

## Dinámica de excreción de ooquistes de *Eimeria* spp en alpacas (*Vicugna pacos*) durante el periparto

### Dynamics of excretion of *Eimeria* spp oocysts in alpacas (*Vicugna pacos*) during peripartum

Carlos Enríquez Añamuro<sup>1</sup>, Raquel Watanabe Watanabe<sup>2</sup>, Raúl Rosadio Alcántara<sup>1\*</sup>

#### RESUMEN

Las infecciones de las crías de alpacas a edades muy tempranas sugieren que las madres pueden actuar como portadoras asintomáticas de algunas especies de eimerias. El objetivo del estudio fue determinar la dinámica de excreción de ooquistes de *Eimeria* spp en alpacas madres durante la temporada de parición en el Centro de Investigación y Producción «La Raya», Puno, Perú. Se tomaron muestras fecales de 50 alpacas madres clínicamente sanas de raza Huacaya infectadas naturalmente con *Eimeria* spp en las dos semanas preparto, semana del parto y cuatro semanas posparto (periodo diciembre 2018 - marzo 2019). Las madres fueron categorizadas en tres grupos etarios [A: 3-4 (n=19), B: 5-8 (n=26) y C: 9-12 años (n=5)]. El análisis coproparasitológico se desarrolló mediante las técnicas de flotación con solución Sheather y McMaster. Las madres gestantes ingresaron al parto eliminando *E. punoensis* [49/50 (98%)], *E. alpaca* [43/50 (86%)], *E. lamae* [5/50 (10%)], y *E. macusaniensis* [3/50 (6%)] sin excretar *E. ivitaensis*. El porcentaje de madres excretando ooquistes de *E. alpaca* y *E. punoensis* se incrementó desde la segunda semana posparto, eliminando cargas mínimas de *E. macusaniensis* y *E. lamae* antes y después del parto. Hubo diferencia significativa en opg entre los grupos A y B, y

<sup>1</sup> Grupo de Investigación: Biotecnología Aplicada a la Conservación, Sanidad y Producción Animal (SANIGEN), Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú

\* E-mail: rrosadioa@unmsm.edu.pe

Recibido: 3 de octubre de 2022

Aceptado para publicación: 15 de diciembre de 2023

Publicado: 29 de febrero de 2024

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

entre las dos semanas preparto y las cuatro de posparto, además de una correlación negativa muy baja (-0.0538) entre el número de opg y la edad ( $p=0.0468$ ). Los animales con *E. punoensis* presentaron 6.5 veces la prevalencia de aquellos parasitados con *E. alpaca* ( $p<0.001$ ; IC95% 2.33-18.13).

**Palabras clave:** *Eimeria*, alpacas madres, Puno, eimeriosis

## ABSTRACT

Infections of alpacas at very early ages suggest that the dams may act as asymptomatic carriers of some *Eimeria* species. The aim of this study was to determine the dynamics of *Eimeria* spp oocyst excretion in alpaca dams during the calving season at the «La Raya» Research and Production Centre, Puno, Peru. Faecal samples were taken from 50 clinically healthy alpacas of the Huacaya breed naturally infected with *Eimeria* spp in the two weeks prepartum, week of delivery and four weeks postpartum (period December 2018 - March 2019). Dams were categorized into three age groups [A: 3-4 (n=19), B: 5-8 (n=26) and C: 9-12 years (n=5)]. Sample analysis was carried out using Sheather solution flotation and McMaster techniques. The pregnant dams entered the calving season excreting *E. punoensis* [49/50 (98%)], *E. alpaca* [43/50 (86%)], *E. lamae* [5/50 (10%)], and *E. macusaniensis* [3/50 (6%)] but not *E. ivitaensis*. The percentage of dams shedding oocysts of *E. alpaca* and *E. punoensis* increased after the second week postpartum, while it was found a minimal excretion load of *E. macusaniensis* and *E. lamae* before and after the calving season. There was a significant difference in opg between A and B, and between the two weeks prepartum and four weeks postpartum, in addition to a very low negative correlation (-0.0538) between the number of opg and age ( $p=0.0468$ ). Animals infected with *E. punoensis* presented 6.5 times the prevalence of those parasitized with *E. alpaca* ( $p<0.001$ ; 95% CI 2.33-18.13).

**Key words:** *Eimeria*, dam alpaca, Puno, eimeriosis

## INTRODUCCIÓN

La alpaca (*Vicugna pacos*) es una especie oriunda de los Andes sudamericanos que tiene como ancestro a la vicuña (Kadwell *et al.*, 2001). La mayor parte de la población está distribuida en altitudes entre 3600 a 5400 msnm en América del Sur donde son fuente de carne, fibra y transporte, y sus heces se usan como combustible y fertilizante (Díaz *et al.*, 2016). La mayoría de los productores poseen parcelas menores a 100 ha de pastos naturales en las que crían rebaños de 50 a 100 animales en promedio. Esta actividad económica en el Perú involucra a 2.9 millones de personas que representan el 11% de la población nacional (Brenes, 2001).

