

Estudio microbiológico de la leche en cabras con mastitis subclínica en dos áreas geográficas de Ecuador



<https://cu-id.com/2248/v46e10>

Microbiological study of goat milk with subclinical mastitis in two geographical regions of Ecuador

✉Cristhian Sagbay Díaz^{1*}, ✉Luis Rodrigo Saa², ✉Froilán Patricio Garnica Marquina³,
✉Mónica Judith Espadero Bermeo⁴, ✉Cristófol Peris Ribera¹

¹Institut de Ciència i Tecnologia Animal, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022 Valencia, España. cperis@dca.upv.es

²Laboratorio de Sanidad Animal, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto s/n, 11 01 608, Loja, Ecuador. lrsaa@utpl.edu.ec

³Grupo de investigación GLOBALGEN, Universidad Politécnica Salesiana, Calle Vieja 12-30 y Elia Liut, 010105, Cuenca, Ecuador. fgarnica@ups.edu.ec

⁴Grupo de investigación GI-IATA, Universidad Politécnica Salesiana, Calle Vieja 12-30 y Elia Liut, 010105, Cuenca, Ecuador. mespadero@ups.edu.ec

RESUMEN: Para determinar la situación de la mastitis subclínica caprina en Ecuador, se muestrearon 255 cabras de 47 explotaciones distribuidas en dos zonas geográficas (Montaña y Llano). De cada cabra se registraron los resultados del análisis bacteriológico en muestras de leche previo al ordeño y de la leche ordeñada la producción de leche, el recuento de células somáticas (RCS), la composición química y el punto de congelación. La prevalencia de infección intramamaria (IIM) subclínica fue del 42,4 %, y varió significativamente ($p < 0,05$) en los factores raza (más elevada en las razas Otras 61,9 % y Cruces 52,6 % respecto a las razas Saanen 41,0 % y Criolla 35,4 %) y la zona geográfica (superior en granjas de Montaña 49,2 % que en Llano 36,1 %). La prevalencia también fue ligeramente mayor en cabras de ≥ 3 partos, si bien el factor número de parto no alcanzó a ser significativo. El 90 % de las IIM fueron causadas por estafilococos coagulasa negativo (ECN), un 5 % por *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) y el 5 % restante por bacterias Gram negativas. Las cabras con mastitis subclínica mostraron un RCS más elevado en comparación con las cabras libres de IIM ($\log_{10} \text{RCS cels/mL} = 5,98 \pm 0,06$ vs. $5,74 \pm 0,05$, $p < 0,001$). Las IIM por *S. aureus* fueron las que mostraron mayor incremento del RCS ($\log_{10} \text{RCS cels/mL} = 6,52 \pm 0,23$), seguidas por los ECN ($5,93 \pm 0,05$) y las no infectadas ($5,66 \pm 0,04$), presentando diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sí. Las bacterias Gram negativas aisladas apenas modificaron el RCS ($\log_{10} \text{RCS} = 5,68 \pm 0,21$). La producción de leche y las variables registradas de calidad de la leche no difirieron significativamente entre las ubres sanas y las afectadas por IIM.

Palabras clave: Mastitis, cabras, estafilocos coagulasa negativo, *S. aureus*, conteo de células somáticas.

ABSTRACT: To determine the situation of subclinical mastitis in Ecuador, 255 goats were sampled from 47 farms distributed in two geographic regions (mountain and plain). The results of bacteriological analysis of pre-milking and milking milk samples milk production, somatic cell count (SCC), chemical composition, and freezing point, were obtained from each goat. The prevalence of subclinical intramammary infection (IMI) was 42,4 %. It varied significantly ($p < 0,05$) by breed; higher in the breeds: Others 61,9 % and Crossbreeds 52,6 % compared to Saanen 41,0 % and Creole 35,4 %. Regarding geographical regions, it was higher in farms in the mountain region 49,2 % than in the plain region 36,1 %. Prevalence was also slightly higher in goats with ≥ 3 births, although the number of births was not significant. A 90 % of IMI were caused by coagulase-negative staphylococci (CNS), 5 % by *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) and the remaining 5 % by Gram-negative bacteria. Goats with subclinical mastitis showed higher SCC compared to IMI-free goats ($\log_{10} \text{SCC cels/mL} = 5,98 \pm 0,06$ vs. $5,74 \pm 0,05$, $p < 0,001$). IMI by *S. aureus* exhibited the highest increase in SCC ($\log_{10} \text{SCC cels/mL} = 6,52 \pm 0,23$), followed by CNS ($5,93 \pm 0,05$) and those not infected ($5,66 \pm 0,04$), showing significant differences ($p < 0,05$) among them. The isolated Gram-negative bacteria hardly modified SCC ($\log_{10} \text{SCC} = 5,68 \pm 0,21$). Milk yield and the milk quality variables registered did not differ significantly between healthy and IMI-affected udders.

Key words: Mastitis, goats, coagulase-negative staphylococci, *S. aureus*, somatic cell count.

INTRODUCCIÓN

La leche de cabra es una fuente nutricional importante en Ecuador y se reconocen sus propiedades y su capacidad para ofrecer beneficios para la salud (1). La identificación precisa de los patógenos asociados con la mastitis subclínica en cabras es crucial para implementar medidas efectivas de prevención y control. Conocer los agentes causales

específicos permite una mejor comprensión de la epidemiología de la enfermedad y facilita la selección de estrategias terapéuticas adecuadas, incluida la elección de antimicrobianos apropiados. Además, el conocimiento de los patógenos contribuye a mitigar el riesgo de resistencia antimicrobiana y garantiza la seguridad alimentaria al reducir la presencia de residuos de antibióticos en los productos lácteos (2).

*Correspondencia a: Cristhian Sagbay Díaz. E-mail: crisagdi@posgrado.upv.es

Recibido: 14/03/2024

Aceptado: 15/05/2024

Los trabajos realizados sobre mastitis caprina (2-10) encuentran que los estafilococos son los patógenos más prevalentes, siendo *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) el principal germen causante de mastitis clínicas y los estafilococos coagulasa negativos (ECN) los principales causantes de la mastitis subclínica, lo que representa más del 50% de los casos. Otros agentes causantes de esta enfermedad suelen ser menos frecuentes: micoplasmas, estreptococos y, entre los bacilos Gram negativos, *Escherichia coli* y *Pseudomona* spp. También se pueden encontrar *Arcanobacterium pyogenes*, *Corynebacterium* spp, *Pasteurellaceae* y *Clostridium perfringens*. Finalmente se debe destacar, por su tropismo a las glándulas mamarias, el virus de la artritis-encefalitis caprina.

