

Susceptibilidad antimicrobiana de *Staphylococcus* spp. aislados de mastitis caprina en sistemas de producción semi intensivo y extensivo

Antimicrobial susceptibility of Staphylococcus spp. goat mastitis isolates in semi-intensive and extensive production systems

Suscetibilidade antimicrobiana de Staphylococcus spp. Isolados de mastite caprina em sistemas de produção semi-intensivo e extensivo

Lihuel Gortari-Castillo^{1, 2}
Kevin D. Steffen^{2, 3}
Daniel Buldain^{1, 2}
Laura Marchetti¹
Nora Mestorino¹

Recibido: 7 de diciembre de 2023

Aprobado: 16 de mayo de 2024

Publicado: 1 de julio de 2024

Cómo citar este artículo:

Gortari-Castillo, L., Steffen. K.D., Buldain, D, Marchetti, L., Mestorino, N. Susceptibilidad antimicrobiana de *Staphylococcus* spp. aislados de mastitis caprina en sistemas de producción semi intensivo y extensivo. Spei Domus. 2024;20(2): 1-15. doi: <https://doi.org/10.16925/2382-4247.2024.02.05>

Artículo de investigación. <https://doi.org/10.16925/2382-4247.2024.02.05>

¹ Laboratorio de Estudios Farmacológicos y Toxicológicos -LEFYT-, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Correo electrónico: lgortari@fcv.unlp.edu.ar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7772-2453>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9162-8834>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5580-428X>

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6975-9790>

³ Cátedra de Introducción a la Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8958-0459>



Resumen

Introducción: la producción de leche caprina ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años. La mastitis subclínica, enfermedad ocasionada principalmente por *Staphylococcus* spp., tiene un alto impacto económico y en la salud a nivel global. Sin embargo, existe escasa información sobre la susceptibilidad antimicrobiana de estos patógenos, aspecto fundamental para una terapia exitosa. Los objetivos de este estudio fueron determinar la ocurrencia de mastitis subclínica por *Staphylococcus* spp. en sistemas semi intensivo y extensivo y evaluar la susceptibilidad antibacteriana en *S. aureus* y *Staphylococcus Coagulase Negative* (scn) aislados de leche de cabras con mastitis subclínica.

Metodología: se trabajó con 200 cabras en sistema extensivo y 104 en semi intensivo. Mediante California Mastitis Test, se seleccionaron 55 y 95 cabras sospechosas de mastitis subclínica de ambos sistemas, respectivamente. Se obtuvieron muestras de leche que se cultivaron en CHROMagar™ Staph aureus®. *S. aureus* y scn fueron identificados por color, pruebas metabólicas y bioquímicas. Se evaluó la susceptibilidad antimicrobiana por método de difusión en agar.

Resultados: scn fueron los principales microorganismos aislados en ambos sistemas, presentando mayor resistencia a penicilina, eritromicina y gentamicina. Solo hubo fenotipo de resistencia múltiple en el sistema semi intensivo. Los *S. aureus* presentaron fenotipo múltiple en ambos sistemas. Los porcentajes de resistencia antimicrobiana hallados en el sistema extensivo fueron significativamente mayores que en el semi intensivo ($p=0,0016$).

Conclusiones: estos hallazgos reflejan la importancia de implementar un uso prudente de los antimicrobianos bajo supervisión profesional, como ocurre en sistemas semi intensivos, y la necesidad de monitorear la susceptibilidad antimicrobiana de manera sostenida.

Palabras clave: Cabras, Mastitis, Antibióticos, Resistencia.

Abstract

Introduction: Goat milk production has experienced sustained growth in recent years. Subclinical mastitis, a disease caused mainly by *Staphylococcus* spp., has a high economic and health impact at a global level. However, there is little information on the antimicrobial susceptibility of these pathogens, a fundamental aspect of successful therapy. The objectives of this study were to determine the occurrence of subclinical mastitis due to *Staphylococcus* spp. in semi-intensive and extensive systems and to evaluate the antibacterial susceptibility in *S. aureus* and scn isolated from milk of goats with subclinical mastitis.

Methodology: We worked with 200 goats in the extensive system and 104 in the semi-intensive system. Using the California Mastitis Test, 55 and 95 goats suspected of subclinical mastitis were selected from both systems, respectively. Milk samples were obtained and cultured in CHROMagar™ Staph aureus®, *S. aureus* and scn were identified by color, metabolic, and biochemical tests. Antimicrobial susceptibility was evaluated by the agar diffusion method.

