



Diagnóstico de mastitis en cabras y borregas en una unidad de producción de la Ciudad de México

Montserrat Granados Villagrán¹

 0009-0001-1900-420X

Karina Oropeza Hernández²

 0009-0006-5210-1630

Yazmín Ivonne Arriaga Avilés^{1*}

 0000-0002-9737-2235

¹Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Centro de Enseñanza, Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal.

²Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán.

* Autora para correspondencia:
Correo electrónico:
yaza_8169@yahoo.com.mx

Resumen

Descripción de los casos. Se analizaron diez muestras de leche de cabras y borregas diagnosticadas con mastitis subclínica a través de la prueba de California, así como 26 hisopados del equipo de ordeño utilizado en estos animales con la finalidad de aislar e identificar bacterias causantes de mastitis.

Hallazgos clínicos. Los animales se encontraban clínicamente sanos, con constantes fisiológicas normales de acuerdo con su raza y edad; estos animales fueron diagnosticados con mastitis subclínica con una calificación de 1 y 2 a través de la prueba de California que se realiza de forma rutinaria en el rebaño.

Tratamiento y evolución. Los animales no recibieron ningún tratamiento, únicamente se tomaron medidas de prevención para evitar la diseminación de los agentes infecciosos hacia el resto del rebaño.

Pruebas de laboratorio. Las muestras de leche recolectadas y los hisopos se sembraron en agar sangre y agar MacConkey para detectar bacterias mesofílicas y facultativas, los aislados se tiñeron con Gram para orientar su identificación con pruebas bioquímicas.

Relevancia clínica. Los cambios patológicos en la glándula mamaria resultan de la interacción entre lesiones, agentes infecciosos y prácticas de manejo deficientes. La mastitis, debido a que es una enfermedad muy común, repercute considerablemente en los costos de producción, ya que afecta la producción láctea, y la enfermedad se puede diseminar rápidamente dentro del rebaño.

Palabras clave: Infección intramamaria; Pequeños rumiantes; Leche; Diagnóstico bacteriológico; *Staphylococcus* spp.

Una forma de citar este artículo:

Granados Villagrán M, Oropeza Hernández K, Arriaga Avilés YI. Diagnóstico de mastitis en cabras y borregas en una unidad de producción de la Ciudad de México. Clínica veterinaria: abordaje diagnóstico y terapéutico. 2022;9:e952023106. doi: 10.22201/fmvz23958766e.2023.9.106.

Recibido: 2022-12-22

Aceptado: 2023-08-01

Publicado: 2023-10-25

Información y declaraciones adicionales en la página 9

© Derechos de autor:

Montserrat Granados Villagrán et al. 2023

acceso abierto 



Distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC-BY 4.0)

Mastitis diagnosis in goats and sheep in a Mexico City production unit

Abstract

Cases description. Ten milk samples from goats and sheeps that tested positive using the California Mastitis Test (CMT) as well as 26 swabs from the milking machine were analyzed to identify bacteria causing mastitis.

Clinical findings and interpretation. All animals were clinically healthy with normal physiological parameters according to their breed and age; these animals were diagnosed with subclinical mastitis in grades 1 and 2 using the CMT that is routinely performed in the herd.

Treatment and evolution. The animals did not receive any treatment, only preventive measures to reduce the risk of spreading the infectious agents to the rest of the herd.

Lab tests. The collected milk samples and swabs were inoculated on to Blood agar and MacConkey agar to detect mesophilic and facultative bacteria, isolates were Gram stained in order to identify it using biochemical tests.

Clinical relevance. Pathological changes in the mammary gland result from the interaction between lesions, infectious agents, and poor management practices. Mastitis is currently one of the *most widespread diseases affecting dairy* animals with a considerable impact on production costs, milk production and the disease can spread very fast within the herd.

Keywords: Intramammary infection; Small ruminants; Milk; Bacteriological diagnosis; *Staphylococcus* spp.

Descripción de los casos

Se obtuvieron muestras de leche de las dos glándulas mamarias de cuatro cabras de raza alpina francesa, y de la glándula izquierda de dos borregas de raza east Friesian, de entre dos y cinco años de edad, con una producción promedio de leche de 4.5 litros por día, tanto para cabras como para borregas. El ordeño se realiza dos veces al día y todos los animales se encontraban en el segundo tercio de la lactación (120 días aproximadamente).