Entre los principales factores de riesgo se identifican factores genéticos (por ejemplo, la raza), el número y estado de lactación de los animales, el manejo del ordeño (máquina y rutina de ordeño), la higiene de los alojamientos, las condiciones medioambientales y, en general, el manejo del rebaño (11-13).

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador, en este país existen 23 789 cabezas de ganado caprino (14) que se explotan con frecuencia con un doble propósito (carne, leche). En la actualidad las principales razas caprinas lecheras que se explotan en Ecuador son: Criolla, Saanen y Anglo Nubian, si bien son muy frecuentes los animales mestizos (15). Las cabras criollas suelen tener una producción lechera baja (promedio de 390 mL/día) (16) y se explotan en sistemas extensivos y semi-extensivos (17,18), con predominio del ordeño manual, realizado una vez al día (18). Respecto a la calidad higiénica de la leche de cabra, se ha observado un bajo porcentaje de animales que exceden el rango establecido por la normativa NTE INEN 2624 para leche cruda de cabra en Ecuador, especialmente en las provincias de Pichincha (5% de casos) y Carchi (4%) (19).

Tan solo se dispone de un trabajo que haya estudiado la presencia de mastitis caprina en Ecuador (19), que fue un trabajo muy limitado, puesto que se llevó a cabo en solo dos hatos lecheros, con un número reducido de análisis bacteriológicos (60 análisis de cabras con un RCS superior a 700.000 células/mL). Dada la escasa información que se dispone sobre esta temática, se ha planteado este trabajo con el objetivo principal de estudiar la prevalencia y etiología de la mastitis subclínica caprina en dos áreas geográfica de este país sudamericano. De forma secundaria se pretende conocer la relación de la presencia de infección intramamaria (IIM) con el recuento de células somáticas (RCS) y la producción y calidad de la leche. Esta información permitirá establecer en un futuro programas para la mejora de la salud y productividad de los rebaños caprinos en Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales, granjas y zonas geográficas

El trabajo de campo de este estudio se llevó a cabo entre los meses de marzo, abril y mayo del año 2023. Se utilizó un total de 255 cabras situadas en 47 granjas de caprino de lechero de Ecuador. En cada granja se muestrearon de tres a seis cabras en lactación elegidas al azar en el rebaño. Las granjas se distribuían en dos zonas geográficas: zona de Montaña (n=21; norte y centro del país, en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Azuay) y zona de Llano (n=26; sur y suroeste del país, en las provincias de Loja y Santa Elena). La zona de Montaña posee un clima templado semihúmedo a húmedo, con temperaturas entre 2 y 24°C, y precipitaciones anuales entre 636 y 3000 mm, con altitudes entre 2560 y 3032 m.s.n.m. La zona de Llano se caracteriza por tener un clima semiárido con inviernos fríos y húmedos, y sequías prolongadas; las temperaturas oscilan entre 20 y 30°C, las precipitaciones anuales varían entre 300 y 500 mm, y las altitudes van desde 0 hasta 800 m.s.n.m.) (20). En la **Tabla 1** se detalla la distribución de los animales muestreados según la raza, número de lactación y zona geográfica (**Figura 1**).

En la zona de Llano casi todas las granjas ordeñaban a mano (96%), y todas ordeñaban una vez al día. Sin embargo, en la zona de Montaña 6 granjas ordeñaban a máquina (29% de las granjas) y 14 granjas (2 con ordeño mecánico, 2 con ordeñadora portátil y 10 con ordeño manual) ordeñaban dos veces al día (67%).

Toma de muestras y registro de la producción de leche

Para la determinación del tamaño de muestra se utilizaron los siguientes parámetros: un nivel de confianza del 95%, una prevalencia esperada del 20% (21,22), un margen de error del 5% y una población total de 23,789 animales, estos datos fueron ingresados en el programa en línea Working in Epidemiology para su procesamiento (23). El tamaño de la muestra inicial calculado fue de 244 individuos, lo que representa una fracción de muestreo del 1,03%. Posteriormente, se ajustó el tamaño de la muestra a 255 animales.

Las visitas a las granjas se realizaron por la mañana. Antes de ordeñar una cabra se tomó una muestra de leche, en tubo estéril, procedente de ambos pezones para el análisis microbiológico (detección de mastitis subclínica). Para ello se siguieron los siguientes pasos de acuerdo con las pautas del National Mastitis Council (NMC) de EEUU (24). Se descartaron los primeros chorros de leche, a continuación, se limpió el extremo del pezón con algodón empapado con una solución de alcohol al 70% y, finalmente, se extrajeron 2 mL de leche por glándula, manteniendo

el tubo en un ángulo de 45°. Cada tubo, que contenía alrededor 4 mL de leche, fue debidamente etiquetado para su identificación. Las muestras se refrigeraron a temperaturas de 0 - 5 °C durante un máximo de 3 horas durante el proceso de muestreo. Posteriormente, se procedió a congelar las muestras a temperaturas entre -15 y -20 °C hasta el momento del análisis.

Tras el ordeño de cada cabra, se registró la producción de leche. En las granjas que ordeñaban dos veces al día (todas en la zona de Montaña) la producción de leche diaria de cada animal se estimó multiplicando la producción de leche del control por un factor calculado a partir del intervalo horario del ordeño anterior al que se llevó a cabo el muestreo. A partir de la leche ordeñada de cada animal se

recogieron dos muestras, de unos 40 mL cada una, en frascos de polipropileno con cierre hermético. Una de estas muestras contenía Bronopol como conservante (8 mg de Bronopol y 0,30 mg de natamicina; Broad Spectrum Microtabas® II, Advanced Instruments) y se utilizó para el análisis de la composición y el RCS. La segunda muestra no tenía ningún conservante y se destinó al análisis del punto de congelación de la leche. Las muestras permanecieron en refrigeración (0-5°C; muestras con conservante) o en congelación (-15 a -20°C; muestras sin conservante) un máximo de 3 días antes de ser enviadas al laboratorio. Este se realizó en paquetes refrigerados, con placas de gel congelado, utilizando una compañía de transporte urgente (< 14 h desde el envío hasta la entrega en el laboratorio).

