

Impacto productivo y económico de los eventos de mastitis en un sistema de ordeño voluntario en Argentina

Productive and economic impact of mastitis events in a voluntary milking system in Argentina

Impacto produtivo e econômico dos eventos de mastite em um sistema de ordenha voluntária na Argentina

Viretto P¹ <https://orcid.org/0009-0002-4766-6742> Martínez GM² <https://orcid.org/0000-0003-4455-4665>

Frossasco G¹ <https://orcid.org/0009-0005-6704-0220>, Suarez VH³ <https://orcid.org/0000-0002-5356-7663>

¹ Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, RN 34, 227, Rafaela, Santa Fe.

² Universidad Nacional de Salta. Facultad de Cs. Naturales. Sede Sur. Cnel. Vidt 346, 4440 Metán, Salta.

³ Estación Experimental Agropecuaria Salta, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, RN 68, 4403, Cerrillos, Salta.

Correo electrónico: viretto.pablo@inta.gob.ar

DOI: <https://doi.org/10.19137/cienvet.v27.8914>

Fecha de recepción: 14 de enero de 2025

Fecha de aceptado para su publicación: 26 de mayo de 2025

Resumen

El objetivo del trabajo fue estimar el impacto productivo en días previos y posteriores al inicio del evento de mastitis (EM), la conductividad eléctrica (CE) en el cuarto infectado durante el evento y el costo económico que genera en un sistema de ordeño voluntario (VMS) en Argentina. Se utilizaron datos de 20 vacas sanas y 20 que sufrieron EM (GM) en ordeño de un tambo VMS (Rafaela, Santa Fe). Se evaluó la producción de leche individual (diaria, por ordeño y por cuartos) y la CE por cuartos, a los -10, -5, 0, 5 y 10 días del registro de cada EM. Se analizó la producción láctea a lactancia cerrada a 305 días, el número de ordeños diarios y se estimaron las pérdidas económicas directas de los EM, considerando el costo de los tratamientos y la pérdida de leche. En total se registraron 30 EM. La producción fue inferior en el GM a los 0 y 5 días ($p < 0,05$). Los



cuartos infectados presentaron menor producción ($p < 0,02$) y mayor CE ($p < 0,01$) en el GM en todos los días. La producción y la CE de los cuartos no infectados, el número de ordeños diarios y la producción de leche a lactancia cerrada resultaron similares entre ambos grupos ($p > 0,05$). Las pérdidas económicas directas rondaron USD 116 por EM. Se requieren mayores ajustes en el índice de detección de mastitis para anticipar mejor el diagnóstico de los EM en los VMS, mejorando así la eficiencia y rentabilidad del sistema.

Palabras clave: Producción de leche, Conductividad eléctrica, Cuartos infectados, Tambo

Abstract

The aim of this study was to estimate the productive impact in the days before and after the onset of a mastitis event (ME), the electrical conductivity (EC) in the infected quarter during the event, and the economic cost it generates in a voluntary milking system (VMS) in Argentina. Data from 20 healthy cows and 20 cows that experienced ME (GM) on a VMS farm (Rafaela, Santa Fe) were used. Individual milk production (daily, per milking, and per quarter) and EC per quarter were evaluated at -10, -5, 0, 5, and 10 days from the onset of each ME. Milk production over a closed 305-day lactation period, the number of daily milkings, and the direct economic losses from ME were analyzed, considering the cost of treatments and milk loss. A total of 30 MEs were recorded. Production was lower in GM on days 0 and 5 ($p < 0.05$). Infected quarters showed lower production ($p < 0.02$) and higher EC ($p < 0.01$) in GM on all days. The production and EC of non-infected quarters, the number of daily milkings, and milk production over the closed lactation period were similar between groups ($p > 0.05$). Direct economic losses were approximately USD 116 per ME. Further adjustments in the mastitis detection index are required to better anticipate the diagnosis of MEs in VMS, thereby improving system efficiency and profitability.