Results: scn were the main microorganisms isolated in both systems, presenting greater resistance to penicillin, erythromycin, and gentamicin, there was only multiple resistance phenotype in the semi-intensive system. *S. aureus* presented multiple phenotypes in both systems. The percentages of antimicrobial resistance found in the extensive system were significantly higher than in the semi-intensive system ($p=0.0016$).

Conclusions: These findings reflect the importance of implementing prudent use of antimicrobials under professional supervision, as occurs in semi-intensive treatments, and the need to monitor antimicrobial susceptibility in a sustained manner.

Keywords: Goats, Mastitis, Antibiotics, Resistance.

Resumo

Introdução: A produção de leite de cabra tem experimentado um crescimento sustentado nos últimos anos. A mastite subclínica, doença causada principalmente por *Staphylococcus spp.*, tem um elevado impacto económico e sanitário a nível global. Entretanto, há pouca informação sobre a suscetibilidade antimicrobiana desses patógenos, aspecto fundamental para o sucesso da terapia. Os objetivos deste estudo foram determinar a ocorrência de mastite subclínica por *Staphylococcus spp.* em sistemas semi-intensivos e extensivos; e avaliar a suscetibilidade antibacteriana em *S. aureus* e SCN isolados de leite de cabras com mastite subclínica.

Metodologia: Trabalhamos com 200 caprinos no sistema extensivo e 104 no sistema semi-intensivo. Utilizando o California Mastite Test, 55 e 95 cabras com suspeita de mastite subclínica foram selecionadas de ambos os sistemas, respectivamente. Amostras de leite foram obtidas e cultivadas em CHROMagar™ Staph aureus®, *S. aureus* e SCN foram identificados por testes de cor, metabólicos e bioquímicos. A suscetibilidade antimicrobiana foi avaliada pelo método de difusão em ágar.

Resultados: Os SCN foram os principais microrganismos isolados em ambos os sistemas, apresentando maior resistência à penicilina, eritromicina e gentamicina, houve apenas fenótipo de resistência múltipla no sistema semi-intensivo. *S. aureus* apresentou múltiplos fenótipos em ambos os sistemas. Os percentuais de resistência antimicrobiana encontrados no sistema extensivo foram significativamente maiores que no sistema semi-intensivo ($P = 0,0016$).

Conclusões: Estes resultados refletem a importância da implementação do uso prudente de antimicrobianos sob supervisão profissional, como ocorre nos tratamentos semi-intensivos, e a necessidade de monitorizar a suscetibilidade aos antimicrobianos de forma sustentada.

Palavras-chave: Cabra, Mastite, Antibiótico, Resistência.

Introducción

La leche de cabra en los últimos años ha tenido una gran expansión a nivel mundial debido a sus utilidades y beneficios alimenticios. Es un alimento valioso desde el punto de vista nutricional, debido a que contiene ácidos grasos esenciales, vitaminas y un menor porcentaje de caseína y lactosa en comparación con la leche bovina. Según datos estadísticos estimados por Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT) la producción de leche caprina aportó 19 millones de toneladas a la producción de leche mundial (930 millones de toneladas) en el año 2022, lo que demuestra un aumento del 37 % en los últimos 20 años (12 millones de toneladas en el año 2000) [1]. A esto se debe sumar que la producción caprina suele constituir un factor determinante en cuanto a la identidad sociocultural de las regiones en donde se desarrolla.

De esta manera, los animales forman parte de una relación armónica entre recursos humanos y naturales, integrando un sistema de producción diversificado [2-3]. Sin embargo, se oponen al desarrollo de esta producción algunos problemas sanitarios y económicos. En Argentina los principales sistemas de producción caprina

son: los *productores familiares*, como sistemas de *producción extensivos* (animales en grandes áreas de campo, con escasa o nula tecnificación), y los *productores industriales*, con sistemas *semi intensivos* o *intensivos* (muchos animales alojados en pequeños espacios y tecnificados) [4]. Es bien sabido que la producción en sistemas intensivos y semi intensivos favorece la aparición de diversas patologías infecciosas como mastitis en hembras, ya que la mayor densidad por unidad de superficie favorece la propagación de los microorganismos [5]. Sin embargo, existe muy poca información acerca de la resistencia antimicrobiana (RAM) en patógenos de interés que afectan a la producción lechera caprina en distintos tipos de sistemas productivos en Argentina, considerando que se trata de un problema multifactorial y con un gran impacto en salud a nivel global.