En esta unidad, los animales se encuentran separados por especie (área de cabras y área de borregas) y se lotifican en distintos corrales de acuerdo con la etapa fisiológica en la que se encuentren, es decir, se separan en animales lactantes, etapa de crecimiento y desarrollo, primaras, gestantes, producción de leche, mantenimiento y sementales; a las hembras en producción de leche se les realiza la prueba de California una vez a la semana para detectar mastitis subclínica, aunque se detecten animales positivos a la prueba, no se toman muestras de leche para confirmar el diagnóstico a través del aislamiento bacteriológico debido al gasto que implica realizar el diagnóstico para cada muestra de leche.

Se trabajó con un corral de 35 cabras, y uno de 17 borregas en producción, a las que se les realizó la prueba de California, de los animales que resultaron positivos, se les realizó el muestreo de leche para realizar el aislamiento e identificación bacteriana, debido a que estas muestras forman parte del reporte de servicio social de una de las autoras la cual también realizó prácticas en el área de bacteriología.

Para obtener las muestras de leche, se desinfectaron los pezones con torunda y alcohol al 70%, se realizó la extracción manual desechando los tres primeros chorros de leche de cada una de las glándulas. Posteriormente, se obtuvieron 30 mL de leche de cada glándula en frascos nuevos, estériles y con tapa de rosca. También se tomaron muestras del equipo de ordeño, en total, 26 hisopos correspondientes a las pezoneras de seis unidades de ordeño, una contrapesa de pezonera y una muestra del tanque de almacenamiento de leche (Figuras 1 y 2). Las muestras se obtuvieron antes y después del lavado de las unidades de ordeño, el muestreo se realizó con un hisopo estéril y medio de transporte Stuart; posteriormente se trasladaron las muestras en condiciones de refrigeración (4 °C) al Laboratorio de Enseñanza e Investigación del Departamento de Medicina y Zootecnia de Rumiantes, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México para realizar el análisis bacteriológico.

Hallazgos clínicos e interpretación

Los animales se encontraban clínicamente sanos, con constantes fisiológicas normales de acuerdo con su raza y edad. Estos animales fueron diagnosticados con mastitis subclínica con una calificación de 1 y 2 a través de la prueba de California que se realiza de forma rutinaria en el rebaño.

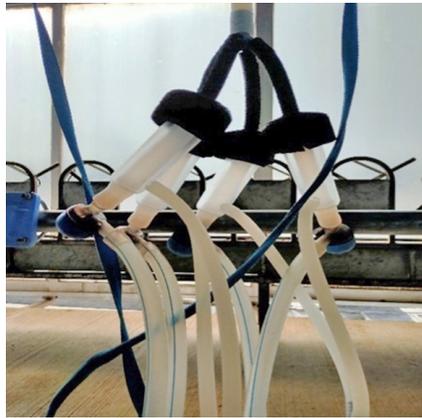


Figura 1. Equipo de ordeño.



Figura 2. Pezoneras.

Tratamiento y evolución

A los animales no se les aplicó ningún tratamiento, únicamente se tomaron medidas de prevención para evitar la diseminación de los agentes infecciosos al resto del rebaño, es decir, los animales que fueron diagnosticados con mastitis subclínica se comenzaron a ordeñar al final del resto de los animales y se les realizó diariamente la prueba de California hasta observar una prueba negativa en estos animales.

Pruebas de laboratorio

Diagnóstico bacteriológico tradicional

Con el fin de identificar bacterias mesofílicas facultativas, se colocaron 30 μ L de la muestra en una placa de agar sangre y agar MacConkey en la primera estría para realizar el primocultivo, ambas placas se incubaron a 37 °C durante 24 horas en condiciones de aerobiosis. En caso de no observar crecimiento bacteriano, se incubaron durante 48 horas más hasta descartar crecimiento bacteriano. Los cultivos positivos fueron examinados para determinar la morfología macroscópica de las colonias desarrolladas y su número relativo de acuerdo con el número de cuadrantes del agar donde el crecimiento bacteriano (Figura 3). A partir de las colonias representativas, se realizó un frotis fijo teñido con Gram para guiar la identificación bioquímica recomendada por Carter et al.⁽¹⁾