Keywords: Milk production, Electrical conductivity, Infected quarters, Dairy farm

Resumo

O objetivo deste estudo foi estimar o impacto produtivo nos dias anteriores e posteriores ao início do evento de mastite (EM), a condutividade elétrica (CE) no quarto infectado durante o evento e o custo econômico gerado em um sistema de ordenha voluntária (VMS) na Argentina. Foram utilizados dados de 20 vacas saudáveis e 20 vacas que apresentaram EM (GM) em uma fazenda VMS (Rafaela, Santa Fé). A produção individual de leite (diária, por ordenha e por quarto)

e a CE por cuarto foram avaliadas nos dias -10, -5, 0, 5 e 10 em relação ao registro de cada EM. Foi analisada a produção de leite por lactação fechada aos 305 dias, o número de ordenhas diárias, e foram estimadas as perdas econômicas diretas dos Ems, considerando o custo dos tratamentos e a perda de leite. No total, foram registrados 30 EMs. A produção foi menor no GM nos dias 0 e 5 ($p < 0,05$). Os quartos infectados apresentaram menor produção ($p < 0,02$) e maior CE ($p < 0,01$) no GM em todos os dias. A produção e a CE dos quartos não infectados, o número de ordenhas diárias e a produção de leite no período de lactação fechada foram semelhantes entre os dois grupos ($p > 0,05$). As perdas econômicas diretas foram de aproximadamente 116 USD por EM. São necessários ajustes adicionais no índice de detecção de mastite para antecipar melhor o diagnóstico dos EMs em VMS, melhorando assim a eficiência e a rentabilidade do sistema.

Palavras-chave: Produção de leite, Condutividade elétrica, Quartos infectados, Fazenda leiteira

Introducción

La mastitis es una de las enfermedades multietiológicas más costosas que afectan a los establecimientos lecheros a nivel mundial ⁽¹⁾. Se caracteriza por la inflamación del epitelio del tejido de la glándula mamaria, producida como respuesta a cambios fisiológicos atribuidos principalmente a una infección bacteriana ⁽²⁾. Según los síntomas, se puede clasificar como inflamación intramamaria clínica o subclínica. La primera, se caracteriza por la aparición repentina con hinchazón y enrojecimiento de la ubre, alteración de consistencia y altos recuentos de células somáticas (RCS) de la leche del cuarto afectado, disminución notable del consumo y generalmente presencia de fiebre ⁽³⁾. Mientras que, las vacas con mastitis subclínica exhiben signos menos visibles en la ubre y en leche, aunque evidencian una disminución de la producción y un aumento del RCS, siendo la duración de la patología generalmente más prolongada en el tiempo ^(4,5,6).

Las pérdidas económicas atribuidas a las mastitis, tanto clínicas como subclínicas, no son fáciles de estimar. Las mismas están relacionadas con el impacto negativo que generan, en función de la incidencia, duración y gravedad de la enfermedad, sobre la producción y calidad de la leche, la disminución de la vida productiva de las vacas, aumento de los costos de diagnóstico, tratamientos veterinarios y de las medidas de prevención y monitoreo ^(1,7). Además, se deben considerar no sólo las pérdidas de leche y la baja de producción durante el proceso de inflamación, sino también posibles mermas en la producción de leche futura ^(8,9). A su vez, la

magnitud de las pérdidas varía entre los países y regiones, dependiendo principalmente del precio de la leche, los costos de los tratamientos y de la reposición de los animales ⁽¹⁰⁾.

En los sistemas productivos argentinos, los eventos de mastitis (EM) presentan un costo considerable. Richardet et al.¹¹ informó costos de EM de entre US\$ 185,01 y US\$ 143,03 para vacas y vaquillonas, considerando la leche de descarte, tratamiento y disminución de la producción en el resto de la lactancia. En una publicación posterior, Richardet et al. ⁽¹²⁾ estimaron el costo de las mastitis modelando diferentes escenarios de intervención en un rodeo lechero argentino con 200 vacas Holstein infectadas endémicamente con *Staphylococcus aureus*. El costo total informado fluctuó entre 43,60 y 114,24 USD/vaca por año para los diferentes escenarios evaluados.