Tabla 1. Distribución de todas las cabras muestreadas (n=255) según la zona donde ubica la granja (Montaña o Llano), la raza del animal y el número de partos (NP = 1, 2 y ≥ 3). / *Distribution of all goats sampled (n=255) according to the region where the farm is located (mountain or plain), animal breed and the number of births (NP = 1, 2 and ≥ 3).*

Raza	Montaña			Llano			Todas
	NP 1	NP 2	NP ≥ 3	NP 1	NP 2	NP ≥ 3	
Criolla	-	-	-	15	27	54	96
Saanen	15	31	47	1	-	6	100
Otras*	2	5	7	-	4	3	21
-Alpina	1	5	5	-	2	-	13
-Anglonubian	1	-	2	-	2	2	7
-Toggenburg	-	-	-	-	-	1	1
Cruces	5	3	7	2	4	17	38
-Anglonubian*Criolla	-	-	-	1	4	12	17
-Saanen*Alpina	5	3	6	-	-	-	14
-Saanen*Anglonubian	-	-	1	-	-	2	3
-Saanen*Criolla	-	-	-	1	-	3	4
Todas	22	39	61	18	35	80	255

*Se consideran como Otras a estas razas, sin embargo, ninguna mantenía registros oficiales de pureza.

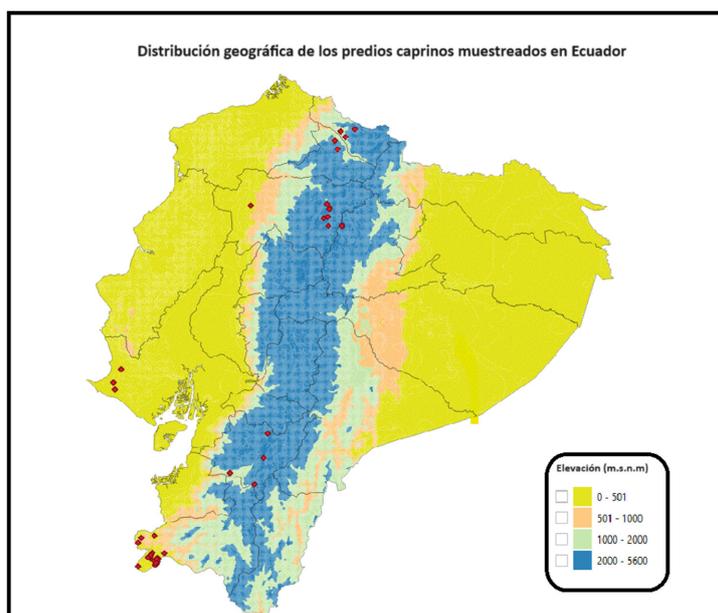


Figura 1. Mapa de predios caprinos muestreados en Ecuador. / *Map of goat farms sampled in Ecuador.*

Análisis microbiológico

En este trabajo se consideró que una ubre estaba afectada de mastitis subclínica cuando presentaba una infección intramamaria detectada con el análisis microbiológico que a continuación se detalla. Por otra parte, la prevalencia de mastitis subclínica se calculó como:

$$PMS = \frac{ncm}{nce} \times 100$$

Donde PMS es igual a la prevalencia, *ncm* es el número de casos de mastitis detectados y *nce* es el número total de cabras evaluadas.

El análisis bacteriológico de la leche se realizó en el laboratorio de microbiología del Departamento de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana (Cuenca, Ecuador) a partir de la metodología descrita por el NMC (24).

La siembra de las muestras se llevó a cabo con el uso de asas de siembra calibradas y desechables. Se inocularon 20 μ L de la muestra en la mitad de una placa de Petri (dos muestras por placa) con agar sangre (BBL™ Base de Agar Sangre + 5% de sangre de cordero, BD, EEUU). A continuación las placas se incubaron en condiciones aeróbicas a 37 °C durante cinco días. Durante este periodo de incubación, se realizaron lecturas diarias con el fin de monitorear el crecimiento y desarrollo de las muestras en el medio de cultivo.

Una muestra se catalogó como positiva a mastitis subclínica, si mostraba al menos 250 ufc/mL, equivalente a cinco colonias visibles en el medio de cultivo. Las pruebas preliminares incluyeron observaciones del aspecto, velocidad de crecimiento, densidad y características fenotípicas de las colonias.

Tras 48 horas, se realizó la tinción Gram de todos los microorganismos aislados, junto con los ensayos preliminares de catalasa y oxidasa, para los microorganismos Gram positivos y Gram negativos, respectivamente. Las colonias Gram negativas se sembraron en agar MacConkey (MacConkey Agar W/CV, NaCl, 0.15 Bile Salts & 1% Lactosa, TM MEDIA®, India). En los cocos Gram positivos y catalasa positivos también se realizaron pruebas de coagulasa y aglutinación rápida con partículas de látex (Staph Latex kit, LIOFILCHEM®, Italia). Se identificaron como *S. aureus* si eran coagulasa positivo y látex positivo, estafilococos coagulasa positivo (ECP) si eran coagulasa positivo y látex negativo, y estafilococos coagulasa negativo (ECN) si eran coagulasa negativo.

Los cocos Gram positivo y catalasa negativo se clasificaron como estreptococos *spp.*, mientras que los cocobacilos Gram positivos, que no dieron lugar a colonias visibles a 24h y sí a 48h, fueron considerados como *Corynebacterium spp.* Los bacilos

y cocobacilos Gram negativos y negativos a la prueba de la oxidasa, que crecieron en agar MacConkey y fermentaron la lactosa, se identificaron como coliformes. Los bacilos Gram negativos y positivos a la prueba de la oxidasa, pero sin crecimiento en agar MacConkey, se clasificaron como *Pasteurella spp.*, mientras que el resto de los gérmenes Gram negativos se categorizaron como Otros Gram negativos.

Análisis de la composición, RCS y punto de congelación

Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Calidad de la Leche de la Universidad Politécnica Salesiana (LCL-UPS), situado en el cantón Cayambe de la provincia de Pichincha (Ecuador). La composición química de la leche (grasa, proteína bruta, lactosa, extracto seco magro y materia seca; %p/v) se analizó con el equipo automático MilkoScan FT 6200 (Foss S.A., Hillerød, Dinamarca), mientras el RCS (células/mL) se analizó por el método fluoro-opto-electrónico (ISO/IDF, 2006) utilizando el equipo Fossomatic Minor (Foss S.A.). Finalmente, el punto de congelación (°C) se analizó con el método del Crioscopio con Termistor (ISO 5764:2013), utilizando el equipo Cryoscope Model 4250 (Advanced instruments, INC, Massachusetts, EEUU).