En cuanto a los cocos grampositivo, catalasa positivo, se les realizaron las pruebas bioquímicas correspondientes para identificarlos como *Staphylococcus* spp. o *Micrococcus* spp. En caso de pertenecer al género *Staphylococcus*, se les realizó la prueba de coagulasa en un tubo para identificarlos como *Staphylococcus coagulasa* positivo (*S. aureus*) o *Staphylococcus coagulasa* negativo (Figura 4). Los cocos grampositivo, catalasa negativo, se identificaron como *Streptococcus* spp.; los bacilos grampositivo, catalasa positivo, fueron identificados como *Corynebacterium* spp. y, por último, los bacilos gramnegativo, oxidasa negativo, fueron identificados como enterobacterias al realizar las pruebas bioquímicas recomendadas. Las levaduras fueron analizadas en el Laboratorio de Micología del Departamento de Microbiología e Inmunología de la FMVZ, donde fueron identificadas dentro del género *Candida* spp.

Los resultados obtenidos reflejan que no hubo diferencias en cuanto al crecimiento bacteriano entre los hisopados tomados antes y después del lavado de las unidades de ordeño, por lo que se puede concluir que no se está llevando a cabo una buena rutina de limpieza del equipo de ordeño y además deben utilizarse los detergentes recomendados de forma adecuada. En el Cuadro 1 se muestran los aislamientos identificados en los animales, y en el Cuadro 2, los hisopos del equipo de ordeño.



Figura 3. Colonia de *Staphylococcus aureus* en agar sangre.



Figura 4. Prueba de coagulasa positiva.

Cuadro 1. Resultados obtenidos de las muestras de leche de los animales

Número de animal	Glándula mamaria muestreada	Especie	Edad del animal	Número de lactación	Resultado prueba de California	Identificación bacteriológica
2278	Izquierda	Cabra	2 años	Segunda	1	Negativo a crecimiento bacteriano
	Derecha				1	Negativo a crecimiento bacteriano
2327	Izquierda	Cabra	2 años	Segunda	Trazas	<i>Staphylococcus</i> spp. <i>coagulasa</i> negativo
	Derecha				1	Negativo a crecimiento bacteriano
2258	Izquierda	Cabra	3 años	Tercera	Trazas	<i>Staphylococcus</i> spp. <i>coagulasa</i> negativo
	Derecha				2	<i>Staphylococcus aureus</i>
2357	Izquierda	Cabra	4 años	Cuarta	1	Negativo a crecimiento bacteriano
	Derecha				1	Negativo a crecimiento bacteriano
7090	Izquierda	Borrega	2 años	Segunda	1	<i>Staphylococcus</i> spp. <i>coagulasa</i> negativo
7201	Izquierda	Borrega	2 años	Segunda	1	Negativo a crecimiento bacteriano

Cuadro 2. Resultados obtenidos en los hiospos del equipo de ordeño

Tanque de almacenamiento de la leche:

- *Candida formata*
- *Staphylococcus* spp. *coagulasa* negativo

Contrapesa (pezonera):

- *Escherichia coli*
- *Sarcina* spp.

Número de Pezonera	Pezonera	Antes del lavado	Después del lavado
1	Izquierda	<i>Candida parapsilosis</i> <i>Bacillus</i> spp.	<i>Candida formata</i> <i>Staphylococcus</i> spp. <i>coagulasa</i> negativo
	Derecha	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus</i> spp. <i>coagulasa</i> negativo
2	Izquierda	<i>Staphylococcus</i> spp. <i>coagulasa</i> negativo	<i>Staphylococcus</i> spp. <i>coagulasa</i> negativo <i>Bacillus</i> spp. <i>Escherichia coli</i>
	Derecha	Bacilo gramnegativo	<i>Bacillus</i> spp. <i>Sarcina</i> spp.
3	Izquierda	<i>Corynebacterium</i> spp.	<i>Staphylococcus</i> spp. <i>coagulasa</i> negativo
	Derecha	<i>Bacillus</i> spp. <i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus</i> spp. <i>coagulasa</i> negativo Bacilo gramnegativo
4	Izquierda	<i>Bacillus</i> spp. Bacilo grampositivo	<i>Sarcina</i> spp.
	Derecha	<i>Bacillus</i> spp.	<i>Bacillus</i> spp. Bacilo gramnegativo
5	Izquierda	<i>Bacillus</i> spp.	<i>Candida</i> spp.
	Derecha	<i>Staphylococcus</i> spp. <i>coagulasa</i> negativo	<i>Bacillus</i> spp. Bacilo gramnegativo
6	Izquierda	<i>Candida</i> spp.	<i>Staphylococcus</i> spp. <i>coagulasa</i> negativo
	Derecha	<i>Candida kefyr</i>	Negativo a crecimiento bacteriano