Mundialmente se ha llegado al consenso de que la mastitis es, sin duda, la enfermedad más importante a la cual debe enfrentarse la industria lechera contemporánea, por sus implicancias sanitarias y económicas [6]. Es por esto que se hace necesario mejorar el manejo sanitario de esta explotación pecuaria alternativa y en expansión a nivel mundial. La mastitis tiene dos formas de presentación, la *mastitis clínica (MC)* donde ocurren cambios visibles tanto en la leche como en la ubre (cambios de color, rubor, tumefacción, etc.) y la *mastitis subclínica (MSC)* que se caracteriza por no presentar cambios visibles, pero produce una merma en el volumen de producción y en la calidad de la leche [7]. La MSC se diagnostica mediante diferentes metodologías como la Prueba de Mastitis de California Test (CMT), el recuento de células somáticas (RCS) y el aislamiento de microorganismos, al igual que en la producción lechera bovina. Sin embargo, es importante remarcar que el RCS de la leche de cabra sana es más elevado que el de la leche bovina debido a que las cabras tienen una secreción láctea de tipo apocrina, lo que implica un mayor desprendimiento de células en el proceso de secreción y, en consecuencia, un mayor número de RCS aunque la leche sea apta. A su vez este número de células descamadas aumenta por otros factores como la edad, la raza, el momento de la lactancia, entre otros [8]. Es así que, en esta especie, el punto de corte sugerido por la bibliografía es de 1 millón de células/mL (<1.000.000 negativas y >1.000.000 positivas) [9-10]. De manera tal, que pueden surgir falsos positivos en el diagnóstico de MSC por prueba de CMT a campo. A pesar de esto, sigue siendo el método de elección como tamiz inicial debido a que es un método rápido, económico y fácil de realizar por los operarios, aunque es un método subjetivo [7].

Los principales agentes asociados a mastitis en cabras son *Staphylococcus* spp. *S. aureus* es el microorganismo más frecuentemente aislado en MC, mientras que en la MSC suelen aislarse principalmente *Staphylococcus coagulasa* negativos (SCN) [11-12].

Uno de los peligros que tiene la contaminación de la leche con *Staphylococcus* spp. reside en que algunas cepas pueden producir una enterotoxina capaz de causar gastroenteritis aguda en el hombre [13]. Esta es termoestable y los estafilococos que la producen se encuentran frecuentemente en operarios aparentemente sanos y en el ganado lechero. Este tipo de intoxicación alimentaria puede producirse, incluso, en leches correctamente pasteurizadas. A lo dicho, debemos agregar la extraordinaria capacidad de supervivencia a nivel intracelular que presenta el *S. aureus* y la capacidad de muchas especies de *Staphylococcus* spp. de producir biopelículas, lo que favorece su permanencia en la glándula mamaria y dificulta la terapia antimicrobiana (ATM) [13-14]. A esto último, se suma la falta de formulaciones de administración intramamaria desarrolladas específicamente para cabras, lo cual contribuye a prácticas incorrectas y al uso irracional de estas moléculas antimicrobianas utilizadas en la terapia, reduciendo su eficacia y favoreciendo la selección de microorganismos con genes de resistencia.

En la actualidad, la RAM representa una de las principales problemáticas en salud humana, animal y ambiental. Sin embargo, existe poca información acerca de la misma en *Staphylococcus* spp. responsables de ocasionar mastitis caprina en diferentes tipos de sistemas productivos en la Argentina. La RAM es un problema multifactorial que necesita un enfoque multidisciplinario hacia “Una Salud”, a fin de poder enfrentar la problemática.

En este contexto, los objetivos del presente estudio fueron determinar la ocurrencia de MSC por *Staphylococcus* spp. en sistemas de producción caprina semi intensiva y extensiva; y evaluar la susceptibilidad antibacteriana en *S. aureus* y SCN aislados de leche de cabras con SCM.

Materiales y métodos

Establecimientos experimentales representativos de los sistemas de producción extensiva y semi intensiva

El estudio fue llevado a cabo en establecimientos caprinos ubicados en dos regiones diferentes de Argentina y con diferentes sistemas productivos:

1. En la provincia de Río Negro, partido de 25 de mayo (41°19'42.4"S 69°32'43.4"O), se trabajó en establecimientos familiares (explotación extensiva) cuyos productores forman parte de la Cooperativa Ganadera Indígena de Ingeniero Jacobacci. Se obtuvieron muestras de leche de un

total de 200 cabras criollas provenientes de 3 establecimientos diferentes, con un sistema de manejo extensivo con bajo o nulo uso de tecnología, con alimentación a pastizal natural en zonas áridas de la región. Los animales se encontraban con cría al pie, siendo el mayor porcentaje de la producción de leche destinado a la cría de los cabritos. Los animales eran ordeñados de forma manual, procedimiento a cargo de las mujeres del establecimiento, luego del amamantamiento de las crías (comúnmente llamado ordeño a media leche). En caso de que quedasen excedentes, estos eran utilizados para consumo familiar, como leche fluida o para elaboración de quesos artesanales. Las cabras experimentales se encontraban entre la primera y quinta lactancia, con una producción media entre 0,5 y 1 Lt/animal/día aproximadamente.

