquistes, Parásito, Sarcocystiosis.

**PROBABILITY OF RISK ASSOCIATED WITH THE PRESENCE OF MACROCYSTS OF *Sarcocystis* spp. IN DOMESTIC SOUTH AMERICAN CAMELIDS CARCASSES IN ECUADOR**

## Abstract

The aim of the present study was to determine the probability of risk associated with the presence of macrocysts of *Sarcocystis* spp. in domestic South American camelids (DSACs) carcasses, slaughtered in the Metropolitan Public Company of Rastro Quito (EMRAQ-EP) between November 2017 and January 2018. A total of 54 carcasses were used that were grouped by species (43 of alpacas [41] and llamas [2], and 11 of hybrids), sex (36 of males and 18 of females) and age (16 of young [under 5 years old] and 38 of adults [over 5 years old]). Pearson's Chi square test ( $P < 0.05$ ) was used to establish the associated risk factors and a multiple logistic regression was used to determine the magnitude of the association with the presence of macroscopic sarcocysts. The estimated prevalence of macrocysts of the parasite in DSACs carcasses was 31.48% (17/54). Species and sex were not associated risk factors; however, age was a risk factor, showing a trend of a possible association ( $P = 0.06$ ) that indicates that adult animals (over than 5 years) are 4.68 times more likely to present macrocysts of *Sarcocystis* spp. compared to young animals (under 5 years old). The probability of risk associated with

\* Correspondencia a: Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad San Francisco de Quito, Diego de Robles s/n y Vía Interoceánica, 170901 Cumbayá, Ecuador. Teléfono: +593 984618359. Correo electrónico: lmena@asig.com.ecH

the presence of macroscopic sarcocysts was higher (45.51%) in adult female carcasses (over 5 years) belonging to a species of DSACs (alpacas and llamas).

**Keywords:** Domestic South American Camelids, Ecuador, Macrocyts, Parasite, Sarcocystiosis.

## I. INTRODUCCIÓN

La sarcocystiosis es una infestación parasitaria zoonótica causada por varias especies de protozoos intracelulares de ciclo indirecto del género *Sarcocystis* que afectan a una gran cantidad de animales domésticos y salvajes [1]. El ciclo de vida de estos parásitos requiere de un hospedador intermediario y de un definitivo. Generalmente el primero es un animal herbívoro y el segundo es un animal vertebrado carnívoro u omnívoro [2,3]. Los camélidos sudamericanos domésticos (CSDs) actúan como hospedadores intermediarios, donde el parásito invade las células endoteliales de los vasos sanguíneos, formando quistes en la musculatura estriada (sarcoquistes macroscópicos) y cardíaca (sarcoquistes microscópicos) [4,5]. El tamaño de los quistes macroscópicos oscila entre 1-5 mm de largo con una forma parecida a granos de arroz, y al ser observados por microscopía electrónica se presentan como conglomerados encapsulados de hasta  $2 \times 10^7$  parásitos [6,7]. El ciclo de vida se completa cuando los sarcoquistes macroscópicos que contienen bradizoitos infecciosos son ingeridos por el hospedador definitivo, los cuales colonizan la lámina propia de los intestinos y se liberan al medio ambiente en forma de ooquistes o esporocistos esporulados junto con las heces [8,9]. En el caso particular del ser humano, este puede ser considerado tanto un hospedador intermediario como definitivo dentro del ciclo de vida del parásito. No obstante, se desconoce el número de especies para las que puede servir como hospedador intermediario [10].