Dentro de las pérdidas económicas, la reducción en la producción de leche asociada a la mastitis, durante el evento y posterior a este, resulta de gran importancia. La aplicación de tecnologías de precisión, a través de sensores para predecir los EM y el desarrollo de algoritmos para monitorear la recuperación de la ubre en sistemas automatizados de ordeño (VMS) representa oportunidades para mejorar la detección precoz de los eventos, evaluar la eficiencia de los tratamientos veterinarios aplicados, y por consiguiente, reducir los efectos negativos de esta enfermedad en el rodeo lechero ⁽¹³⁾.

Sin embargo, es escasa la información sobre el impacto en la producción de leche días previos y posteriores a los EM así como también, sobre los costos directos asociados a estos en los VMS. En estos sistemas, un método comúnmente utilizado para detectar vacas con mastitis es la medición de la conductividad eléctrica (CE) de la leche en cada cuarto de la ubre durante todos los ordeños ^(14,15,16). Cuando una vaca sufre mastitis (tanto clínica como subclínica) la CE de la leche aumenta en relación a vacas sanas, debido a un incremento en la concentración de iones de Na⁺ y Cl⁻ en leche^(17,18,19). No obstante, otros factores pueden afectar a la CE como la raza, la genética, el número de partos, la etapa de lactancia, el intervalo de ordeño y la composición de la leche ⁽²⁰⁾.

El objetivo de este trabajo fue estimar el impacto productivo en los días previos y posteriores al inicio del tratamiento de mastitis (EM), la variación de la CE en los cuartos infectados y el costo económico que genera el EM en un sistema VMS en Argentina

Materiales y Métodos

Para este estudio, se utilizaron datos de vacas en ordeño del tambo pastoril con suplementación y sistema VMS del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria, Rafaela, Santa Fe, Argentina (latitud Sur 31° 15,09' 12" y longitud oeste 61° 29,30' 32").

Los datos corresponden al período 2022/2023, recolectados a través del sistema de registro digital Delpro FarmManager 5.9. Se seleccionaron un total de 40 vacas Holstein (primíparas y múltiparas) con lactancia completa durante dicho período, que hayan tenido o no uno o más EM en la lactancia evaluada. A cada una de las vacas con EM (grupo mastitis: **GM**) se le asignó una vaca sin EM (grupo control: **GC**) que tuviese similar número de lactancia y fecha de parición.

Se consideró inicio del EM cuando el índice de detección de mastitis (MDi) fue igual o mayor a 2. El MDi es un algoritmo arrojado diariamente por el software Delpro FarmManager, que considera la CE el intervalo entre ordeño y presencia de sangre en leche para indicar la probabilidad de EM ⁽²¹⁾.

Para cada EM, se evaluó la producción de leche individual diaria, el número de ordeños diarios, la producción de leche promedio por ordeño y diaria de los cuartos infectados con mastitis y de los cuartos no infectados, y la CE de los cuartos infectados y de los no infectados a los -10, -5, 0, 5 y 10 días de la fecha de registro de inicio del EM. Además, se analizó la producción de leche a lactancia cerrada a 305 d, datos extraídos del software Delpro FarmManager 5.9.

A cada vaca del GM, se le asignó una vaca del GC, que tuviese similar DEL y número de lactancia y que no hubiera sufrido ningún evento sanitario durante la lactancia evaluada. En el GC se evaluaron las mismas variables anteriormente mencionadas, considerando las posiciones de los cuartos, infectados y no infectados, y los días en leche de las vacas del GM.

Se estimó las pérdidas económicas directas de los EM, considerando el costo de las dosis de medicamentos utilizados y los ingresos de litros leche que se dejaron de percibir (por baja de producción y días de retiro por la medicación); valores expresados en dólares estadounidenses.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de la varianza no paramétrica Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$), considerando como criterio de clasificación los grupos de vacas (GC y GM). Se utilizó el software InfoStat ⁽²²⁾.