La producción se encuentra limitada, fundamentalmente, por bajas tasas de natalidad y elevadas mortalidades neonatales causantes de significativas pérdidas económicas. Las enfermedades infecciosas del tracto intestinal y respiratorio son las principales fatalidades en etapas neonatales (Guerrero y Leguía, 1987; Rosadio y Ameghino, 1994). Los principales agentes infecciosos productores de enteropatías en crías de alpacas incluyen virus, bacterias y, sobre todo, parásitos intracelulares tales como *Cryptosporidium* spp, *Giardia* spp y diversas especies de *Eimeria* (Cebra *et al.*, 2007; Cid *et al.*, 2010; Rojas *et al.*, 2016). Cinco especies de *Eimeria* infectan a las alpacas, tres de ellas (*E. lamae*, *E. alpaca* y *E. punoensis*) replican exclusivamente en células intestinales

maduras y las otras dos (*E. macusaniensis* y *E. ivitaensis*) en el epitelio de las criptas. *E. lamae* y *E. macusaniensis* son las principales especies responsables de infecciones intestinales a consecuencia de la reproducción y lisis de las células intestinales maduras y epitelio de las criptas, respectivamente (Palacios *et al.*, 2005; Rosadio *et al.*, 2010).

Estudios sobre prevalencia de eimeriosis en camélidos sudamericanos indican que las crías y animales jóvenes son muy susceptibles a todas las especies de *Eimeria*, excretan elevadas cargas de ooquistes, presentan severas disfunciones fisiológicas intestinales, y algunas de ellas producen severas patologías descritas como enteritis hemorrágicas, similares a las descripciones macro y microscópicas de la enterotoxemia neonatal (Palacios *et al.*, 2005; Rosadio *et al.*, 2010). Las infecciones en animales adultos, dependiendo de las cargas parasitarias y del tipo de especie involucrada, son, generalmente, de tipo subclínico y asintomático, aunque existen reportes de infecciones fatales en alpacas y llamas adultas (Cebra *et al.*, 2007). Se argumenta que la alta prevalencia de eimeriosis en crías es producto de un manejo deficiente en las pariciones, especialmente en casos de sobrepoblación y pobres condiciones higiénicas sanitarias (Rodríguez *et al.*, 2012).

Las infecciones muy tempranas por *Eimeria* spp podrían ser consecuencia de varios factores, pero que podrían explicarse por excreciones de ooquistes de madres gestantes portadoras o tal vez exposiciones de ooquistes infecciosos presentes en las pasturas y en las letrinas en las «canchas de parición». Consecuentemente, el presente estudio fue realizado para elucidar si las madres gestantes son portadoras asintomáticas y fuentes de infección de especies de *Eimeria* durante el periodo perinatal. Con este objetivo, se analizaron muestras fecales de hembras gestantes en tres grupos etarios durante siete semanas alrededor del parto para identificar la especie y carga de ooquistes de *Eimeria*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar y Tiempo de Estudio

La presente investigación se ejecutó en el Centro de Investigación y Producción «La Raya» (CIP La Raya) de la Universidad Nacional del Altiplano (UNAP), ubicado en el distrito de Santa Rosa, provincia de Melgar, región Puno, Perú. El CIP La Raya se encuentra situado entre 4200 a 5500 msnm, piso ecológico de puna húmeda. La recolección de muestras de heces se desarrolló entre los meses de diciembre 2018 a marzo 2019 en época de lluvia, con temperatura mínima de 5 °C y máxima de 14 °C, precipitación pluvial anual de 725 mm y humedad relativa de 61.83% (SENAMI, 2022).

Las muestras recolectadas fueron procesadas en el Laboratorio de Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria (FMV) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) en Lima, Perú.

### Animales

Se trabajó con 50 alpacas gestantes de raza Huacaya, clínicamente sanas, con edades de 3 a 12 años, criadas bajo un sistema de producción extensiva a base de pastos naturales, con un manejo controlado y calendarizado y cuyos registros de producción (parición, empadre, mortalidad y producción) se encuentran debidamente registrados en el CIP La Raya-UNAP.

Se empleó el programa WinEpi (Universidad de Zaragoza, España) para estimar el tamaño de muestra en base a las fórmulas de estimación de una proporción (para la evaluación de la prevalencia) y estimación de una media (para la carga de opg excretados en las heces) en base a los datos obtenidos de un muestreo piloto en 200 animales de la misma población que identificó 198/200 (99%) positivos. Con la fórmula de estimación de una proporción para una población finita (500 animales) con una proporción referencial de

0.99, precisión de 0.03 y un nivel de confianza del 95% se obtuvo una muestra mínima de 43 animales. Con la fórmula de estimación de una media para una población finita (500 animales), con un nivel de confianza del 95%, una desviación estándar de 184.6 y un error absoluto aceptado de 50, se obtuvo una muestra mínima de 48 animales. En el estudio se muestrearán 50 animales.

Las alpacas fueron distribuidas en tres grupos etarios: Grupo A (n=19) de 3-4 años, Grupo B (n=26) de 5-8 años, y Grupo C (n=5) de 9-12 años. Los animales estuvieron identificados con aretes metálicos, la gestación fue diagnosticada mediante palpación rectal y las fechas de parición fueron estimadas para diciembre o enero. Con la finalidad de estudiar la dinámica de excreción de ooquistes se realizaron muestreos periódicos durante siete semanas a fin de tener muestras correspondientes a las dos semanas antes y cuatro semanas posteriores al parto.

## Muestras

Las muestras fecales (5-10 g) fueron colectadas semanalmente y extraídas directamente del recto de los animales y conservadas en refrigeración hasta su análisis en el laboratorio. Se determinó la presencia de ooquistes mediante el método cualitativo de flotación fecal con solución saturada de azúcar siguiendo la metodología descrita por Sheather (Foreyt, 2002). La cantidad de ooquistes por gramo de heces (opg) fue determinada por el método cuantitativo de McMaster. Para la identificación de las especies de *Eimeria* se utilizaron las medidas descritas por Guerrero (1967), Guerrero *et al.* (1971) y Leguía y Casas (1999). Para la esporulación, los ooquistes fueron colocados en una copa de sedimentación con agua destilada e incubados a 15 °C (temperatura promedio durante el día en temporada de lluvias en el CIP La Raya) con un termostato automático para acuario Oct-50 50w (Ocean-

Aqua, India) y flujo de aire continuo, suministrado con un compresor de aire EHEIM air400 (EHEIM, Alemania). La temperatura fue monitoreada con un termómetro digital para acuario (Control Company, USA).