Delas más de 200 especies de *Sarcocystis* identificadas y reconocidas, *S. aucheniae* y *S. lamacanis* han sido descritos en CSDs que incluyen alpacas (*Vicugna pacos*) y llamas (*Lama glama*), respectivamente [11], mientras que en los no domésticos, *S. tilopodi* se ha reportado en guanacos (*Lama guanicoe*) [12] y en vicuñas no se ha informado sobre ninguna especie del parásito [7]. A lo largo del tiempo, la clasificación de estas especies del parásito se ha realizado en función de su presencia en un huésped camélido específico, sin que se hayan establecido diferencias

morfológicas que permitan diferenciar un tipo de sarcoquiste de otro [13]. Sin embargo, en la actualidad se han homologado los criterios de clasificación para *Sarcocystis* spp., definiendo que el único nombre válido para la especie del parásito que forma macroquistes en alpacas y llamas es *S. aucheniae* [14]. De las especies de *Sarcocystis* que se pueden encontrar en los CSDs, se sabe que *S. aucheniae* ocasiona quistes macroscópicos y *S. lamacanis* produce quistes microscópicos que incluso se desarrollan más rápidamente y con mayor capacidad infectiva [15].

La crianza de CSDs (alpacas y llamas) en las regiones andinas de Perú, Bolivia, Chile, Argentina y Ecuador constituye una actividad familiar de importancia social, cultural y económica [16,17]. No obstante, la explotación de CSDs no solo está limitada a Sudamérica, sino que se ha extendido a otras latitudes con una visión más empresarial [18], donde la producción de carne de alpaca y llama ha tomado mucha relevancia por su calidad nutricional, ya que posee menos grasa y colesterol en comparación con otras fuentes de proteína animal como la carne de vacuno, ovino y caprino, generando un aumento en el consumo principalmente en los países desarrollados [19,20,21,22]. Pese a ello, la sarcocystiosis tiene un impacto negativo en la economía de los productores de alpacas y llamas [13], debido a que la presencia del parásito afecta significativamente la ganancia de peso de los animales infectados (-18,7 y -4,7 g/día), donde la tasa de mortalidad puede alcanzar el 60% [23]. Además, la presencia masiva de sarcoquistes macroscópicos en la musculatura de los animales destinados al consumo humano conlleva al decomiso de las canales y limita la comercialización de la carne [24,25]. Dentro de este contexto, esta infestación en humanos estaría asociada al desarrollo de la enfermedad transmitida por los alimentos (ETA) crudos e insuficientemente cocidos [26]. Sin embargo, la neurotoxina (sarcocystina) presente en los quistes se inactiva durante la cocción, siendo los casos clínicos en humanos raros [27].

En estudios realizados en CSDs, se ha determinado que la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. en llamas es de alrededor de 34%, con fluctuaciones anuales que varían de 23,4% a 50,3% [28]; en tanto que, Velásquez et al. [29] reportan una prevalencia de sarcoquistes macroscópicos en las canales sujetas a inspección de alpacas y llamas de 16,7% y 34,3%, respectivamente. La causa principal se relaciona con los altos niveles

de contaminación de los pastizales con el parásito, producto de la interacción con carnívoros, así como la alimentación de estos con carne infestada [4]. En zonas donde existe un manejo no controlado relacionado con una alta carga animal, la sarcocystiosis es un problema inminente; mientras que, en zonas donde existe un pastoreo rotacional y un manejo adecuado, la enfermedad tiene una importancia relativa frente a otras enfermedades que causan mayores problemas [30]. Varios estudios describen a la edad como un factor de riesgo asociado a la presencia de *Sarcocystis* spp. en alpacas [31]; en tanto que, en llamas se identificó como factores de riesgo para la presentación de sarcoquistes macroscópicos a la edad (>4,5 años), al sexo (hembra) y al tipo (pelo largo) [28].

En el Ecuador se sospecha que la enfermedad está presente en varias especies animales destinadas al consumo humano, debido a observaciones realizadas por técnicos y productores, aunque no existe un diagnóstico u otro tipo de estudio oficial que determine de forma clara y concisa el estatus de la enfermedad en explotaciones o centros de faenamiento. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio se centra en determinar los factores de riesgo, así como la probabilidad de riesgo asociado a la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. en canales de CSDs, siendo este el primer estudio realizado en el país sobre la presencia del sarcoquistes macroscópicos en camélidos sudamericanos domésticos.