Discusión y relevancia clínica

El término "mastitis" se utiliza para referirse a la inflamación de la glándula mamaria independientemente de la causa, la primera consecuencia de la mastitis es una disminución de la producción de leche y se caracteriza por cambios físicos, químicos y bacteriológicos en la glándula, así como cambios patológicos en la ubre de acuerdo con Bergonier et al.⁽²⁾ En la primera década de este siglo, Contreras et al.⁽³⁾ resaltaron la importancia de realizar estudios sobre mastitis enfocados en pequeños rumiantes y en no generalizar ni traspolar la investigación sobre mastitis bovina en cabras y borregas.

En esta serie de casos, se aisló al género *Staphylococcus* de cuatro muestras clínicas (tres de cabras y una de borrega). De estas muestras positivas, una fue identificada como *S. aureus*, donde la cabra obtuvo una calificación de 2 en la prueba de California y un poco de enrojecimiento en la glándula mamaria derecha. En el resto de las muestras se identificó *Staphylococcus* coagulasa negativo (SCN), esto concuerda con lo reportado por Vanderhaeghem et al.,⁽⁴⁾ quienes mencionan que las mastitis causadas por *Staphylococcus aureus* ocupan el primer lugar en bovinos; sin embargo, en cabras, las infecciones causadas por *S. aureus* ocupan el segundo lugar, donde los SCN son los principales agentes causantes de mastitis clínica y subclínica.

En México existen reportes de agentes bacterianos aislados de casos de mastitis caprina desde la década de los ochenta. Según Amezcua et al.,⁽⁵⁾ los microorganismos aislados con mayor frecuencia en cabras lecheras ordeñadas mecánicamente en un rebaño del estado de Guanajuato, México, fueron *S. aureus*, *S. epidermidis* y *Micrococcus* spp. En un estudio realizado en Puebla por Bonilla⁽⁶⁾ con cabras diagnosticadas con mastitis subclínica, se identificó principalmente SCN como *S. cohnii*, *S. capitis* y *S. aureus*. Figueroa et al.⁽⁷⁾ analizaron muestras de leche de cabras ordeñadas de forma mecánica, de las que el 64.5 % (76 muestras) resultaron positivas a mastitis subclínica; de estas 76 muestras el 81.5 % fueron negativas y el 18.5 %, positivas. De ellas se aisló únicamente *Staphylococcus* spp., por lo que el género *Staphylococcus* es el principal involucrado en mastitis en cabras, ya sea SCN o *coagulasa* positivo (SCP) o *S. aureus*.

Ruiz-Romero et al.⁽⁸⁾ reportaron que las especies de SCN que se aislaron con mayor frecuencia en casos de mastitis caprina en Querétaro, México, fueron *S. chromogenes*, *S. xylosus* y *S. simulans*. En años más recientes (2018-2019), Manzanero-Martínez et al.⁽⁹⁾ aislaron principalmente a *S. epidermidis*, *S. simulans* y *S. xylosus* en los Estados de Puebla, Querétaro y el Estado de México. En este reporte se trabajaron con muy pocos animales y como se mencionó anteriormente, en esta unidad de producción no se realiza un diagnóstico bacteriológico debido al costo y a que es poco común que se envíen muestras al laboratorio para identificar a los agentes causantes de esta enfermedad, a pesar de ello, a través de la prueba de *coagulasa* se puede determinar si las especies de *Staphylococcus* pertenecen al grupo de los SCN, pero debido a la gran cantidad de especies que tiene este género, las pruebas bioquímicas no son suficientes para lograr identificar la especie, por lo que se utilizan sistemas semiautomatizados a los cuales no se tuvo acceso para realizar la identificación final.