2. En la provincia de Buenos Aires, partido de General Paz (35°16'00"S 58°24'00"O), Argentina, se trabajó en un establecimiento comercial, que contaba con 200 animales en ordeño. Se obtuvieron muestras de leche de 104 cabras raza Saanen, en un sistema de manejo semi intensivo con uso de tecnología y con alimentación de base pastoril suplementada con: silo de maíz, alimento balanceado (16 % proteína bruta) y pastoreo sobre pastura implantada consociada con base de trébol blanco. Las crías permanecían con sus madres 48 a 72 h posparto para la ingesta de calostro y luego eran destetadas y criadas de manera artificial. El establecimiento realiza dos ordeños diarios (mañana y tarde) y la leche es destinada principalmente a la elaboración de diversos quesos para venta al público. Las cabras muestreadas se encontraban también entre la primera y quinta lactancia, pero a diferencia de los animales del establecimiento con manejo extensivo, la producción media de leche diaria fue de $2,08 \pm 0,09$ L ($2,14 \pm 0,10$ kg) [16].

Previamente a la selección de los establecimientos de ambas regiones se efectuó una entrevista a los productores con el fin de corroborar que en los establecimientos familiares, los caprinos habitualmente recibían mínima o ningún tipo de medicación y no contaban con supervisión profesional rutinaria, mientras que en los establecimientos comerciales, manejo semi intensivo, los animales eran controlados periódicamente por Médicos Veterinarios y recibían tratamiento antibiótico bajo su supervisión.

Selección de los animales

Se seleccionaron 55 y 95 cabras sospechosas de MSC por CMT en el sistema extensivo y en el semi intensivo, respectivamente. Para ello, se ordeñó uno o dos chorros de leche de cada medio mamario sobre una placa de la paleta, se añadió a la leche un volumen igual del reactivo y se mezcló. Según la reacción de gelificación se consideró la siguiente valoración: 0 (reacciones negativas, sin formación de gel), 1 (débilmente positivas, trazas), 2 (positivas) y 3 (muestras fuertemente positivas, recuento de células más elevado en el que la mezcla de la leche y el reactivo casi se solidifica). La prueba de CMT es una prueba subjetiva, rápida y fácil de realizar, pero que en caprinos puede arrojar falsos positivos por las características particulares de la secreción de leche en esta especie. Esta prueba se utilizó como tamiz inicial considerando sospechosos de MSC a aquellos animales que tuvieron valores de 1, 2 o 3 en al menos un medio mamario. Este protocolo de muestreo fue aprobado por el Comité de Ética Experimental de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP (106-1-20TCICUAL).

Muestras de leche y aislamiento de *Staphylococcus* spp.

A partir de los animales seleccionados por CMT, se tomaron muestras para la identificación microbiológica. En dos días consecutivos, se recogieron 15 mL de leche de cada medio mamario (unidad experimental de muestreo) en tubos estériles, previo descarte de los primeros chorros y desinfección de los pezones con alcohol isopropílico, siguiendo las recomendaciones del National Mastitis Council. Las muestras de leche fueron perfectamente rotuladas y conservadas a -4 °C hasta su llegada al laboratorio dentro de las 48 h de su obtención.

En el laboratorio, las muestras de leche fueron refrigeradas a -20 °C durante 5 días, el día del cultivo microbiológico, fueron descongeladas y suavemente mezcladas con un mixer. Este procedimiento ocasiona la lisis celular liberando a los *S. aureus* que pudieron haberse internalizado en las células o glóbulos de grasa. El aislamiento bacteriano se realizó por cultivo en placas con medio cromogénico CHROMagar™ Staph aureus (CSA) tras incubación durante 24 horas a 37 °C. Se seleccionaron colonias sospechosas de *S. aureus* y SCN según color: *S. aureus* de color rosa a malva y SCN de color azul, turquesa o blanco. Las colonias seleccionadas fueron purificadas e identificadas fenotípicamente mediante pruebas bioquímicas y metabólicas: Gram, prueba de coagulasa y catalasa, cultivo en agar manitol salado, fermentación de azúcares (trehalosa y maltosa).