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos fueron realizados con el software estadístico SAS (25).

Se determinaron los factores de riesgo que inciden en la probabilidad de mastitis subclínica en la ubre (ubre con infección intramamaria vs ubre sana) mediante el uso del PROC LOGISTIC, a través de un modelo de regresión logística que consideró los factores raza (R: Criolla, Saanen, Otras razas, Cruces), zona (Z: Montaña vs Llano) y número de partos (P: 1, 2 y ≥ 3), y que se especifica a continuación:

$$Y = \text{Logist } L_{ijkl} = \beta_0 + \sum \beta_{1i} R_i + \sum \beta_{2j} Z_j + \sum \beta_{3k} P_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y = \text{Logist } L_{ijkl}$: función logística = $\ln[P_{ijkl}/(1 - P_{ijkl})]$, siendo P_{ijkl} = probabilidad de que la ubre presente mastitis subclínica y $(1 - P_{ijkl})$ probabilidad de que la ubre esté sana;

β_0 : ordenada en el origen

β_{1i} , β_{2j} , β_{3k} : coeficientes estimados por el modelo logístico.

R_i , efecto de la raza en términos de variable dummy (Saanen: $R_1=0$, $R_2=0$, $R_3=0$; Criolla: $R_1=1$, $R_2=0$, $R_3=0$; Cruces: $R_1=0$, $R_2=1$, $R_3=0$; Otras: $R_1=0$, $R_2=0$, $R_3=1$).

Z_j , efecto de la zona en términos de variable dummy (Llano: $Z_1=0$; Montaña; $Z_1=1$).

P_k , efecto del número de parto en términos de variable dummy (parto=1: $P_1=1$, $P_2=0$; parto=2: $P_1=0$, $P_2=1$; parto ≥ 3 : $P_1=0$, $P_2=0$).

ε_{ijkl} : error residual del modelo.

Las interacciones raza-número de parto y zona-número de parto también se contemplaron en un modelo inicial, pero fueron eliminadas posteriormente ya que no resultaron significativas. Los coeficientes de regresión logística se elevaron a la base e para obtener la Odds Ratio (OR) y sus intervalos de confianza al 95% correspondientes. Una OR significativamente superior (o inferior) a 1 para la variable de mastitis indicaba un aumento (o disminución) del riesgo de infección intramamaria (IIM), si el factor estaba presente. Para los factores con más de dos clases, como raza y número de lactación, se consideró una clase como referencia. Valores de Odds Ratio significativamente superiores (o inferior) a 1 para cualquier otra clase de estos factores indicaban un mayor (o menor) riesgo de mastitis en comparación con la clase de referencia.

El efecto del agente etiológico sobre el RCS fue analizado con el PROC GLM considerando cuatro niveles: ningún germen (ubre sana), *S. aureus*, Estafilococos Coagulasa Negativo (ECN) y bacterias Gram negativas. El efecto de la presencia de mastitis en la ubre (sana vs IIM) sobre la producción y composición de la leche fue analizado con el PROC GLM con un modelo que contempló además, los factores raza, zona y número de partos, y las interacciones dobles mastitis-raza, mastitis-zona y mastitis-número de partos. Cuando un efecto fue significativo (con más de dos niveles) la comparación de medias fue realizada aplicando el test t de Student.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prevalencia de la infección intramamaria (IIM) en el conjunto de cabras muestreadas ($n=255$) fue del 42,4% (108 ubres con mastitis subclínica, en al menos una glándula, vs 147 ubres sanas). Esta prevalencia se sitúa en la zona superior del rango típicamente observado en la literatura (rango del 15 al 50% de cabras afectadas de mastitis subclínica) en granjas tanto europeas como americanas (13,19,26-30). Sin embargo, se han documentado prevalencias de IIM que superan el 50% (2,6).

En la **Tabla 2** se presenta el valor medio de esta variable para los niveles de los factores considerados en el modelo, así como los valores de Odds Ratio (OR) obtenido del análisis estadístico. El factor raza afectó significativamente a la prevalencia de mastitis subclínica ($P=0,048$), de modo que la frecuencia de IIM en la raza Otras (61,9%) y Cruces (52,6%) fue superior respecto a la raza Saanen (41,0%), presentando un OR de 3,48 ($P=0,02$)

y 3,05 ($P=0,02$), respectivamente. La prevalencia de mastitis subclínica en la raza Criolla fue del 35,4%, pero no llegó a diferir significativamente respecto a la raza Saanen. La ubicación geográfica también afectó significativamente ($P=0,013$) a la frecuencia de animales afectados de IIM, que fue más elevada en Montaña que en Llano (49,2% vs 36,1%, respectivamente; $OR=3,42$). Respecto al número de parto, la prevalencia de mastitis subclínica fue del 40,0%, 37,8% y 45,4% en las cabras de primer, segundo y tercer o más partos, pero este factor no resultó significativo en el modelo estadístico ($P=0,354$).

Otros autores también han encontrado un efecto de la raza sobre la prevalencia de mastitis en ganado caprino (11,12,31) que podría ser explicado, en algunos casos, por diferencias en la morfología de las ubres o en el nivel productivo de los animales (mayor riesgo de mastitis en las ubres más descolgadas y en las cabras con mayor producción de leche (12,32). En nuestro caso, las diferencias en producción de leche podrían explicar parcialmente los resultados obtenidos, puesto que la raza Criolla fue la de menor producción de leche (medias aritméticas de 0.68 l/d vs 1.7 l/d en Mestizas, 2.2 l/d en Otras y 2.4 l/d en Saanen) y, al mismo tiempo, fue la de menor prevalencia. Sin embargo, los resultados obtenidos de morfología mamaria en estas razas no pueden relacionarse con la prevalencia de mastitis, puesto que la variable “profundidad de la ubre” (distancia desde la base de la ubre a la línea que une los corvejones), que mide el nivel de descolgado de la ubre, no difirió significativamente entre las cuatro razas (datos no mostrados).