En el caso de la leche de borrega, para Velázquez-Ordoñez et al.,⁽¹⁰⁾ en rebaños del Estado de México, los principales agentes bacterianos aislados fueron: *S. aureus*, *E. coli*, bacterias coliformes y *Bacillus* spp. En menor proporción se

identificaron *Staphylococcus coagulasa* negativo, *Mannheimia haemolytica* y *Pasteurella multocida*, por lo que el género *Staphylococcus* también es el principal agente casuante de mastitis en esta especie animal. En cuanto a los resultados en el equipo de ordeño, se identificaron bacterias contaminantes como *Bacillus* spp. y *Sarcina* spp. que son saprófitos de agua y suelo, pero llegan a causar inflamación en la glándula mamaria.

Las enterobacterias como *E. coli*, bacterias medioambientales como *Corynebacterium* spp. y hongos levaduriformes del género *Candida* se clasifican como patógenos medioambientales que potencialmente pueden infectar la glándula mamaria de los animales a través del equipo de ordeño causando enfermedad en los animales. De las levaduras, Mousa et al.⁽¹¹⁾ reportaron que especies como *Candida kefyr*, *Candida guilliermondii*, *Candida famata*, *Candida glabrata*, *Candida albicans* y *Candida parapsilosis* llegan a causar mastitis en cabras; mientras que en borregas, Hassan et al.⁽¹²⁾ han reportado casos de mastitis acusadas por *Candida albicans*, *Candida parapsilosis* y *Candida rugosa*. En nuestro reporte, algunas de estas especies fueron identificadas en el equipo de ordeño, lo que representa un peligro potencial para que los animales desarrollen mastitis.

Adkins et al.⁽¹³⁾ mencionan que los mecanismos de transmisión de estos agentes etiológicos dependen del grado de contaminación del medio ambiente, la presencia de medios infectados, la higiene de la sala de ordeño, las prácticas de manejo inadecuadas y la susceptibilidad del huésped, así como, la falta de higiene, la mala realización del ordeño, como el uso de las mismas pezoneras, de las cuales se recomienda hacer el recambio cada año, y lavarlas antes y después del ordeño de manera adecuada para eliminar la mayor cantidad de bacterias. Aunque a los animales afectados de este estudio no se les dio ningún tratamiento, de acuerdo con Capote et al.⁽¹⁴⁾ se puede prescribir el uso de desinflamatorios como la fenilbutazona (10 mg/kg), la meglumina de flunixin (1–2 mg/kg) y la dexametasona (0.44 mg/kg). Y también recomiendan realizar el ordeño frecuente de las hembras afectadas y dar terapia de soporte.

Ahora bien, según Sordillo et al.,⁽¹⁵⁾ se recomienda realizar periódicamente muestreos bacteriológicos de leche para prevenir la proliferación de microorganismos y evitar la mastitis en la siguiente lactación. Por último, se debe considerar la mastectomía si los tratamientos no resultan efectivos y la ejemplar es genéticamente valiosa. Mientras, Dalanezi et al.⁽¹⁶⁾ mencionan que durante los últimos 25 años el interés sobre los SCN ha ido en aumento debido al potencial de este grupo bacteriano para causar infecciones oportunistas, además de la rápida capacidad de los SCN para desarrollar resistencia a los antibióticos.

En este estudio se trabajó con pocos animales y, a pesar de que no se realizaron pruebas de laboratorio, es el comienzo de las pruebas en animales con mastitis para administrar un tratamiento adecuado, ya sea de soporte o con antibióticos. No se tuvo la oportunidad de realizar pruebas de susceptibilidad a antibióticos de los aislados, los resultados obtenidos se pusieron a disposición del médico veterinario responsable para que pueda tomar las decisiones acertadas, evitar la diseminación de estos agentes, realizar el lavado adecuado del equipo de ordeño y evitar el uso indiscriminado de antibióticos.

Financiamiento

Este reporte no recibió ningún tipo de financiamiento.

Agradecimientos

Agradecemos a la doctora Rocio Angelica Ruiz Romero por la supervisión de los análisis bacteriológicos.

Conflictos de interés

Los autores no tienen ningún conflicto de interés para el caso que se presenta.

Contribución de los autores

MGV: obtención, procesamiento y análisis de muestras clínicas.

KOH: interpretación de datos y redacción del manuscrito.

YIAA: redacción y revisión crítica del manuscrito, aprobación final y seguimiento clínico de los animales.