Pruebas cualitativas de susceptibilidad

El ensayo de susceptibilidad antimicrobiana en los aislamientos identificados como *S. aureus* y SCN se realizó mediante el método de difusión en agar siguiendo los lineamientos de las guías del Clinical and Laboratory Standards Institute [17]. Los ATMS se seleccionaron según los criterios del CLSI (2023) para mastitis bovina: ciprofloxacina (5µg), eritromicina (15µg), penicilina (10 UI), gentamicina (10µg), rifampicina (5µg), cloranfenicol (30µg), ceftiofur (30µg), cefoxitina (30µg), tetraciclina (30µg), clindamicina (2µg), trimetoprima-sulfametoxazol (1,25/23,75 µg) y novobiocina (30µg). La sensibilidad a la penicilina se evaluó mediante discos de nitrocefina (1µg) impregnados con cefalosporina cromogénica que cambia de color (de amarillo a rojo) en presencia de betalactamasas para los aislamientos SCN. Como cepas de referencia se UTILIZARON *S. aureus* ATCC 29213, *S. epidermidis* ATCC 14990 y *S. saprophyticus* ATCC 15305.

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados estadísticamente por medio del programa STATGRAPHICS Centurion. El test de Chi-Cuadrado fue utilizado para verificar la significancia estadística en los resultados de RAM en los distintos aislamientos (*S. aureus* y SCN) en el sistema extensivo versus el semi intensivo. Se consideró una diferencia significativa cuando $p = < 0.05$.

Resultados y discusión

En los establecimientos bajo explotación extensiva se encontró que un 13,09 % (11/84) de los aislamientos fueron *S. aureus* y un 86,9 % (73/84) fueron SCN. En el sistema semi-intensivo 4,32 % (3/144) fueron *S. aureus* y el 97,9 % (141/144) SCN. Es decir, en ambos tipos de sistemas productivos, SCN fueron los principales agentes bacterianos asociados con MSC en cabras, hallazgo que coincidió con lo reportado por otros autores [12-18-19].

Todos los aislamientos de *S. aureus* resistentes en explotaciones extensivas presentaron fenotipo de resistencia múltiple frente a penicilina, clindamicina y eritromicina (D-Test positivo) al mismo tiempo, correspondiéndose con el 81,8 % (9/11). En el sistema semi intensivo, también se hallaron únicamente fenotipos de resistencia a más de un ATM al mismo tiempo, el 33,3 % (1/3) fueron resistentes a penicilina y tetraciclina al mismo tiempo, y otro 33,3 % (1/3) a penicilina, clindamicina y eritromicina

(D-Test positivo), el tercer aislamiento resultó sensible a todos los antimicrobianos. Coincidiendo con esto, en el estado de Paraíba, Brasil, Silva Júnior et al (2021) reportan que el mayor porcentaje de resistencia hallado en aislamientos de *S. aureus* obtenidos a partir de leche mastítica caprina en sistemas extensivos o semi extensivos a pequeña escala fue principalmente frente a eritromicina y betalactámicos [20]. Por otro lado, en un trabajo publicado por Parco et al. [21] en Sicilia, Italia, reportaron el aislamiento de *S. aureus* a partir de leche mastítica caprina con sintomatología clínica cuya resistencia fue principalmente frente a aminoglucósidos (espectinomicina y estreptomina), seguido por florfenicol y rifampicina. Estos resultados pueden deberse al uso de protocolos antimicrobianos diferentes en zonas y regiones tan alejadas como América del Sur y Europa.

En cuanto a los porcentajes de RAM encontrados en los aislamientos de SCN en ambos sistemas de producción, los niveles más elevados fueron a penicilina, eritromicina y gentamicina. Los procedentes de explotaciones extensivas, mostraron un 40 % (29/73) de resistencia frente a penicilina, 15 % (11/73) a eritromicina, 4 % (3/73) a ceftiofur, 3 % (2/73) a gentamicina, 3 % (2/73) a cloranfenicol y 1,4 % (1/73) a trimetoprim-sulfametoxazol. En la explotación semi intensiva, los SCN fueron 21 % (30/141) resistentes a penicilina, 16 % (22/141) a eritromicina, 4 % (6/141) a gentamicina, 6 % (8/141) trimetoprim-sulfametoxazol, 4% (6/141) a cloranfenicol, 8 % (11/141) a tetraciclina, 5 % (7/141) a clindamicina y 1 % (1/141) a ceftiofur. de Souza Santos et al. (2020) en un estudio realizado en el noreste de Brasil reportó los perfiles de RAM hallados en SCN e indicó un alto porcentaje de resistencia frente a betalactámicos, coincidiendo con nuestros hallazgos, seguido por tetraciclinas, norfloxacin y un bajo porcentaje de RAM frente a gentamicina en tercer lugar. Es importante mencionar que en el trabajo de Souza Santos et al. [22] no fueron evaluados macrólidos ni lincosamidas. Los porcentajes de resistencia hallados en *S. aureus* y SCN se presentan en la figura 1.