## II. METODOLOGÍA

### Diseño del estudio y recolección de datos

El estudio se realizó en la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito (EMRAQ-EP). Esta empresa opera de manera oficial el sistema municipal de faenamiento y comercialización de especies animales destinadas al consumo humano en el Distrito Metropolitano de Quito, ofreciendo servicios de faenamiento de varias especies animales como bovinos, porcinos, ovinos y CSDs. El proceso de faenamiento se lleva a cabo tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes) y en promedio se faenan 20 CSDs al mes. Se recopiló información de 54 animales (41 alpacas, 2 llamas y 11 híbridos) que fueron faenados durante los meses de noviembre y diciembre de 2017, y enero de 2018, la cual se obtuvo de los certificados sanitarios de

movilización interna (CSMI) que regula la autoridad sanitaria oficial. Esta información incluye los datos del propietario, la procedencia (cantones Ambato, Latacunga, Mejía, Quito, Rumiñahui y Saquisilí) y la cantidad de animales movilizados al centro de faenamiento, el tipo (análogo a la raza), el sexo y la edad. También se registró la información del control veterinario ante y post mortem de los animales.

Se realizó un estudio de tipo observacional de todas las canales de CSDs faenadas en el periodo comprendido entre el 01 de noviembre de 2017 hasta el 31 de enero de 2018. La observación directa para el diagnóstico de *Sarcocystis* spp. post mortem en la inspección sanitaria se realizó conjuntamente con el Médico Veterinario de la EMRAQ-EP. Para determinar la presencia o ausencia de sarcoquistes macroscópicos en la musculatura esquelética de cada canal, se siguió la descripción de Vázquez et al. [32] sobre la ubicación de los mismos en las diferentes zonas susceptibles o predisponentes: cervical (cuello), costal (músculos intercostales), extremidad superior (músculos supraespinoso, infraespinoso y bíceps braquial) y extremidad inferior (músculos tensor de la fascia lata, semitendinoso, semimembranoso y cuádriceps).

### Análisis estadístico

#### Prevalencia

La estimación de la prevalencia de *Sarcocystis* spp. en canales de CSDs se estableció por el número de canales con presencia de sarcoquistes macroscópicos entre el número total de animales faenados durante el periodo de estudio (noviembre de 2017 y enero de 2018).

#### Factores de riesgo y odds ratios

Para efecto del análisis, las canales fueron agrupadas de acuerdo a la especie (alpacas y llamas, e híbridos), sexo (hembras y machos) y edad (jóvenes y adultos), siendo estos los considerados como factores de riesgo asociados a la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. Debido a que durante el periodo de estudio solamente se faenaron 2 alpacas, estas fueron incluidas junto con las llamas en un mismo grupo, denominado especie. En el caso de la edad, se siguió la clasificación descrita por Brown [33], considerando a aquellos animales menores a 5 años como animales jóvenes y a aquellos

mayores a 5 años como adultos, de acuerdo al inicio de la edad reproductiva. Las asociaciones crudas para determinar los factores de riesgo en la presentación de sarcoquistes macroscópicos se buscaron mediante la prueba de Chi cuadrado de Pearson con un nivel de significancia exigido de  $P < 0,05$ . La asociación estadística entre los factores de riesgo considerados y la presencia de macroquistes del parásito en las canales de CSDs se estableció mediante una regresión logística múltiple, donde las estimaciones y los límites del 95% de Wald se usaron para calcular el odds ratio y los intervalos de confianza del 95%. La presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. se incluyó como una variable dicotómica (donde 0 denota ausencia y 1 denota presencia). Se utilizó el programa estadístico SAS (V 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

#### Probabilidad de riesgo asociado

Para conocer la probabilidad de riesgo asociado a la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. en las canales de CSDs, en función de los factores de riesgo incluidos en el modelo, se aplicó la siguiente función logística que predice el valor predictivo del riesgo asociado (ver Ec. 1):

$$p(x) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde  $p(x)$  es la probabilidad de riesgo asociado a la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. en las canales;  $e$  es la base del logaritmo natural (2,7183); y  $z$  es una combinación lineal de los factores de riesgo incluidos en el siguiente modelo estadístico (ver Ec. 2):