## Análisis de Datos

Los valores de opg de los tiempos de muestreo (preparto, parto, postparto) fueron introducidos en una plantilla de Excel (Microsoft, USA) para calcular la media, desviación estándar (DE), mediana y rango por grupo etario y especie de *Eimeria*. El análisis estadístico fue realizado con el programa Stata® 17 (Stata, USA). Se empleó la prueba de Kruskal Wallis para determinar diferencia entre la excreción de opg entre semanas de muestreo y grupos etarios, la correlación de Spearman para analizar la relación entre opg y edad, y la regresión de Poisson para estimar la razón de prevalencias.

## RESULTADOS

### Especies de *Eimeria*

Se encontró *E. punoensis*, *E. alpaca*, *E. lamae* y *E. macusaniensis*, pero no se halló *E. ivitaensis* (Figuras 1 y 2).

### Cinética de Excreciones de Ooquistes

El 86% (43/50) de las alpacas al parto presentaron ooquistes de *E. alpaca* y 98% (49/50) de *E. punoensis*, mientras que solamente el 10% (5/50) y el 6% (3/50) eliminó *E. lamae* y *E. macusaniensis*, respectivamente (Figura 3). El porcentaje de madres excretando ooquistes de *E. alpaca* y *E. punoensis* se incrementó desde la segunda semana preparto. Muy pocos animales excretaron *E. lamae* (10%) y ninguna hembra excretó *E. macusaniensis* en las dos primeras semanas preparto (Figura 3).

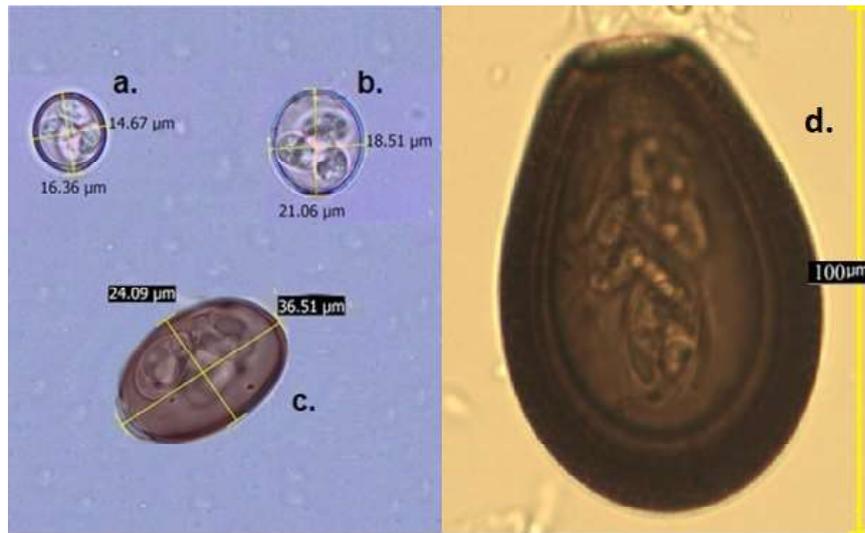


Figura 1. Especies de *Eimeria*. Ooquistes esporulados de *Eimeria punoensis* (a), *E. alpaca* (b), *E. lamae* (c) y *E. macusaniensis* (d). (100x). Fuente propia

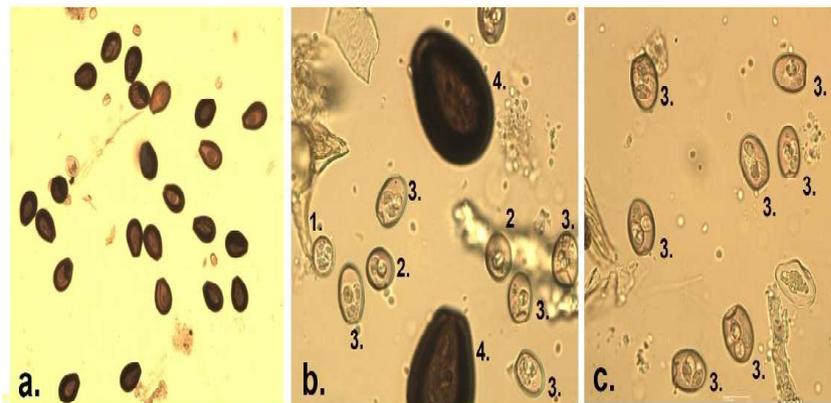


Figura 2. *Eimeria macusaniensis* por método de flotación con solución de Sheather. Muestra de cría de alpaca conteniendo ooquistes de *E. macusaniensis* y *E. alpaca*. Nótese la correcta ejecución del método que permite la visualización de los ooquistes (a) Ooquistes esporulados (b y c) de *E. punoensis* (1), *E. alpaca* (2), *E. lamae* (3) y *E. macusaniensis* (4). (400x). Fuente propia

La excreción de ooquistes por gramo (opg) de heces de *E. alpaca* y *E. punoensis* se fue incrementando alrededor y después del parto en los tres grupos etarios (Cuadro 1). La carga promedio de *E. alpaca* fue menor a 50 opg a las dos semanas preparto,

alcanzando 115.7 opg en el parto y 162.8 opg desde la segunda a la cuarta semana posparto, en tanto que las cargas de *E. punoensis* fueron de 70 opg a la segunda semana preparto, 110 opg al parto y 234 opg a la cuarta semana posparto. Por otro lado, los animales no