El efecto de la zona geográfica sobre la frecuencia de IIM también ha sido descrito en otros trabajos. Por ejemplo, encontraron una mayor prevalencia de mastitis subclínica en granjas caprinas de Argelia ubicadas en zonas de elevada altitud, superior a 1200 m.s.n.m., respecto a las situadas en zonas entre los 800 y 1200 m.s.n.m. (34,2% vs 25,3%, respectivamente) (33). En nuestro caso, las granjas caprinas en la zona de Montaña presentaron una mayor prevalencia de mastitis si bien podría ser explicado por diferencias en el sistema de producción (en Montaña se utilizaba con frecuencia el sistema de producción semi-intensivo, mientras que en Llano era extensivo), o en diferencias en el nivel productivo de los animales (más elevado en Montaña que en Llano) o, incluso, por un manejo inadecuado del ordeño.

En el presente estudio se observó una ligera mayor prevalencia de mastitis en las cabras de tres partos o más, respecto a las cabras de primer y segundo parto, si bien el factor número de parto no llegó a ser significativo. En la bibliografía existen resultados contradictorios respecto al efecto del número de parto sobre la prevalencia de IIM en ganado caprino. Así, algunos autores tampoco encuentran un aumento

Tabla 2. Valores medios y Odds Ratio de los factores considerados en el modelo de regresión logística utilizado para estudiar la prevalencia de mastitis subclínica en 255 cabras lecheras de Ecuador. / *Mean values and Odds Ratio of the factors considered in the logistic regression model used to study the prevalence of subclinical mastitis in 255 dairy goats in Ecuador.*

Factores	n	Porcentaje de mastitis (%)	Odds Ratio	95% C.I	p- Valor	
Raza	Criolla	96	35,4%	2,47	0,83-7,36	0,106
	Cruces	38	52,6%	3,05	1,16-8,01	0,024
	Otras	21	61,9%	3,48	1,21-10,06	0,021
	Saanen	100	41,0%			
Zona geográfica	Montaña	122	49,2%	3,42	1,29-9,06	0,013
	Llano	133	36,1%			
Número de parto	1	40	40,0%	0,70	0,33-1,49	0,356
	2	74	37,8%	0,67	0,37-1,22	0,189
	≥ 3	141	45,4%			

significativo de esta prevalencia con el número de parto (26,34,35) mientras que en otros casos sí que aprecian un incremento en la frecuencia de IIM en las cabras de mayor (2,36), particularmente a partir del tercer parto (11,37,38).

En la Tabla 3 se presentan los grupos bacterianos identificados en las cabras con mastitis subclínica. El 90% de las IIM fueron causadas por ECN (97 de 108 cabras afectadas de IIM), mientras que las restantes infecciones fueron debidas a *S. aureus* (5%; n=5) y bacterias negativo (5%; n=6). Dentro de este último grupo, se identificaron bacterias coliformes (tres casos), *Pasteurella* spp. (dos casos) y otros gérmenes gram negativos (un caso).

En general, la etiología que hemos encontrado en este trabajo es similar a la descrita en granjas de caprino lechero de otros países, tanto americanos como europeos. Así, los ECN suelen ser el grupo bacteriano predominante que causa mastitis subclínica en ganado caprino, con frecuencias entre el 50 y el 95% de las IIM (6,12,30,39,40). Por el contrario, *S. aureus* y los bacilos Gram negativo suele ser poco prevalentes en las mastitis subclínicas caprinas, ya que la frecuencia de ambos grupos suele ser inferior al 15% de las IIM (6,26,30,40,41). No obstante, en algunas ocasiones también se ha observado que *S. aureus* se aislaba con una frecuencia entre el 10 y el 26% (6,12,42,43) o incluso del 60% de las glándulas afectadas de mastitis subclínica (41). Un aspecto singular de nuestro estudio es que no se aislaron estreptococos, puesto que este grupo bacteriano suele identificarse en la mayor parte de los trabajos realizados sobre etiología de la mastitis caprina subclínica, si bien con una baja frecuencia, normalmente inferior al 10% de las IIM (40).

La presencia de IIM afectó significativamente al RCS ($p < 0,001$; Tablas 3 y 4). Globalmente, las ubres infectadas presentaron mayores recuentos que las ubres sanas ($\log \text{RCS cels/mL} = 5,98 \pm 0,06$ vs $5,74 \pm 0,05$, $p < 0,001$; Tabla 4). Así mismo, el RCS en las infecciones causadas por *S. aureus* ($\log \text{RCS cels/mL} = 6,52 \pm 0,23$) y ECN ($5,93 \pm 0,05$) fueron significativamente ($p < 0,001$) más elevados que en las

ubres sanas ($5,66 \pm 0,04$; Tabla 3). Además, podemos destacar que el RCS en las infecciones de *S. aureus* también fue significativamente más elevado que en las infecciones causadas por ECN ($p < 0,05$) y por gérmenes gram negativo ($\log \text{RCS} = 5,68 \pm 0,21$; $p < 0,01$). No obstante, los recuentos en las IIM por gérmenes gram negativos no llegaron a diferir significativamente tanto respecto a las ubres sanas como respecto a las infectadas por ECN.

En esta investigación el *S. aureus* fue el germen que provocó una mayor respuesta inflamatoria en la ubre, con una media geométrica del RCS de 3.3 millones cels/mL, mientras que los ECN tuvieron un efecto inflamatorio moderado, elevando el RCS hasta alcanzar una media geométrica de 850.000 cels/mL. En las ubres sanas la media geométrica del RCS fue de 450.000 cels/mL. Estos valores son similares a los encontrados por otros autores para las IIM provocadas por *S. aureus* y ECN, así como para las ubres libres de IIM (26,44-47). En el caso de los gérmenes Gram negativo, nuestros resultados difieren de la bibliografía, puesto que la media geométrica del RCS fue de 480.000 cels/mL, es decir, similar a las ubres sanas, mientras que en otros trabajos observan que estos patógenos provocan una elevada respuesta inflamatoria, con medias geométricas del RCS superiores a 3 millones de cels/mL (26,44,48). Este resultado contradictorio sugiere que algunos de los gérmenes Gram negativo aislados por nosotros no procedían de una IIM sino más bien de una contaminación de la muestra de leche.