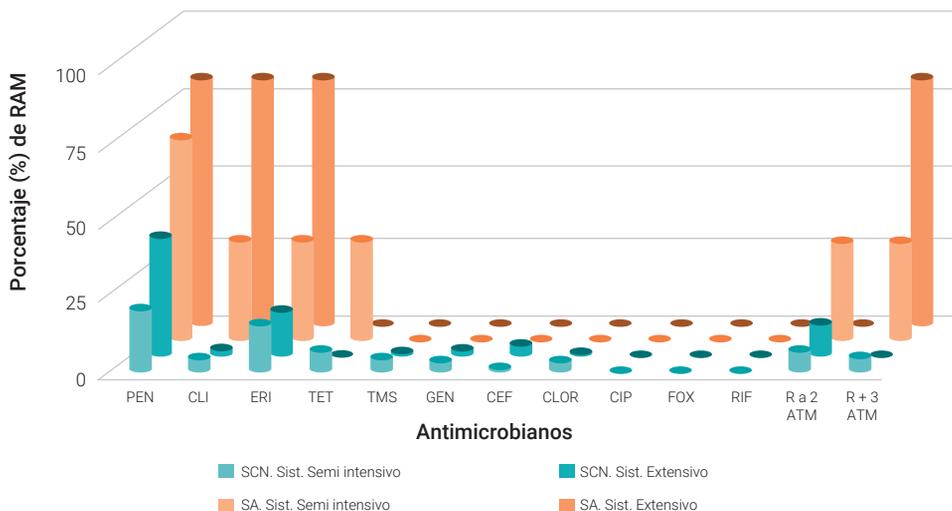


Figura 1. Porcentaje de RAM en *Staphylococcus* spp aislados de leche de cabras con mastitis subclínica en establecimientos con sistema productivo extensivo y semi intensivo

PEN: Penicilina; CLI: Clindamicina; ERI: Eritromicina; TET: Tetraciclina; TMS: Trimetoprima- sulfametoxazole; GEN: Gentamicina CEF: Ceftiofur; CLOR: Cloranfenicol; CIP: Ciprofloxacina; FOX: Cefoxitina; RIF: Rifampicina; R a 2 ATM: resistencia a 2 antimicrobianos; R +3 ATM: resistencia a más de 3 antimicrobianos, SCN: *Staphylococcus coagulasa negativo*, SA: *Staphylococcus aureus*

En cuanto a los fenotipos de resistencia hallados para los aislamientos SCN del sistema extensivo, el 42,5 % (31/73) fue resistente a un ATM solo y el 10,96 % (8/73) fue resistente a dos ATMS al mismo tiempo. No se encontraron fenotipos de resistencia múltiple a 3 o más ATMS. En cuanto al sistema semi intensivo, el 25,5 % (36/141) fue resistente a un solo un ATM; 7,8 % (11/141) fue resistente a dos ATMS al mismo tiempo y el 5,67 % (8/141) a más de tres ATMS con fenotipo de resistencia múltiple. Los fenotipos de resistencia se pueden observar en la tabla 1 y 2.

Tabla 1. Perfiles fenotípicos de resistencia de *Staphylococcus* spp. en el sistema extensivo

AISLAMIENTOS	FENOTIPO	PORCENTAJE (%)	NÚMERO (N/TOTAL)
SCN	PEN	28.8	21/73
	ERI	8.2	6/73
	GEN	2.7	2/73
	CLO	1.4	1/73
	TMS	1.4	1/73

(continúa)

(viene)

AISLAMIENTOS	FENOTIPO	PORCENTAJE (%)	NÚMERO (N/TOTAL)
SCN	PEN-ERI	4.1	3/73
	PEN-GEN	1.4	1/73
SA	PEN-CEF	2.7	2/73
	ERI-CEF	1.4	1/73
	CLI-ERI	1.4	1/73
	PEN-ERI -CLI	81.8	9/11

PEN:Penicilina; ERI: Eritromicina; GEN: Gentamicina; CLO: Cloranfenicol; TMS: Trimetoprima-sulfametoxazole; CLI: Clindamicina; CEF: Ceftiofur; SCN: *Staphylococcus coagulasa negativo*, SA: *Staphylococcus aureus*

Tabla 2. Perfiles fenotípicos de resistencia de *Staphylococcus* spp. en el sistema semi intensivo