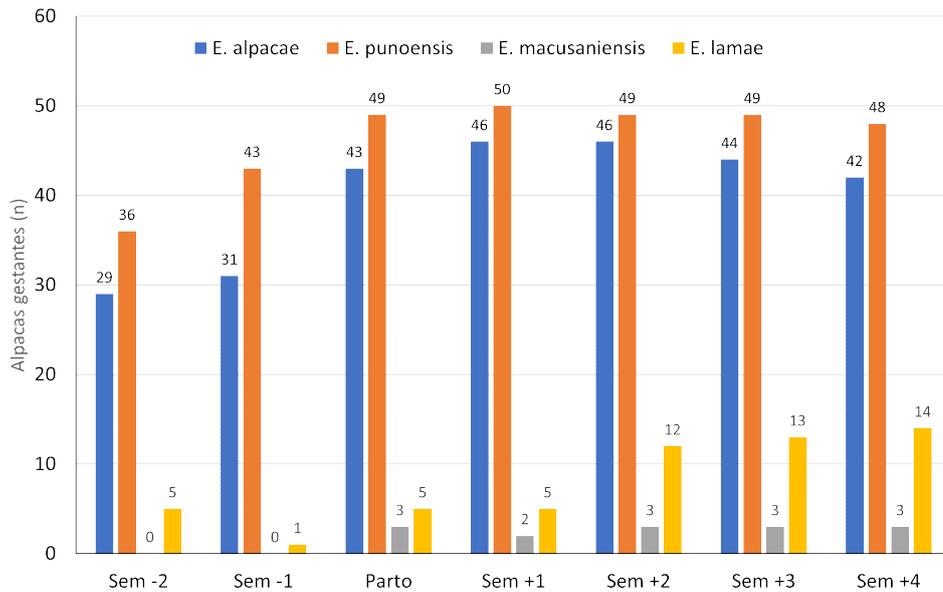


Figura 3. Alpacas positivas a de excreción de ooquistes de *Eimeria* spp durante las semanas del periparto (n=50)

excretaron cargas considerables de *E. macusaniensis* y *E. lamae* antes y después del parto. Los animales de los tres grupos etarios no excretaron *E. macusaniensis* en las dos primeras semanas antes del parto, detectándose cargas menores a 50 opg al parto que se mantuvieron hasta la cuarta semana posparto.

En cuanto a la excreción de opg por grupo etario, se observó que las alpacas madres más jóvenes (3-4 años) eliminaron mayores cargas de *E. alpaca* y *E. punoensis* en comparación con las de 5-8 y 9-12 años (Cuadro 2). Las madres de 3-4 años presentaron una excreción de opg de *E. lamae* mayor que los dos grupos restantes, mientras que, las excreciones de *E. macusaniensis* fueron relativamente bajas en los tres grupos etarios (Cuadro 2). Se encontró diferencia significativa entre las categorías A (3-4 años) y B (5-8 años) ( $p=0.0123$ ) y, principalmente, entre las dos semanas preparto y todas las de posparto (Cuadro 1), además de una correlación negativa muy baja (Spearman's

$\rho=-0.0538$ ) entre el número de opg y la edad ( $p=0.0468$ ).

Se observó diferencia estadística en los valores de opg entre las dos semanas preparto y las del posparto ( $p<0.05$ ), entre la semana previa al parto con la semana del parto ( $p=0.0313$ ) y todas las de posparto ( $p<0.001$ ), así como entre la semana del parto con la segunda ( $p=0.007$ ) y tercera semana posparto ( $p=0.0277$ ) (Cuadro 2). La carga de opg de *E. alpaca* y *E. punoensis* fue estadísticamente similar en las dos semanas previas al parto, así como entre *E. macusaniensis* y *E. lamae*. Sin embargo, a partir del parto hasta la semana 4 posparto se observó diferencia estadística entre *E. alpaca* y *E. punoensis* (Cuadro 2).

### Prevalencias de Eimerias

Los animales con *E. punoensis* presentaron 6.5 veces la prevalencia de aquellos parasitados con *E. alpaca* ( $p<0.001$ ; IC95% 2.33-18.13), mientras que, los animales con

Cuadro 1. Media de ooquistes de *Eimeria* spp por gramo (opg) de heces en alpacas madres del CIP La Raya, Puno, Perú (diciembre 2018 - marzo 2019) en las semanas del periparto (n = 50)

Especie	A (3-4 años) <sup>a</sup> (n=19)				B (5-8 años) <sup>a,b</sup> (n=26)				C (9-12 años) <sup>a,b</sup> (n=5)			
	<i>E. lamae</i>	<i>E. alpaca</i>	<i>E. punoensis</i>	<i>E. macusaniensis</i>	<i>E. lamae</i>	<i>E. alpaca</i>	<i>E. punoensis</i>	<i>E. macusaniensis</i>	<i>E. lamae</i>	<i>E. alpaca</i>	<i>E. punoensis</i>	<i>E. macusaniensis</i>
Semana												
-2 <sup>a</sup>	83	129	150	0	50	64	85	0	50	100	100	0
-1 <sup>a</sup>	50	100	83	0	0	88	165	0	0	50	120	0
Parto <sup>b</sup>	50	103	155	50	50	87	106	50	50	60	130	50
+1 <sup>b,d</sup>	50	139	242	50	50	104	244	0	0	75	160	50
+2 <sup>c,d</sup>	50	192	408	50	50	161	276	50	0	170	350	0
+3 <sup>c,d</sup>	50	132	384	0	50	93	248	50	50	100	210	50
+4 <sup>b,d</sup>	66	139	332	0	58	107	227	50	50	75	120	50
Alpacas												
(n)	12	19	19	2	14	26	26	3	4	5	5	2
(%)	63.2	100	100	10.5	53.8	100	100	11.5	80	100	100	40

Prueba de Kruskal Wallis y comparación múltiple de medianas como análisis post hoc

<sup>a,b,c,sd</sup> Superíndices diferentes evidencian diferencia significativa (p<0.05)

*E. macusaniensis* y *E. lamae* presentaron un 0.1% de prevalencia en comparación con *E. alpaca* (p<0.001; IC95% 0.001-0.003) (Cuadro 3).