$$z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \quad \text{Ec. 2}$$

Donde  $\beta_0$  es el coeficiente en el origen de la función de regresión;  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ , y  $\beta_3$  representan los coeficientes de la pendiente de la recta para  $X_1$ ,  $X_2$ , y  $X_3$ ;  $X_1$  es la especie (1 para alpacas y llamas, y 0 para híbridos);  $X_2$  es el sexo (1 para machos y 0 para hembras); y  $X_3$  es la edad (1 para adultos y 0 para jóvenes).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prevalencia estimada de macroquistes de *Sarcocystis* spp. evidenciados en las canales de CSDs fue del 31,48% (17/54). La distribución de los factores de riesgo asociados a la presencia de sarcoquistes macroscópicos durante el periodo de estudio se presenta en la Tabla 1. De acuerdo a la especie se observaron macroquistes del parásito en 2 canales de animales híbridos (11,76%) y en 15 canales de alpacas y llamas (88,24%). En relación al sexo, 7 canales de hembras (41,18%) y 10 de machos (58,82%) tuvieron presencia de macroquistes *Sarcocystis* spp. En tanto que, respecto a la edad, en animales jóvenes (menores de 5 años) se observaron sarcoquistes macroscópicos en 2 canales (11,76%) y en animales adultos (mayores de 5 años) en 15 canales (88,24%). En el análisis inicial crudo, únicamente la edad tuvo una diferencia estadística ( $P=0,05$ ; Chi cuadrado de Pearson) con la presencia de macroquistes del parásito.

**Tabla 1.** Distribución de los factores de riesgo para la presencia y ausencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. en canales de camélidos sudamericanos domésticos (n=54).

Canales de camélidos sudamericanos domésticos				
Factor de riesgo	Presencia de macroquistes de <i>Sarcocystis</i> spp.	Ausencia de macroquistes de <i>Sarcocystis</i> spp.	Total	Valor P <sup>a</sup>
<b>Especie</b>				
Híbrido	2 (34,88%)	9 (65,12%)	11 (100%)	0,29
Alpaca y Llama	15 (18,18%)	28 (81,82%)	43 (100%)	
<b>Sexo</b>				
Hembra	7 (38,89%)	11 (61,11%)	18 (100%)	0,41
Macho	10 (27,78%)	26 (72,22%)	36 (100%)	
<b>Edad</b>				
Joven (<5 años)	2 (12,50%)	14 (87,50%)	16 (100%)	0,05
Adulto (>5 años)	15 (39,47%)	23 (60,53%)	38 (100%)	

<sup>a</sup>Chi cuadrado de Pearson

En la Tabla 2 se muestran los coeficientes de regresión logística y los odds ratios de asociación entre los factores de riesgo asociados con la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. en las canales de CSDs. La especie y el sexo de los CSDs no estuvieron asociados ( $P > 0,05$ ) a la presencia de sarcoquistes macroscópicos. Sin embargo, la edad mostró una tendencia ( $P=0,06$ ) que se podría considerar dentro una asociación estadística con la presencia de macroquistes del parásito, con lo cual, los animales adultos (mayores de 5 años) tienen una mayor probabilidad (OR=4,68; IC 95%=0,91–23,99) de que resulten ser positivos a

la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. en comparación con los jóvenes (menores de 5 años).

**Tabla 2.** Regresión logística múltiple y odds ratios de los factores de riesgo para la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. en canales de camélidos sudamericanos domésticos.

Factor de riesgo	$\beta$	EE	OR	IC 95%	Valor P
Intercepto	-1,43	0,53	-	-	0,01
<b>Especie</b>					
Alpaca y Llama	0,48	0,43	2,61	0,48–14,25	0,27
Híbrido			Referencia		
<b>Sexo</b>					
Macho	-0,25	0,32	0,61	0,17–2,16	0,44
Hembra			Referencia		
<b>Edad</b>					
Adulto (>5 años)	0,77	0,42	4,68	0,91–23,99	0,06
Joven (<5 años)			Referencia		

$\beta$ =Coeficientes de regresión logística; EE=Error estándar; OR=odds ratio; IC=Intervalo de confianza; \*P<0,1