AISLAMIENTOS	FENOTIPO	PORCENTAJE (%)	NÚMERO (N/TOTAL)
SCN	PEN	10.6	15/141
	ERI	2.8	4/141
	GEN	2.1	3/141
	CLO	1.4	2/141
	TET	5.8	8/141
	CLI	0.7	1/141
	TMS	2.1	3/141
	PEN-GEN	1.4	2/141
	PEN-ERI	2.1	3/141
	ERI-CEF	0.7	1/141
	CLI-ERI	2.1	3/141
	ERI-TMS	1.4	2/141
	ERI-CLI-CEF	0.7	1/141
	ERI-PEN-TMS	0.7	1/141
	ERI-PEN-GEN	0.7	1/141
SA	ERI-PEN-CLI	2.1	3/141
	PEN-TET	33.3	1/3
	PEN-ERI-CLI	33.3	1/3

PEN:Penicilina; ERI: Eritromicina; GEN: Gentamicina; CLO: Cloranfenicol; TMS: Trimetoprima-sulfametoxazole; CLI: Clindamicina; CEF: Ceftiofur; SCN: *Staphylococcus coagulasa negativo*, SA: *Staphylococcus aureus*

A partir del test de Chi-Cuadrado se determinó que existen diferencias significativas para los porcentajes de resistencia de *Staphylococcus* spp. en el sistema extensivo en relación con el sistema semi intensivo con un valor $p = 0,0016$.

Conclusiones y recomendaciones

Los aislamientos de *S. aureus* mostraron fenotipo de resistencia a múltiples antibióticos en ambos sistemas de producción (alto nivel de resistencia a betalactámicos, lincosamidas y macrólidos al mismo tiempo principalmente). Por el contrario, para los aislamientos de SCN, este fenotipo de resistencia solo se encontró en el sistema de producción semi intensiva. Esto podría ser un indicador de la gran capacidad de *S. aureus* para seleccionar RAM y adaptarse rápidamente en la glándula mamaria.

Los SCNs mostraron un alto nivel de resistencia a la penicilina en primer lugar, seguido por eritromicina y finalmente por gentamicina en tercer lugar, independientemente del sistema de producción de donde habían sido aislados. La resistencia frente a trimetoprim-sulfametoxazol, cloranfenicol y fluoroquinolonas fue baja en cualquiera de los dos tipos de explotaciones. Los fenotipos de resistencia en SCN fueron muy similares en ambos sistemas de producción, sin embargo, los porcentajes netos de resistencia fueron inesperadamente superiores en los extensivos. En los sistemas de producción familiar, los ATMS se utilizan con menor frecuencia que en los sistemas de producción industrial (intensivos, semi intensivos). Sin embargo, en estos últimos los médicos veterinarios trabajan de manera mancomunada con los productores en la identificación de la problemática, diagnóstico, seguimiento y tratamiento antibiótico basado en la evidencia.

Estos resultados reflejan la importancia de implementar un uso prudente de los ATMS bajo supervisión de un profesional veterinario y la necesidad de monitorear la susceptibilidad antimicrobiana de manera sostenida, a los efectos de seleccionar la molécula más adecuada y eficaz.

La producción de leche caprina está en clara expansión a nivel mundial debido a sus beneficios en comparación con la leche bovina. Por lo tanto, es fundamental continuar investigando la resistencia en microorganismos relevantes para la salud productiva de los hatos lecheros y principalmente en aislamientos de *Staphylococcus* spp. ya que esto tiene gran impacto tanto en la productividad regional, así como en la salud animal, humana y ambiental.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONICET por la financiación parcial mediante la beca de doctorado 2020-2025. Este trabajo fue parcialmente financiado por el LEFYT y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica (ANPCyT) (PICT 2020-1429).