## DISCUSIÓN

Las elevadas tasas de mortalidad neonatales en las explotaciones alpaqueras andinas son causadas, principalmente, por agentes infecciosos que se presentan en los primeros meses de vida (Ameghino y DeMartini, 1991; Rosadio *et al.*, 2012). Informaciones históricas recolectadas en dos empresas asociativas en el sur peruano evidenciaron pérdidas sustanciales asociadas a cuadros de enterotoxemia y neumonías agudas (Ameghino y DeMartini, 1991). Estudios recientes sobre la etiopatogenia de la entero-

toxemia demuestran que este proceso patológico no sería exclusivamente producto de infecciones clostridiales, sino, de un síndrome asociativo (coinfeción) predominante de *Eimeria* spp y *Clostridium perfringens* (Palacios *et al.*, 2006; Rosadio *et al.*, 2012). Esto ha conllevado a realizar estudios sobre presentaciones patológicas y prevalencia de eimeriosis en establecimientos alpaqueros que evidencian altas tasas de infecciones en neonatos durante los primeros meses de vida (Rodríguez *et al.*, 2012), sugiriendo que estas infecciones tempranas son producto de infecciones crónicas y asintomáticas de las madres gestantes que excretan ooquistes durante la época de parición, o bien atribuidas a la persistencia de formas infecciosas (contaminaciones ambientales) en los potreros o «canchas de parición» (Rodríguez *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Totales y media de ooquistes de *Eimeria* spp por gramo (opg) de heces en alpacas madre del CIP La Raya, Puno, Perú (diciembre 2018 - marzo 2019) en las semanas del periparto (n = 50)

Semana		<i>E. alpaca</i> <sup>e</sup>	<i>E. punoensis</i> <sup>b</sup>	<i>E. macusaniensis</i> <sup>c</sup>	<i>E. lamae</i> <sup>c</sup>	Total general	p value*	
-2 <sup>a</sup>	Total	2,200	3,500	0	300	6,000	<0.001	
	Promedio	44	70	0	6	120		<i>E. alpaca</i> <sup>a</sup>
	DS	83	103	0	24	185		<i>E. punoensis</i> <sup>a</sup>
	Mediana (p50)	0	50	0	0	50		<i>E. macusaniensis</i> <sup>b</sup>
	N	29	36	0	5	43		<i>E. lamae</i> <sup>b</sup>
	Prevalencia (%)	58.0	72.0	0	10.0	86.0		
-1 <sup>a</sup>	Total	2,200	4,600	0	0	6,800	<0.001	
	Promedio	86	92	0	0	136		<i>E. alpaca</i> <sup>a</sup>
	DS	73	161	0	0	204		<i>E. punoensis</i> <sup>a</sup>
	Mediana (p50)	0	50	0	0	50		<i>E. macusaniensis</i> <sup>b</sup>
	N	31	43	0	1	46		<i>E. lamae</i> <sup>b</sup>
	Prevalencia (%)	62.0	86.0	0	2.0	92.0		
Parto <sup>b,c</sup>	Total	2,950	5,500	0	100	15,600	<0.001	
	Promedio	116	110	0	2	171		<i>E. alpaca</i> <sup>a</sup>
	DS	78	137	0	10	184		<i>E. punoensis</i> <sup>b</sup>
	Mediana (p50)	50	75	0	0	125		<i>E. macusaniensis</i> <sup>c</sup>
	N	43	49	3	50	49		<i>E. lamae</i> <sup>c</sup>
	Prevalencia (%)	86.0	98.0	6.0	10.0	98.0		
+1 <sup>b,d</sup>	Total	4,500	10,900	50	150	15,600	<0.001	
	Promedio	176	218	1	3	312		<i>E. alpaca</i> <sup>a</sup>
	DS	121	270	7	12	353		<i>E. punoensis</i> <sup>b</sup>
	Mediana (p50)	50	150	0	0	200		<i>E. macusaniensis</i> <sup>c</sup>
	N	46	50	2	5	50		<i>E. lamae</i> <sup>c</sup>
	Prevalencia (%)	92.0	100.0	4.0	10.0	100.0		
+2 <sup>c,d</sup>	Total	7,550	15,950	0	100	23,600	<0.001	
	Promedio	297	319	0	2	472		<i>E. alpaca</i> <sup>a</sup>
	DS	182	335	0	10	485		<i>E. punoensis</i> <sup>b</sup>
	Mediana (p50)	100	250	0	0	375		<i>E. macusaniensis</i> <sup>c</sup>
	N	46	49	3	12	49		<i>E. lamae</i> <sup>c</sup>
	Prevalencia (%)	92.0	98.0	6.0	24.0	98.0		
+3 <sup>c,d</sup>	Total	4,500	14,200	0	50	18,750	<0.001	
	Promedio	176	284	0	1	375		<i>E. alpaca</i> <sup>a</sup>
	DS	100	246	0	7	322		<i>E. punoensis</i> <sup>b</sup>
	Mediana (p50)	75	200	0	0	300		<i>E. macusaniensis</i> <sup>c</sup>
	N	44.0	49.0	3	13	49		<i>E. lamae</i> <sup>c</sup>
	Prevalencia (%)	88.0	98.0	6.0	26.0	98.0		
+4 <sup>b,d</sup>	Total	4,150	11,700	0	300	16,150	<0.001	
	Promedio	163	234	0	6	323		<i>E. alpaca</i> <sup>a</sup>
	DS	105	303	0	26	391		<i>E. punoensis</i> <sup>b</sup>
	Mediana (p50)	25	150	0	0	175		<i>E. macusaniensis</i> <sup>c</sup>
	N	42	48	3	14	49		<i>E. lamae</i> <sup>c</sup>
	Prevalencia (%)	84.0	96.0	6.0	28.0	98.0		