La ecuación que predice el valor predictivo del riesgo asociado a la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. en canales de CSDs es la siguiente (ver Ec. 3):

$$\text{Probabilidad de presencia de macroquistes de } Sarcocystis \text{ spp.} = \frac{1}{1 + e^{-1,43 + 0,48 (\text{Especie}) - 0,25 (\text{Sexo}) + 0,77 (\text{Edad})}} \quad \text{Ec. 3}$$

En la Tabla 3 se observa que, la probabilidad de presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp., de acuerdo a lo obtenido mediante la función logística que predice el valor predictivo del riesgo asociado de los factores considerados, es mayor cuando las canales provienen de animales pertenecientes a una especie de CSDs (alpacas y llamas), son hembras y adultos (mayores de 5 años).

**Tabla 2.** Probabilidad de riesgo asociado a la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. en canales de camélidos sudamericanos domésticos.

Especie	Macho		Hembra	
	Joven (<5 años)	Adulto (>5 años)	Joven (<5 años)	Adulto (>5 años)
Híbridos	15,71%	28,70%	19,31%	34,07%
Alpacas y llamas	23,15%	39,41%	27,89%	45,51%

La prevalencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. en canales de CSDs obtenida en el presente estudio (31,48%) está por encima de lo encontrado por Ayala [30] en Bolivia, quien reporta una prevalencia de sarcoquistes

macroscópicos de 24,64%, mediante la inspección de las canales de CSDs que se comercializan. De acuerdo a la especie, varios autores han realizado sus investigaciones en alpacas [34] y llamas [28], reportando prevalencias de macroquistes del parásito en las canales inspeccionadas de 23,63% y de 34,1%, respectivamente. Desafortunadamente, debido al bajo número de llamas (n=2) faenadas durante el periodo de estudio, no fue posible obtener la prevalencia de acuerdo a la especie, lo que dificulta su comparación con los estudios mencionados. Para los híbridos no se han realizado estudios acerca de la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp., siendo la prevalencia de 11,76% el primer valor reportado en cruzamientos principalmente entre alpacas y llamas. De igual forma, en la literatura no ha sido posible encontrar información que haga referencia a la probabilidad de riesgo asociado a la presencia de sarcoquistes macroscópicos con la especie de los CSDs. No obstante, por lo explicado anteriormente, el odds ratio de 2,61 (P>0,05) obtenido en el presente estudio para alpacas y llamas (agrupadas) en comparación con los híbridos se deberá manejar con cautela.

En relación al sexo, la prevalencia de macroquistes del parásito en canales de hembras (41,18%) y de machos (58,82%) obtenida en el presente estudio son superiores a las descritas por Palomino [35], quien reporta una prevalencia de 31,23% y de 33,67%, respectivamente. Además, se han encontrado valores de prevalencias en hembras de 16,3% y en machos de 17,1% para alpacas, y en llamas de 32,8% y de 35,2%, para hembras y machos, respectivamente [29]. Sin embargo, la tendencia de presentación de macroquistes de *Sarcocystis* spp. evidenciada en las canales de machos no concuerda con el reciente estudio realizado por Decker Franco et al. [5] en llamas, donde la inspección visual indica una prevalencia de 85,7% en canales de hembras versus un 42,1% en canales de machos. En todos estos resultados (incluidos los nuestros) no se encuentra diferencia significativa, pero creemos que la diferencia numérica encontrada en las canales de machos en el presente estudio se pueda deber a factores genéticos, ambientales y de manejo que posiblemente favorezcan una mayor presentación de sarcoquistes macroscópicos, independientemente de la especie. El sexo como factor de riesgo no presentó una asociación estadística (OR=0,61; P>0,05) con la presencia de

macroquistes del parásito en las canales de CSDs, lo cual coincide con lo descrito por Velásquez et al. [29]; sin embargo, Rooney et al. [28] en su estudio observa que el sexo si representa un factor de riesgo ( $P < 0,05$ ), donde la probabilidad de presentar macroquistes de *Sarcocystis* spp. es aproximadamente el doble en las llamas hembras respecto los machos ( $OR = 1,75$ ;  $IC\ 95\% = 1,13 - 2,68$ ). Esto concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde las canales de machos tuvieron menor probabilidades de presentar macroquistes del parásito que las canales de hembras.