Referencias

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics data base. 2020. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- [2] Ghibaudi M, Simonetti L, Ponce V, De Lima A, et al. Introducción a la lechería caprina. *Rev Divul Téc Agropec Agroind Amb*. 2018;5:50-60.
- [3] Paz R, Togo J, Usandivaras P, Castel JM, Mena Y. Análisis de la diversidad en los sistemas lecheros caprinos y evaluación de los parámetros productivos en la principal cuenca lechera de Argentina. *Livestock Res Rural Dev*. 2005;17(1). [Consultado el 13 de mayo de 2024]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd17/1/paz17008.htm>
- [4] Bayona JE, Martínez LZ, Bermejo JV, Galván GR. *Biodiversidad caprina iberoamericana*. Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia; 2016. <https://doi.org/10.16925/9789587600674>
- [5] Acosta AC, Silva LB, Medeiros ES, Pinheiro-Júnior JW, et al. Mastites em ruminantes no Brasil. *Pesq Vet Bras*. 2016;36(7):565-573. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2016000700001>
- [6] Smith K. The world of mastitis. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Mastitis and Milk Quality*. National Mastitis Council, Vancouver; 2001. p. 1.
- [7] Martínez GM, Suárez VH. *Lechería caprina: producción, manejo, sanidad, calidad de leche*. Ediciones INTA; 2018.
- [8] Novac CS, Andrei S. The impact of mastitis on the biochemical parameters, oxidative and nitrosative stress markers in goat's milk: A review. *Pathogens*. 2020;9(11):882. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110882>
- [9] Jimenez-Granado R, Molina A, Ziadi C, Sanchez M, Muñoz-Mejías Demyda-Peyrás S, et al. Genetic parameters of somatic cell score in Florida goats using single and multiple traits models. *Animals (Basel)*. 2022;12(8):1009. <https://doi.org/10.3390/ani12081009>
- [10] Reglamento (CE) N° 853/2004. *Diario Oficial de la Unión Europea*. 2004;139/55:1–151. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2004/139/L00055-00205.pdf>
- [11] Menzies P. Udder health for dairy goats. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 2021;37(1):149-174. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2020.12.002>

- [12] Mishra AK, Sharma N, Singh DD, Gururaj K, Sharma DK, Kumar V, et al. Prevalence and bacterial etiology of subclinical mastitis in goats reared in organized farms. *Vet World*. 2018;11(1):20-24. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.20-24>
- [13] Mestorino N, Errecalde J. Pharmacokinetic – pharmacodynamic considerations for bovine mastitis treatment [Internet]. *A Bird's-Eye View of Veterinary Medicine*. InTech; 2012. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5772/31721>
- [14] Vargová M, Zigo F, Výrostková J, Farkašová Z, Rehan IF. Biofilm-producing ability of *Staphylococcus aureus* obtained from surfaces and milk of mastitic cows. *Vet Sci*. 2023;10(6):386. <https://doi.org/10.3390/vetsci10060386>
- [15] Phophi L, Petzer IM, Qekwana DN. Antimicrobial resistance patterns and biofilm formation of coagulase-negative *Staphylococcus* species isolated from subclinical mastitis cow milk samples submitted to the Onderstepoort Milk Laboratory. *BMC Vet Res*. 2019;15:420. <https://doi.org/10.1186/s12917-019-2175-3>
- [16] Steffen KD, Arias RO, Gortari L, Moré G. Caracterización de la curva de lactancia y rendimiento en cabras Saanen de un tambo semi-intensivo de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *FAVE Secc Cienc Vet*. 2021;20(1):41-46. <https://doi.org/10.14409/favecv.v20i1.9778>
- [17] CLSI. *Performance standards for antimicrobial disk and dilution susceptibility tests for bacteria isolated from animals, 6th edition*. 2024. Disponible en: <https://clsi.org/standards/products/veterinary-medicine/documents/vet01/>
- [18] Contreras A, Sierra D, Sánchez A, Corrales JC, Marco JC, Paape MJ, et al. Mastitis in small ruminants. *Small Rumin Res*. 2007;68(1-2):145-153. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.011>
- [19] Sticotti EE, Giraud JA, Mació MN, Bérnago EG, Schneider M, Magnano G. Agentes bacterianos presentes en leche de cabras con mastitis clínicas en sistemas de cría extensivos. *Primer Congreso Caprino*. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto; 2013. Sitio Argentino de Producción. p. 1-4. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/leche_caprina/44-bacterianos_mastitis.pdf
- [20] Silva Júnior AE, Vasconcelos PC, Saraiva MMS, Santos Filho L, Oliveira CJB, Givisiez P. Antimicrobial susceptibility profiles of *Staphylococcus* spp. contaminating raw goat milk. *Vet World*. 2021;14(5):1074-1079. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1074-1079>

- [21] Parco A, Macaluso G, Foti M, Vitale M, Fisichella V, Tolone M, et al. Phenotypic and genotypic study on antibiotic resistance and pathogenic factors of *Staphylococcus aureus* isolates from small ruminant mastitis milk in South of Italy (Sicily). *Ital J Food Saf.* 2021;10(3):9722. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2021.9722>
- [22] de Souza Santos A, de Lima DCV, Abad ACA, de Oliveira PRF, da Silva JG, de Moura GS, et al. Antimicrobial resistance profile of non-*aureus Staphylococci* isolates from buffalo, goat and sheep mastitis in the Northeast region of Brazil. *J Dairy Res.* 2020;87(3):290-294.