Prueba de Kruskal Wallis y comparación múltiple de medianas como análisis post hoc

<sup>a,b,c,d</sup> Superíndices diferentes evidencian diferencia significativa (p<0.05)

El n del total general representa a todos los animales que salieron positivos para al menos una especie de *Eimeria*

Cuadro 3. Análisis de regresión de Poisson entre la carga parasitaria con respecto a la especie de *Eimeria* (n=50 alpacas)

	Carga parasitaria					
	PRc	P value	IC 95%	PRa*	P value	IC 95%
<i>E. alpaca</i>	1 (Ref)			1 (Ref)		
<i>E. punoensis</i>	6.5	<0.001	2.29; 18.45	6.5	<0.001	2.33; 18.13
<i>E. macusaniensis</i>	0.001	<0.001	0.001; 0.003	0.003	<0.001	0.001; 0.002
<i>E. lamae</i>	0.001	<0.001	0.001; 0.003	0.003	<0.001	0.001; 0.002

PRc: razón de prevalencias cruda, PRa: razón de prevalencias ajustada

\*Ajustado por grupo etario y semana

Las observaciones sobre la dinámica de excreciones de ooquistes en los tres grupos etarios revelan que todos los animales gestantes llegan al parto excretando altas cargas de ooquistes, principalmente, de *E. alpaca* (2950 opg) y *E. punoensis* (5500 opg) y cantidades casi nulas (<50 opg) y leves (100 opg) de *E. macusaniensis* y *E. lamae*, respectivamente (Figura 3, cuadros 1 y 2), pero sin detectarse la presencia de *E. ivitaensis*. Se dispone de pocos estudios sobre excreciones de eimerias en animales gestantes; sin embargo, análisis coprológicos en 161 alpacas en el segundo tercio de gestación de tres comunidades campesinas de la sierra central del país mostraron excreciones de *Eimeria* spp (31.7%) y *E. macusaniensis* (4.3%) (Rosadio *et al.*, 2012), lo que sugiere que las madres gestantes podrían ser fuentes de infecciones para los neonatos durante el parto y en días posteriores.

Los resultados muestran que las 50 madres incrementan las excreciones de eimerias pequeñas desde la segunda semana preparto (promedios: 44 y 70 opg) hasta la parición (promedios: 116 y 110 opg) de *E. alpaca* y *E. punoensis*, respectivamente (Cuadro 2). Estas excreciones aumentaron sobre todo en la segunda y tercera semana después del parto (Figura 3, Cuadro 2), evi-

denciando que las madres serían fuentes de contaminaciones ambientales y posibles causas de infecciones para la progenie. Estos datos coinciden con la mayoría de los reportes sobre prevalencia de estas dos especies de *Eimeria* en camélidos domésticos adultos (Leguía y Casas 1999; Camareno *et al.*, 2016) y silvestres (Jarvinen, 1999; Beltrán-Saavedra *et al.*, 2011; Cafrune *et al.*, 2014; Hyuga y Matsumoto, 2016; Enríquez *et al.*, 2019). Las madres estudiadas incrementaron 2-6 X las excreciones de *E. alpaca* y 1.5 X de *E. punoensis* al momento de la parición en comparación con las dos semanas previas al parto (Cuadro 1).

Se observó un incremento de ooquistes en heces hasta la cuarta semana posparto, posiblemente debido a un desbalance fisiológico y/o hormonal por el parto (Taylor y Catchpole, 1994; Kehrlí *et al.*, 1999), por lo que serían posibles fuentes de contaminación ambiental y/o infección para sus respectivas crías. Interesantemente, las excreciones de las eimerias consideradas más patogénicas (*E. lamae* y *E. macusaniensis*) fueron casi nulas o mínimas antes del parto (Figura 3, Cuadro 1). Asimismo, ninguna alpaca excretó *E. macusaniensis* antes del parto y solo el 6% (3/50) comenzó a eliminar cargas mínimas en el parto, sin que se eleven las cargas

en las semanas siguientes. Estos resultados permiten sugerir que las madres serían responsables de infecciones tempranas en neonatos a partir de la segunda semana de edad como lo reportan Leguía y Casas (1999), y los resultados positivos de 28/30 crías analizadas al término del estudio (28 días) con una carga promedio de 446.2 opg de las tres eimerias pequeñas (datos no publicados). Además, los resultados negativos de *E. macusaniensis* en los neonatos corroboran que la infección por esta especie es, preferentemente, a partir de los 45 días de edad (Rodríguez *et al.*, 2012).