Con respecto a la edad, se ha encontrado que hay una mayor prevalencia de sarcoquistes macroscópicos en canales de animales mayores de 5 años (38,4%) [35]; mientras que, en canales de 3,5 a 5 años se registra una prevalencia de 36,7%, de 2,5 a 3,5 años de 33,17%, y de 0 a 2 años de 23,53%. Velásquez et al. [29] reportan una prevalencia en alpacas de 15,1% para las jóvenes y para las adultas de 16,9%; mientras que, en llamas jóvenes obtuvieron un 9,7% y en adultas un 36,1%. Recientemente, se confirma que la mayor presencia de macroquistes del parásito en llamas se registra en animales adultos mayores de 3 años con una prevalencia de 87,5%, en comparación a los animales de entre 1 y 3 años que tuvieron el 31,3% [5]. También en alpacas, se mantiene la tendencia del incremento de macroquistes de *Sarcocystis* spp. conforme aumenta la edad de los animales, encontrándose un 74% de prevalencia en animales de 2 años y el 100 % en animales de 3 y 4 años [36]. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el presente estudio, donde obtuvimos una mayor presencia de sarcoquistes macroscópicos en canales de animales adultos (88,24%) en comparación con los jóvenes (11,76%). De acuerdo al odds ratio obtenido en el presente estudio (0,21;  $P = 0,06$ ) existe una tendencia que indica una posible asociación estadística entre la edad y la presencia de macroquistes del parásito. Casto et al. [31] mencionan que la oportunidad que tienen los CSDs de infestarse con el parásito aumenta a partir del primer año de vida, toda vez que los animales de más edad han tenido mayor riesgo de exposición, lo cual se relaciona directamente con la alimentación en las zonas donde se crían estas especies, siendo esta fundamentalmente a base pastos naturales. Esto se ha demostrado en varios estudios, donde se han obtenido probabilidades estadísticamente significativas en alpacas y llamas que determinan

que la presencia de macroquistes de *Sarcocystis* spp. es 1,1 y 5,3 veces más en animales adultos ( $> 2$  años) en relación a los jóvenes ( $< 2$  años), respectivamente [29]. Así mismo, Rooney et al. [28] informan que las probabilidades de que una llama adulta ( $> 4,5$  años) presente sarcoquistes macroscópicos es 19,31 veces mayor que una llama joven ( $< 2,49$  años). También la gestación y el parto alrededor de los 2,5 y 4,5 años puede provocar que las hembras sean susceptibles al desarrollo de macroquistes del parásito después de la infestación, debido a una inmunosupresión por el estrés causado [28].

#### IV. CONCLUSIONES

Este estudio demuestra la presencia de sarcocystiosis en las canales de camélidos sudamericanos domésticos (CSDs) que son faenados en la zona centro norte del Ecuador, determinada por la identificación de macroquistes de *Sarcocystis* spp. La especie y el sexo no fueron factores de riesgo asociados a la presencia de la enfermedad; sin embargo, la edad si fue un factor de riesgo, mostrando una tendencia de una posible asociación que indica que los animales adultos (mayores de 5 años) tienen 4,68 veces más probabilidades de presentar macroquistes del parásito en comparación con los animales jóvenes (menores de 5 años). La probabilidad de riesgo asociado a la presencia de sarcoquistes macroscópicos resultó ser mayor (45,51%) en las canales de hembras adultas (mayores de 5 años) pertenecientes a una especie de CSDs (alpacas y llamas). Se necesitan más estudios que involucren un mayor número de animales para confirmar los resultados obtenidos y poder realizar un análisis por especie, tanto de prevalencia como de probabilidad de riesgo asociado. La investigación en este tema se justifica para adquirir conocimientos que permitan realizar estudios más específicos.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Empresa Pública Metropolitana de Rastro Quito (EMRAQ-EP) por su colaboración en la inspección de las canales.

#### CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés. Hidalgo-Pozo et. al. Sarcocystiosis en camélidos sudamericanos domésticos.

## REFERENCIA

- [1] Tenter AM. Current research on *Sarcocystis* species of domestic animals. *Int J Parasitol.* 1995; 25: 1311–30.
- [2] Fayer R. *Sarcocystis* spp. in human infections. *Clin Microbiol Rev.* 2004; 17: 894–902.
- [3] Lindsay DS, Dubey JP. Neosporosis, toxoplasmosis, and sarcocystosis in ruminants: an update. *Vet Clin North Am - Food Anim Pract.* 2020; 36: 205–22.
- [4] Guerrero C, Leguía G. Enfermedades infecciosas y parasitarias de alpacas. *Rev Camélidos Sudam.* 1987; 4: 32–82.
- [5] Decker Franco C, Romero S, Ferrari A, Schnittger L, Florin-Christensen M. Detection of *Sarcocystis aucheniae* in blood of llama using a duplex semi-nested PCR assay and its association with cyst infestation. *Heliyon.* 2018; 4: e00928.
- [6] Moré G, Regensburger C, Gos ML, Pardini L, Verma SK, Ctibor J, et al. *Sarcocystis masoni*, n. sp. (Apicomplexa: Sarcocystidae), and redescription of *Sarcocystis aucheniae* from llama (*Lama glama*), guanaco (*Lama guanicoe*) and alpaca (*Vicugna pacos*). *Parasitology.* 2016; 143: 617–26.
- [7] Saeed MA, Rashid MH, Vaughan J, Jabbar A. Sarcocystosis in South American camelids: the state of play revisited. *Parasites Vectors.* 2018; 11: 1–11.
- [8] Dubey JP. A review of *Sarcocystis* of domestic animals and of other coccidia of cats and dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 1976; 169: 1061–78.
- [9] Stojecki K, Karamon J, Sroka J, Cencek T. Molecular diagnostics of *Sarcocystis* spp. infections *Pol J Vet Sci.* 2012; 15: 589–96.
- [10] Fayer R, Esposito DH, Dubey JP. Human infections with *Sarcocystis* species. *Clin Microbiol Rev.* 2015; 28: 295–311.
- [11] Leguía G, Guerrero C, Sam R, Chávez A. Infección experimental de perros y gatos con macroquistes y microquistes de *Sarcocystis* de alpacas (*Lama pacos*). *Rev Cienc Vet.* 1989; 5: 10–3.
- [12] Quiroga D, Lombardero O, Zorrilla R. *Sarcocystis tilopi* n. sp. en guanacos (*Lama guanicoe*) de la República de Argentina. *Gac Vet.* 1969; 31: 67–70.
- [13] Leguía G. The epidemiology and economic impact of llama parasites. *Parasitol Today.* 1991; 7: 54–6.
- [14] Dubey JP, Calero-Bernal R, Rosenthal BM, Speer CA, Fayer R. Sarcocystosis of animals and humans. 2nd ed. CRC Press; 2015.
- [15] La Perle KMD, Silveria F, Anderson DE, Blomme EAG. Dalmeny disease in an alpaca (*Lama pacos*): sarcocystosis, eosinophilic myositis and abortion. *J Comp Pathol.* 1999; 121: 287–93.
- [16] Huanca W. Los desafíos en el manejo reproductivo de los camélidos sudamericanos. *Arch Latinoam Prod Anim.* 2013; 21: 233–6.
- [17] Vilá B, Arzamendia Y. South American Camelids: their values and contributions to people. *Sustain Sci.* 2020. DOI: 10.1007/s11625-020-00874-y.
- [18] McGregor BA. Production, attributes and relative value of alpaca fleeces in southern Australia and implications for industry development *Small Rumin Res.* 2006; 61: 93–111.
- [19] Polidori P, Antonini M, Torres D, Beghelli D, Renieri C. Tenderness evaluation and mineral levels of llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) meat. *Meat Sci.* 2007; 77: 599–601.
- [20] Salvá BK, Zumalacárregui JM, Figueira AC, Osorio MT, Mateo J. Nutrient composition and technological quality of meat from alpacas reared in Peru. *Meat Sci.* 2009; 82: 450–5.
- [21] Mamani-Linares LW, Gallo CB. Meat quality, proximate composition and muscle fatty acid profile of young llamas (*Lama glama*) supplemented with hay or concentrate during the dry season. *Meat Sci.* 2014; 96: 394–9.
- [22] Popova T, Tejada L, Peñarrieta JM, Smith MA, Bush RD, Hopkins DL. Meat of South American camelids - Sensory quality and nutritional composition. *Meat Sci.* 2021; 171: 108285.
- [23] Chávez A, Leyva V, Panes S, Ticona D, García W, Pezo D. Sarcocistiosis y la eficiencia productiva de la alpaca. *Rev Inv Vet Perú.* 2008; 19: 160–7.
- [24] Céspedes C, Vilca M, Ramos D, Sam R, Lucas J. Saneamiento y detoxificación de carne de alpaca (*Vicugna pacos*) con sarcocistiosis mediante tratamientos físicos y químicos de uso doméstico. *Rev Inv Vet Perú.* 2013; 24: 404–10.
- [25] Vangeel L, Houf K, Geldhof P, De Preter K, Vercruyse J, Ducatelle R, et al. Different *Sarcocystis* spp. are present in bovine eosinophilic myositis. *Vet Parasitol.* 2013; 197: 543–8.
- [26] Malandrini JB, Ravetti AC, Nogues EM. Sarcocistiosis en llamas (*Lama glama*) faenadas en Catamarca. *Ciencia.* 2012; 7: 107–16.
- [27] Chileno M, Chávez A, Casas E, Chavera A,