Al contrario de lo observado con el RCS, ninguna de las variables de producción y calidad de la leche difirió significativamente entre las ubres sanas y las afectadas por IIM (Tabla 4). Además, ninguna de las interacciones dobles contempladas en el modelo afectó significativamente a estas variables. Los trabajos realizados en ganado caprino lechero suelen encontrar que las mastitis causadas por *S. aureus*, disminuyen la producción de leche (26,46) y el porcentaje de lactosa (26). Por el contrario, no está claro el efecto de las infecciones provocadas por los ECN, dado que existen resultados discordantes en

Tabla 3. Frecuencia de grupos bacterianos aislados en muestras de leche de 255 cabras lecheras de Ecuador y su relación con el recuento de células somáticas (RCS) en la leche. / *Frequency of bacterial groups isolated in milk samples from 255 dairy goats from Ecuador and their relationship with somatic cell count (SCC) in milk.*

Gérmén	n	RCS (x10 ³ cels/mL) m±DS	Log ₁₀ RCS (cels/mL) m±ES
Sanas	147*	941±1458	5,66±0,04 ^c
<i>Staphylococcus aureus</i>	5	3698±1833	6,52±0,23 ^a
Estafilococos coagulasa negativos (ECN)	97**	1604±1712	5,93±0,05 ^b
Gram negativos	6	1070±1380	5,68±0,21 ^{bc}
Coliformes	3	1559±1884	
<i>Pasteurella spp.</i>	2	761±895	
Otros gram negativos	1	222	
<i>p</i> -valor	-	-	<0,001

Los valores con letras diferentes (a-c) en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,001$).

*en seis de los animales de este grupo no se dispuso del RCS.

**en un animal de este grupo no se dispuso del RCS.

Tabla 4. Producción y calidad físico-química de la leche en cabras sanas (n=141) y afectadas de mastitis subclínica (n=107) en granjas de Ecuador. / *Production and physical-chemical quality of milk in healthy goats (n=141) and those affected by subclinical mastitis (n=107) in farms in Ecuador.*

Variable	Sanas	Mastitis Subclínica	P- Valor
Producción (L/día)	1,72±0,08	1,81±0,08	0,361
Grasa (%)	4,91±0,14	4,97±0,15	0,724
Proteína (%)	3,89±0,08	3,93±0,08	0,826
Lactosa (%)	4,40±0,04	4,33±0,05	0,227
Materia seca (%)	14,12±0,21	14,21±0,25	0,767
ESM (%)	9,15±0,12	9,21±0,12	0,709
PC (°C)	-0,557±0,003	-0,557±0,003	0,867
Log ₁₀ RCS (cels/mL)	5,74±0,05	5,98±0,06	<0,001

la bibliografía. Así, algunos autores encuentran un descenso de la producción de leche de 0.58 kg/d en las cabras con mastitis subclínica unilateral (49) mientras que otros trabajos no observan diferencias significativas de producción de leche entre las cabras sanas e infectadas por ECN (26,46).

Nuestra hipótesis es que los experimentos basados en registrar puntualmente tanto la producción de leche de los animales como la presencia de IIM no permiten detectar adecuadamente los posibles efectos negativos de la mastitis subclínica sobre la producción láctea. Esta hipótesis se basa en dos aspectos: 1) en este tipo de experimentos no se dispone de información del nivel productivo de los animales previo al momento en que se instauró la IIM, ni cuánto tiempo llevan los animales infectados; 2) por analogía a lo descrito en ganado vacuno, es probable que los animales más productivos tengan un mayor riesgo de sufrir IIMs (50). Por ejemplo, supongamos una cabra libre de IIM que produce un 15% más de leche que la media de su rebaño y, a continuación, sufre una IIM que le provoca un descenso de la producción de leche también del 15%. Si hacemos un control después de establecerse la infección nos encontraríamos que esta cabra infectada produce igual que la media del rebaño, de modo que podríamos concluir, erróneamente, que la mastitis no afecta a la producción de leche.

Por otro lado, los trabajos que estudian el efecto de la mastitis unilateral por ECN, comparando las glándulas sanas con las infectadas del mismo animal, encuentran que en la glándula infectada disminuye significativamente la producción de leche y el porcentaje de lactosa, además de aumentar las proteínas del suero (45). No obstante, en estos casos no se puede descartar que haya una sobreestimación de las diferencias, puesto que también podría existir un efecto parcialmente compensador en la glándula sana contralateral a la infectada, tal y como se ha observado en ganado ovino (51).

CONCLUSIÓN

La investigación sobre la microbiología de la leche de cabra en Ecuador revela una preocupante y elevada prevalencia de mastitis subclínica, principalmente asociada a *Estafilococos coagulasa negativo* y *S. aureus*. Además, también se ha observado que esta prevalencia presenta diferencias significativas según la raza y la zona geográfica (más elevada en Montaña que en Llano). Este estudio, considerado el primero en Ecuador, proporciona información relevante para las autoridades gubernamentales en la implementación de medidas zoonosanitarias destinadas a mejorar la calidad y seguridad de la producción de leche de cabra en el país.