Las madres de menores edades eliminan mayores cargas ooquisticas (Cuadro 1), coincidiendo con las referencias que indican que los animales jóvenes son altamente susceptibles a infecciones subclínicas de eimeriosis (Dubey, 2018). Los animales del estudio no mostraron signos clínicos asociados a infecciones parasitarias, pero mostraron un pobre estado de carnes (datos no registrados). Las 50 alpacas eliminaron un total de 6000 opg de las eimerias estudiadas en las dos semanas previas al parto, aumentando hasta 8500 opg en el parto y alcanzando 15 600, 23 600, 18 750 y 16 150 opg en las primeras cuatro semanas postparto, respectivamente (Cuadro 2), siendo mayormente de *E. alpaca* y *E. punoensis* (Cuadro 2). Estas excreciones totales son menores a lo reportado por Camareno *et al.* (2016) y los incrementos podrían ser explicados por reactivaciones de formas inmaduras producto de un probable deterioro inmunológico ocasionado por el estrés del parto (Roth, 1985; Taylor y Catchpole, 1994; Kehrli *et al.*, 1999; Taylor *et al.*, 2010).

El presente estudio demuestra que, a pesar de que los animales adultos han estado expuestos a infecciones coccidiales durante su vida productiva en condiciones naturales y, supuestamente, haber adquirido cierta inmunidad, las hembras incrementan las excreciones de ooquistes de eimerias pequeñas, incluyendo a *E. lamae*, como resultado de posibles reactivaciones parasitarias *in*

*vivo*, especialmente en la segunda y tercera semana posparto, periodo que coincide con la edad de mayor susceptibilidad de las crías (Rosadio *et al.*, 2010). Asimismo, se evidencia eliminaciones dobles y triples de distintas especies (datos no publicados) de *Eimeria* spp y, a pesar de estas infecciones mixtas, no se observaron alteraciones clínicas, como han sido reportadas por otros autores (Palacios *et al.*, 2004, 2005); Chigerwe *et al.*, 2007; Cebra *et al.*, 2007). No obstante, estas infecciones mixtas corroboran que las madres gestantes son portadores asintomáticos y diseminadoras de *Eimerias* spp en el periodo perinatal; no obstante, se encontró que las madres no serían fuente importante de infección de una de las especies más patogénicas (*E. macusaniensis*).

## CONCLUSIONES

- Las alpacas gestantes llegan al parto infectadas y diseminan, predominantemente, *Eimeria punoensis*, *E. alpaca*, y excretan cantidades mínimas de *E. lamae* y *E. macusaniensis*.
- La mayor frecuencia de excreción de ooquistes de las eimerias pequeñas se registró en la segunda y tercera semana posparto, mientras que la eliminación de *E. lamae* se observó a partir de la segunda semana posparto.
- Las madres gestantes serían fuente de infección de la *E. alpaca* y *E. punoensis* para las crías desde el momento del parto y de *E. lamae* a partir de la segunda semana posparto.
- Las mínimas excreciones de *E. macusaniensis* evidencian, aparentemente, que las madres gestantes no serían posibles fuentes de infección para los neonatos.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro de Investigación y Producción «La Raya» (CIP) de la Universidad Nacional del Altiplano

(UNAP), Puno, Perú, por permitir uso de la infraestructura y de los animales para la ejecución del trabajo; a la Dra. Amanda Chávez Velásquez, quien facilitó el uso de las instalaciones del Laboratorio de Parasitología de la FMV-UNMSM para el procesamiento de las muestras fecales; y a la Dirección de Investigación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas por el apoyo brindado para la realización de este trabajo de investigación a través del incentivo UPC-B-092-2021.

#### LITERATURA CITADA

1. **Ameghino E, DeMartini J. 1991.** Mortalidad en crías de alpacas. Boletín de Divulgación del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. p 71-80.
2. **Beltrán-Saavedra LF, Nallar-Gutiérrez R, Ayala G, Limachi M, Gonzales-Rojas JL. 2011.** Estudio sanitario de vicuñas en silvestría del Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 46: 14-27.
3. **Brenes ER, Madrigal K, Pérez F y Valladares K. 2001.** El cluster de los camélidos en Perú: diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas. Instituto Centroamericano de Administración de Empresas (INCAE). 71 p.
4. **Cafrune MM, Romero SR, Aguirre DH. 2014.** Prevalence and abundance of *Eimeria* spp infection in captive vicuñas (*Vicugna vicugna*) from the Argentinean Andean Altiplano. *Small Ruminant Res* 120: 150-154. doi: 10.1016/j.smallrumres.2014.04.013
5. **Camareno E, Chávez A, Pinedo R, Leyva V. 2016.** Prevalencia de *Eimeria* spp en alpacas de dos comunidades del distrito de Macusani, Puno, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 27: 573-580. doi: 10.15381/rivep.-v27i3.11990
6. **Cebra CK, Valentine BA, Schlipf JW, Bildfell RJ, McKenzie E, Waitt LH, Heidel JR, et al. 2007.** *Eimeria macusaniensis* infection in 15 llamas and 34 alpacas. *J Am Vet Med Assoc* 230: 94-100. doi: 10.2460/javma.230.1.94
7. **Cid M. 2010.** Sanidad de alpacas en la etapa neonatal. Madrid, España: Ed Complutense. 151 p.
8. **Chigerwe M, Middleton JR, Williams F 3<sup>rd</sup>, Tyler JW, Kreeger JM. 2007.** Atypical coccidiosis in South American camelids. *J Vet Diagn Invest* 19: 122-125. doi: 10.1177/104063870701900123
9. **Díaz P, Panadero R, López R, Cordeiro, Pérez A, López C, Fernández G, et al. 2016.** Prevalence and risk factors associated to *Eimeria* spp infection in unweaned alpacas (*Vicugna pacos*) from Southern Peru. *Acta Parasitol* 61: 74-78. doi: 10.1515/ap-2016-0008
10. **Dubey JP. 2018.** A review of coccidiosis in South American camelids. *Parasitol Res* 117: 1999-2013. doi: 10.1007/s00436-018-5890-y
11. **Enríquez C, Chávez A, Watanabe R. 2019.** Coccidia in wild South American camelids (*Vicugna vicugna*) from Peru. In: 35<sup>th</sup> World Veterinary Association Congress. Costa Rica.
12. **Foreyt WJ. 2002.** Veterinary Parasitology Reference Manual. 5<sup>a</sup> ed. New York: Wiley & Sons. 256 p.
13. **Guerrero CA. 1967.** Coccidia (Protozoa: Eimeriidae) of the alpaca (*Lama pacos*). *J Protozool* 14: 613-616. doi: 10.1111/j.1550-7408.1967.tb02050.x
14. **Guerrero CA, Hernández J, Bazalar H, Alva J. 1971.** *Eimeria macusaniensis* (Protozoa: Eimeriidae) of the alpaca *Lama pacos*. *J Protozool* 18: 162-163. doi: 10.1111/j.1550-7408.1971.tb03299.x
15. **Guerrero C, Leguía G. 1987.** Enfermedades infecciosas y parasitarias de alpacas. *Rev Camélidos Sudamericanos* 4: 32-82.
16. **Hyuga A, Matsumoto J. 2016.** A survey of gastrointestinal parasites of alpacas (*Vicugna pacos*) raised in Japan. *J Vet Med Sci* 78: 719-721. doi: 10.1292/jvms.-15-0546