Puray N. Efectos tóxicos del contenido de dos tamaños de quistes de *Sarcocystis aucheniae* en conejos inoculados experimentalmente. *Rev Investig Vet Perú*. 2011; 22: 360–8.

[28] Rooney AL, Limon G, Vides H, Cortez A, Guitian J. *Sarcocystis* spp. in llamas (*Lama glama*) in Southern Bolivia: a cross sectional study of the prevalence, risk factors and loss in income caused by carcass downgrades. *Prev Vet Med*. 2014; 116: 296–304.

[29] Velásquez L, Soncco J, Valderrama A. *Sarcocystis aucheniae* en camélidos sudamericanos y factores de riesgo en la provincia de Lucanas. *Salud y Tecnol Vet*. 2019; 7: 8–13.

[30] Ayala C. Estudio detallado de la ocurrencia de *Sarcocystis* en el altiplano boliviano. *Rev Investig e Innovación Agropecu y Recur Nat*. 2018; 5: 207–10.

[31] Castro E, Sam R, López T, González A, Silva M. Evaluación de la edad como factor de riesgo de seropositividad a *Sarcocystis* sp. en alpacas. *Rev Inv Vet Perú*. 2004; 15: 83–6.

[32] Vázquez J, Cedeño M, Collazo M, Jiménez M, Quintero L, Barletta J. Folleto de protozoología y técnicas parasitológicas. *Revista Electrónica de las Ciencias Médicas en Cienfuegos*. 2012; 10: 151–62.

[33] Brown BW. A review on reproduction in South American camelids. *Anim Reprod Sci*. 2000; 58: 169–95.

[34] Valledor S, Cuñarro B, Pacheco S, Pérez W, Méndez V, Lima M, Mailhos V. Primer diagnóstico de *Sarcocystis* spp. en alpacas (*Lama pacos*) de Uruguay. En: VIII Congreso Argentino de Zoonosis. La Plata, Argentina; 2014. p. 1–2.

[35] Palomino R. Prevalencia de sarcocistiosis en alpacas (*Vicugna pacos*) beneficiadas en el camal de Pilpichaca, Huancavelica años 2010 al 2012 [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú; 2013.

[36] Leguía G, Santiago B. Prevalencia de *Sarcocystis* en alpacas (*Lama pacos*) y en perros pastores de una ganadería de la Sierra central del Perú. *Biotempo*. 2018; 15: 59–62.