Referencias

1. Carter GR. *Staphylococcus* species. In: B Markey, F Leonard, M Archambault, A Cullinane, D Maguire, editores. *Clinical Veterinary Microbiology*. 2a ed. Reino Unido: Mosby Elsevier; 2013. pp. 105–119.
2. Bergonier D, De Cremoux R, Rupp R, Lagriffoul G, Berhelot X. Mastitis of dairy small ruminants. *Vet Res*. 2003;34:689–716. doi:10.1051/vetres:2003030.
3. Contreras A, Sierra D, Sánchez A, Corrales JC, Marco, Paape MJ, Gonzalo C. Mastitis in small ruminants. *Small Rum Res*. 2007;68(1). doi:10.1016/j.smallrumres.2006.09.011.
4. Vanderhaeghem W, Piepers S, Leroy F, van Coillie E, Haesebrouck F, de Vliegher S. Identification, typing, ecology and epidemiology of coagulase negative staphylococci associated with ruminants. *Vet J*. 2015;203(1):44–51. doi:10.1016/j.tvjl.2014.11.001.
5. Amezcua MA. Prevalencia de mastitis subclínica en hatos caprinos en la zona central del bajío (Tesis de licenciatura). México DF: UNAM, 1981.
6. Bonilla CS, Rosas MS, Hernández AL, Díaz AE, Villa GR, Hernández ZJS. Agentes etiológicos involucrados en la mastitis subclínica en cabras lecheras. *Memorias del XXVII Congreso Nacional de Buiatria*. Villahermosa, Tabasco, México; 2003.
7. Figueroa MLG. Cuenta de células somáticas en leche de cabra mediante las pruebas diagnósticas: prueba de California, Wisconsin, cuenta microscópica y contador infrarrojo (tesis de licenciatura). México DF: UNAM; 2008.
8. Ruiz-Romero RA, Cervantes-Olivares RA, Ducoing-Watty AE, Hernández-Andrade L, Martínez-Gómez D. Principales géneros bacterianos aislados de leche de cabra en dos granjas del municipio de Tequisquiapan, Querétaro, México. *Rev Mex Cienc Pecu*. 2013;4(1):93–106.
9. Manzanero-Martínez SP, Ruiz-Romero RA, Cervantes-Olivares RA, Espinosa-Ortín VE, Ducoing-Watty AE. Identification of and antimicrobial resistance in bacteria causing caprine mastitis in three states and a city in Central Mexico under manual and mechanical milking conditions. *J Dairy Vet Anim Res*. 2018;7(3):115–118. doi:10.15406/jdvar.2018.07.00201.
10. Velázquez-Ordoñez V, Valladares-Carranza B, Alonso-Fresán M, Melo-Gómez L, Gil-Gil A. Abigail. Distribución de la mastitis subclínica en rebaños ovinos de

- carne en unidades de producción familiar del estado de México. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*. 2015;2(2):148–154.
11. Mousa WS, Abdeen EE, Hegazy YM. Chronic incurable mastitis in sheep: prevalence, identification of predisposing factors, and genotyping of fungal causative species using PCR-RFLP. *Trop Anim Health Prod*. 2021;53(2):268. doi: 10.1007/s11250-021-02703-5.
 12. Hassan BH, Kshash QH, Offi SY. Mycotic mastitis in sheep. *Journal of Vet Med Sci*. 2014;13(2):1–4.
 13. Adkins PRF, Placheta LM, Borchers MR, Bewlwy JM, Middleton JR. Distribution of staphylococcal and mammaliicoccal species from compost-bedded pack or sand-bedded freestall dairy farms. *J Dairy Sci*. 2022;105:6261-6270. doi: 10.3168/ids.2021–2150.
 14. Capote J, Torres A. El ordeño en las cabras canarias. Gobierno de Canarias. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. 2007–2013. <https://www.icia.es/icia/GanAfrica/Ordeno.pdf>
 15. Sordillo LM, Streicher KL. Mammary gland immunity and mastitis susceptibility. *J Mammary Gland Biol Neoplasia*. 2002;7:135–144.
 16. Dalanezi F, Joaquim S, Guimaraes AF, Guerra S, Lopes B, Schmidt E, Cerri R, Langoni H. Influence of pathogens causing clinical mastitis on reproductive variables of dairy cows. *J. Dait Sci*. 2020;103:3648-3655. doi: 10.3168/jds.2019-16841.