17. **Jarvinen JA. 1999.** Prevalence of *Eimeria macusaniensis* (Apicomplexa: Eimeriidae) in midwestern *Lama* spp. *J Parasitol* 85: 373-376. doi: 10.2307/3285651
18. **Kadwell M, Fernandez M, Stanley, HF, Baldi R, Wheeler JC, Rosadio R, Bruford MW. 2001.** Genetic analysis reveals the wild ancestor of the llama and alpaca. *Proc Royal Society London B* 268 (1485): 2575-2584. doi: 10.1098/rspb.2001.1774
19. **Kehrli M, Kimura K, Goff JP, Stabel JR, Nonnecke BJ. 1999.** Immunological dysfunction in periparturient cow - What role does it play in postpartum infectious diseases? In: *The Bovine Proceedings* 32. USA: American Association of Bovine Practitioners.
20. **Leguía G, Casas E. 1999.** Enfermedades parasitarias de camélidos sudamericanos y atlas parasitológico de camélidos sudamericanos. Lima: Ed de Mar. 190 p.
21. **Palacios C, Tabacchi L, Chavera A, López T, Santillán G, Sandoval N, et al. 2004.** Eimeriosis en crías de alpacas: estudio anatómo histopatológico. *Rev Inv Vet Perú* 15: 174-178. doi: 10.15381/rivep.v15i2.1602
22. **Palacios C, Perales R, Chavera A, López MT. 2005.** Caracterización anatómo-histopatológica de enteropatías causantes de mortalidad en crías de alpacas. *Rev Inv Vet Perú* 16: 34-40. doi: 10.15381/rivep.v16i1.1527
23. **Palacios CA, Perales RA, Chavera AE, López MT, Braga WU, Moro M. 2006.** *Eimeria macusaniensis* and *Eimeria ivitaensis* co-infection in fatal cases of diarrhea in young alpacas (*Lama pacos*) in Peru. *Vet Rec* 158: 344-345. doi: 10.1136/vr.158.10.344
24. **Rodríguez A, Casas E, Luna L, Gaviria C, Zanabria V, Rosadio R. 2012.** Eimeriosis en crías de alpacas: prevalencia y factores de riesgo. *Rev Inv Vet Perú* 23: 289-298. doi: 10.15381/rivep.v23i3.911
25. **Rojas M, Manchego A, Rocha CB, Fornells L, Silva R, Mendes GS, Días HG, et al. 2016.** Outbreak of diarrhea among preweaning alpacas (*Vicugna pacos*) in the southern Peruvian Highland. *J Infect Dev Ctries* 10: 269-274. doi: 10.103855/jidc.7398
26. **Rosadio R, Ameghino E. 1994.** Coccidial infections in neonatal Peruvian alpacas. *Vet Rec* 135: 459-460. doi: 10.1136/vr.135.19.459
27. **Rosadio R, Londoño P, Pérez D, Castillo H, Véliz A, Llanco L, Yaya K, Maturrano L. 2010.** *Eimeria macusaniensis* associated lesions in neonate alpacas dying from enterotoxemia. *Vet Parasitol* 168: 116-120. doi: 10.1016/j.vetpar.2009.10.010
28. **Rosadio R, Maturrano L, Pérez D, Luna L. 2012.** El complejo entérico neonatal en alpacas andinas. *Rev Inv Vet Perú* 23: 261-271. doi: 10.15381/rivep.v23i3.908
29. **Roth JA. 1985.** Cortisol as mediator of stress-associated immune suppression in cattle. In: Moberg GP (ed). *Animal stress*. Baltimore Waverly Press. p 225-243.
30. **SENAMI. 2022.** Lima: Ministerio del Ambiente. [Internet]. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
31. **Taylor MA, Andrews AH, Alzieu JP, Holzhauer M, Kaske M, Willemsen M. 2010.** Role of immunity in the management and control of bovine coccidiosis. *Vet Rec* 166: 831-832. doi: 10.1136/vr.c3357
32. **Taylor MA, Catchpole J. 1994.** Review article: coccidiosis of domestic ruminants. *Appl Parasitol* 35: 73-86.