REFERENCIAS

1. Nicory IMC, De Carvalho Rodrigues TCG, Tosto MSL, Bittencourt RF, Mariz LDS, Gomes Azevedo JA, et al. Nutritional attributes of goat milk obtained from Anglo Nubian, Moxoto, and Saanen breeds in different lactation phases. *Int Dairy J.* octubre de 2023;145:105720.
2. Ávalos Castro R, Palomares Resendiz G, Díaz Aparicio E, Medina Córdova NDJ. Prevalencia de mastitis subclínica y determinación de los factores de riesgo en cabras ordeñadas de forma manual y mecanizada en rebaños de Comondú, Baja California Sur, México. *Acta Univ.* 16 de marzo de 2022;32:1-10.
3. Bergonier D, De Crémoux R, Rupp R, Lagriffoul G, Berthelot X. Mastitis of dairy small ruminants. *Vet Res.* septiembre de 2003;34(5):689-716.
4. Contreras A, Sierra D, Sánchez A, Corrales JC, Marco JC, Paape MJ, et al. Mastitis in small ruminants. *Small Rumin Res.* marzo de 2007;68(1-2):145-53.
5. Gomez-Lucia E, Barquero N, Domenech A. Maedi-Visna virus: current perspectives. *Vet Med Res Rep.* mayo de 2018;Volume 9:11-21.
6. Hussein HA, Fouad MT, Abd El-Razik KA, Abo El-Maaty AM, D'Ambrosio C, Scaloni A, et al. Study on prevalence and bacterial etiology of mastitis, and effects of subclinical mastitis and stage of lactation on SCC in dairy goats in Egypt. *Trop Anim Health Prod.* noviembre de 2020;52(6):3091-7.
7. Goncagul G. Antimicrobialsusceptibilityof bacteria isolated from goats with subclinical mastitis in the Southern Marmara region of Turkey. *Med Weter.* 2021;77(05):6527-2021.
8. Jabbar A, Saleem MH, Iqbal MZ, Qasim M, Ashraf M, Tolba MM, et al. Epidemiology and antibiogram of common mastitis-causing bacteria in Beetal goats. *Vet World.* 2020;13(12):2596-607.
9. Pisanu S, Cacciotto C, Pagnozzi D, Uzzau S, Pollera C, Penati M, et al. Impact of Staphylococcus aureus infection on the late lactation goat milk proteome: New perspectives for monitoring and understanding mastitis in dairy goats. *J Proteomics.* junio de 2020;221:103763.
10. Suwito W, Nugroho WS, Wahyuni AETH, Sumiarto B. Antimicrobial resistance in coagulase-negative staphylococci isolated from subclinical mastitis in Ettawa Crossbred goat (PE) in Yogyakarta, Indonesia. *Biodiversitas J Biol Divers* [Internet]. 5 de junio de 2021 [citado 1 de julio de 2024];22(6). Disponible en: <https://smujo.id/biodiv/article/view/8418>
11. Mahlangu P, Maina N, Kagira J. Prevalence, Risk Factors, and Antibiogram of Bacteria Isolated from Milk of Goats with Subclinical Mastitis in Thika East Subcounty, Kenya. *J Vet Med.* 11 de noviembre de 2018;2018:1-8.
12. Akter S, Rahman MdM, Sayeed MdA, Islam MdN, Hossain D, Hoque MdA, et al. Prevalence, aetiology and risk factors of subclinical mastitis in goats in Bangladesh. *Small Rumin Res.* marzo de 2020;184:106046.
13. Tarazona-Manrique LE, Salamanca EE, Andrade-Becerra RJ, Vargas-Abella JC. Determinación de los factores de riesgo relacionados con prevalencia de mastitis subclínica en cabras lecheras en Boyacá- Colombia. *Rev MVZ Córdoba.* 3 de mayo de 2024;27(s):e2774.
14. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria. [Internet]. 2022. Disponible en: <http://www.ecuadorcifras.gop.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
15. Gómez-Carpio M, Toalombo-Vargas P, Avilés-Esquivel D, Mendoza B, Pesantez M, Vargas JC, et al. Recursos genéticos caprinos locales en el Ecuador. Cuéllar Mejía C, Sierra H, Salamanca M, editores. *Biodivers Caprina Iberoam.* 2016;151-62.
16. Aguirre Riofrio EL, Armijos DR, Bustillos R, Puchacela MV, Avila AB, Pineda PA, et al. MILK COMPOSITION OF THE CREOLE GOAT IN AN EXTENSIVE HUSBANDRY ENVIRONMENT IN A SEASONALLY DRY FOREST OF SOUTHERN ECUADOR. *Trop Subtrop Agroecosystems* [Internet]. 12 de abril de 2024 [citado 1 de julio de 2024];27(2). Disponible en: <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/5019>
17. Solís Lucas LA, Lanari MR, Oyarzabal MI. Tipificación integral de sistemas caprinos de la provincia de Santa Elena, Ecuador. *La Granja.* 28 de febrero de 2020;31(1):72-85.
18. Pesántez MT, Hernández A. Producción lechera de cabras Criollas y Anglo-Nubian en Loja, Ecuador. *Rev Cuba Cienc Agríc.* 2014; 48(2):105-8.
19. Sarzosa-Bedoya MV. Determinación del agente etiológico causante de mastitis en cabras (*Capra hircus*) en las provincias de Pichincha y Carchi. [Pregrado]. [Quito]: Universidad Politécnica Salesiana; 2017.
20. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.inamhi.gob.ec/>
21. Menzies P. Udder Health for Dairy Goats. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* marzo de 2021;37(1):149-74.
22. Hasan M. Systemic Meta-analysis of Mastitis Prevalence in Dairy Cattle and Goat of Bangladesh. *Turk J Agric - Food Sci Technol.* 30 de agosto de 2021;9(8):1362-7.

23. Ignacio DB. Working in Epidemiology [Internet]. 2022. Disponible en: <http://www.wine-pi.net/>
24. Adkins PRF, Fox LK, Godden S, Jayarao BM, Keefe G, Kelton D, et al. Laboratory Handbook on Bovine Mastitis. Third Edition. Middleton JR, Fox LK, Pighetti G, Petersson-Wolfe C, editores. New Prague, Minnesota: National Mastitis Council, Inc; 2017. 147 p.
25. SAS Institute Inc. SAS/STAT Software. Cary; 2021.
26. Martínez-Navalón B. El recuento de células somáticas en la leche de cabra factores de variación y efecto sobre la producción y composición de la leche [Doctoral]. [Valencia]: Universitat Politècnica de València; 2000.
27. Schaeren W, Maurer J. Häufigkeiten subklinischer Euterinfektionen und individuelle Zellzahlen in drei Ziegenherden im Verlaufe einer gesamten Laktation. Schweiz Arch Für Tierheilkd. 1 de diciembre de 2006;148(12):641-8.
28. Hall SM, Rycroft AN. Causative organisms and somatic cell counts in subclinical intramammary infections in milking goats in the uk. Vet Rec. enero de 2007;160(1):19-22.
29. White EC, Hinckley LS. Prevalence of mastitis pathogens in goat milk. Small Rumin Res. julio de 1999;33(2):117-21.
30. Gomes V, Matazo MP, Silva CP da C e, Baldacim VAP, Novo SMF, Baccili CC, et al. Etiologia e fatores de risco para a infecção mamária de cabras leiteiras do Estado de São Paulo. Semina: Ciências Agrárias. 2014 [cited 2024 Oct 25];35(5):2551–62. Available from: <https://repositorio.usp.br/item/002647474>
31. Machado GP, Guimarães FF, Menozzi BD, Salina A, Possebon FS, Langoni H. Ocorrência, patógenos e fatores de risco para mastite subclínica em cabras leiteiras. Arq Bras Med Veterinária E Zootec. octubre de 2018;70(5):1665-70.
32. Sánchez A, Contreras A, Contreras J, Marco Y. Epidemiology of intramammary infection in goats. CABI Digit Libr. 1997;34-40.
33. Gabli Z, Djerrou Z, Gabli AE, Bensalem M. Prevalence of mastitis in dairy goat farms in Eastern Algeria. Vet World. octubre de 2019;12(10):1563-72.
34. El Idrissi A, Benkirane A, Zardoune M. Investigations sur les mammites dans les élevages caprins laitiers au Maroc. Rev Elev Med Vet Pays Trop. 1994;47(3):285-7.
35. Hamis Salum N, Abdul K. Prevalence of Subclinical Mastitis from Milking Dairy Goat Species Reared in Different Climatic Conditions in Morogoro Region. Biomed Stat Inform. 2022;7(1):12.
36. El Amine Bekara M, Djebbar A, Sebailia M, Ait Issad N, Mimoune N, Belabdi I. Prevalence and risk factors of subclinical mastitis in goats in western Algeria. Vet Stanica. 29 de abril de 2024;55(6):667-75.
37. Ali W, Yaqoob M, Arshad A, Dai G, Khan SU, Malik MA, et al. Bacterial and Antibiotic Profile of Mastitic Milk of Beetal Goat in District Jhelum. Pak J Zool [Internet]. 2021 [citado 2 de julio de 2024];53(6). Disponible en: <http://researcherslinks.com/current-issues/Bacterial-and-Antibiotic-Goat-District-Jhelum/20/1/4352/html>.
38. Razi KMA, Rahman B, Flores-Gutiérrez GH. Prevalence of Caprine Subclinical Mastitis in Mymensingh Area and Characterization of Associated Bacterial Agents and the Risk Factors. 2012;
39. Gelasakis AI, Angelidis AS, Giannakou R, Filioussis G, Kalamaki MS, Arsenos G. Bacterial subclinical mastitis and its effect on milk yield in low-input dairy goat herds. J Dairy Sci. mayo de 2016;99(5):3698-708.
40. Aiensaard J, Jarassaeng C, Thongkham E. The Effect of Some Essential Oils Against Subclinical Mastitis Bacteria Isolated from Dairy Goats. Chiang Mai Univ J Nat Sci [Internet]. diciembre de 2020 [citado 2 de julio de 2024];20(1). Disponible en: [https://cmuj.cmu.ac.th/uploads/journal_list_index/Final_CMUJNS_20\(1\)_2021009.pdf](https://cmuj.cmu.ac.th/uploads/journal_list_index/Final_CMUJNS_20(1)_2021009.pdf).
41. Lima MC, Souza MCC, Espeschit IF, Maciel PACC, Sousa JE, Moraes GF, et al. Mastitis in dairy goats from the state of Minas Gerais, Brazil: profiles of farms, risk factors and characterization of bacteria. Pesqui Veterinária Bras. septiembre de 2018;38(9):1742-51.
42. Silva Júnior AE, Vasconcelos PC, Saraiva MMS, Santos Filho L, Silva NMV, Givisiez PEN, et al. Antimicrobial susceptibility profiles of Staphylococcus spp. contaminating raw goat milk. Vet World. 5 de mayo de 2021;1074-9.
43. Praja RN, Yudhana A, Saputro AL, Hamonangan JM. The first study on antimicrobial resistance of Staphylococcus aureus isolated from raw goat milk associated with subclinical mastitis in Siliragung Subdistrict, East Java, Indonesia. Vet World. abril de 2023;786-91.
44. De Cremux R. Relations entre les numérations cellulaires du lait et les infections mammaires chez la chevre (Relations between milk somatic cell counts and intramammary infections in goats) [Vet Doctor Thesis]. [Toulouser]: Paul Sabatier-Toulouser University; 1995.
45. Leitner G, Merin U, Silanikove N, Ezra E, Chaffer M, Gollop N, et al. Effect of subclinical intramammary infection on somatic cell counts, NAGase activity and gross composition of goats' milk. J Dairy Res. agosto de 2004;71(3):311-5.
46. Koop G, Van Werven T, Schuiling HJ, Nielen M. The effect of subclinical mastitis on milk yield in dairy goats. J Dairy Sci. diciembre de 2010;93(12):5809-17.

47. Novac C Ștefania, Nadăș GC, Matei IA, Bouari CM, Kalmár Z, Crăciun S, et al. Milk Pathogens in Correlation with Inflammatory, Oxidative and Nitrosative Stress Markers in Goat Subclinical Mastitis. *Animals*. 23 de noviembre de 2022; 12(23):3245.
48. Ribeiro MG, Lara GHB, Bicudo SD, Souza AVG, Salerno T, Siqueira AK, et al. An unusual gangrenous goat mastitis caused by *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* and *Escherichia coli* co-infection. *Arq Bras Med Veterinária E Zootec*. junio de 2007;59(3):810-2.
49. Dulin AM, Paape MJ, Schultze WD, Weinland BT. Effect of Parity, Stage of Lactation, and Intramammary Infection on Concentration of Somatic Cells and Cytoplasmic Particles in Goat Milk. *J Dairy Sci*. noviembre de 1983;66(11): 2426-33.
50. Gröhn YT, Wilson DJ, González RN, Hertl JA, Schulte H, Bennett G, et al. Effect of Pathogen-Specific Clinical Mastitis on Milk Yield in Dairy Cows. *J Dairy Sci*. octubre de 2004;87(10): 3358-74.
51. Martí De Olives A, Díaz JR, Molina MP, Peris C. Quantification of milk yield and composition changes as affected by subclinical mastitis during the current lactation in sheep. *J Dairy Sci*. diciembre de 2013;96(12):7698-708.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores: Cristhian Sagbay Díaz: **Conceptualización, Escritura original de borrador, Recursos, Análisis formal, Supervisión, Visualización.** Luis Rodrigo Saa: **Conceptualización, Revisión y edición, Supervisión, Análisis de datos.** Cristófol Peris Ribera: **Conceptualización, Revisión y edición, Supervisión, Análisis de datos.** Patricio Garnica Marquina: **Revisión y edición.** Mónica Espadero Bermeo: **Recursos, Supervisión. Todos los autores revisaron y aprobaron la versión final del manuscrito.**

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)