Resultados

El 65% de las vacas del GM presentó un sólo EM (n= 13), el 20% (n= 4) tuvieron dos y el 15% restante (n= 3), tres eventos en la lactancia evaluada. En total, se registraron 30 EM.

La producción de leche diaria fue inferior en el GM el día del EM (-23,0%; p= 0,021) y a los 5 días posteriores al mismo (-14,9%; p< 0,037; Figura 1), en comparación al GC.

La producción de leche diaria y promedio por ordeño de los cuartos infectados (Figura 2 y Tabla 1, respectivamente) fue menor en las vacas del GM en todos los momentos analizados (-10, -5, 0, +5 y +10 d del EM; p< 0,02). Mientras que, la producción de leche diaria y promedio por ordeño de los cuartos no infectados (Figura 2 y Tabla 1) resultó similar entre ambos grupos (p> 0,05). La producción de leche a lactancia cerrada a 305 d fue de 11089,8 ± 2302,89 l y 11138,9 ± 2892,32 l para el GM y GC, respectivamente (p= 0.767). El número de ordeños diarios por vaca tampoco se vio afectado por los EM (p> 0,05, Tabla 1).

La CE de los cuartos infectados (Figura 3) fue superior en las vacas del GM en todos los momentos evaluados (-10, -5, 0, +5 y +10 d del EM; p< 0,01). En tanto, la CE de los cuartos no infectados (Figura 3) fue similar entre ambos grupos de vacas (p> 0,05).

Al analizar la variación en producción de leche diaria dentro del GM, se observó una disminución del 11,4 % de la producción de leche al momento del EM con respecto a la registrada 10 d antes (p=0,021). La cual se atribuye principalmente a la caída de producción de los cuartos infectados (-24,1%); (p <0,001). En tanto, la CE de los cuartos infectados fue 8,7% mayor al momento del diagnóstico del EM en comparación a 10 d antes. (p <0,001)

El costo medio de las dosis de medicamentos aplicados para tratar cada EM fue de 54,32 ± 24,41 USD. La pérdida económica por la leche no apta para la comercialización fue de 22,78 ± 26,89 USD/EM. A lo que se le debe adicionar, 39,28 USD/EM por los 92 l de leche promedio menos que se produjeron entre los 10 días anteriores y posteriores al EM. Por lo que, las pérdidas económicas directas rondaron los 116,38 USD/EM, sin considerar los costos de los análisis de laboratorio de la leche, los honorarios veterinarios y costos asociados a disminuciones en eficiencia reproductiva, calidad de la leche, entre otros.

Tabla 1: Medias y DE del número de ordeño y producción de leche por ordeño de los cuartos infectados y no infectados a los -10, -5, 0, 5 y 10 días de los eventos de mastitis en vacas que sufrieron o no esta patología (GM y GC, respectivamente).

Variables	GM		GC		p-valor
	Media	DE	Media	DE	
ORD -10d	2.47	0.68	2.40	0.50	0.761
PCIo -10d	3.13	1.31	4.14	1.31	0.008
PCNIo -10d	3.89	1.26	4.32	1.62	0.395
ORD -5d	2.27	0.52	2.37	0.56	0.449
PCIo -5d	3.33	1.16	4.13	1.19	0.016
PCNIo -5d	4.87	2.72	4.26	1.18	0.883
ORD 0d	2.40	0.68	2.40	0.62	0.892
PCIo 0d	2.36	1.12	4.18	1.00	<0.0001
PCNIo 0d	3.76	1.31	4.23	0.98	0.130
ORD +5d	2.23	0.50	2.50	0.78	0.092
PCIo +5d	2.81	1.14	3.98	1.09	<0.0001
PCNIo +5d	4.04	1.09	3.98	1.15	0.779
ORD +10d	2.40	0.50	2.43	0.63	0.838
PCIo +10d	2.89	1.26	4.16	1.01	<0.0001
PCNIo +10d	4.24	2.00	4.08	1.09	0.796

Referencias: ORD: número de ordeños diarios. PCIo y PCNIo: producción de leche promedio por ordeño de los cuartos infectados y no infectados, respectivamente.

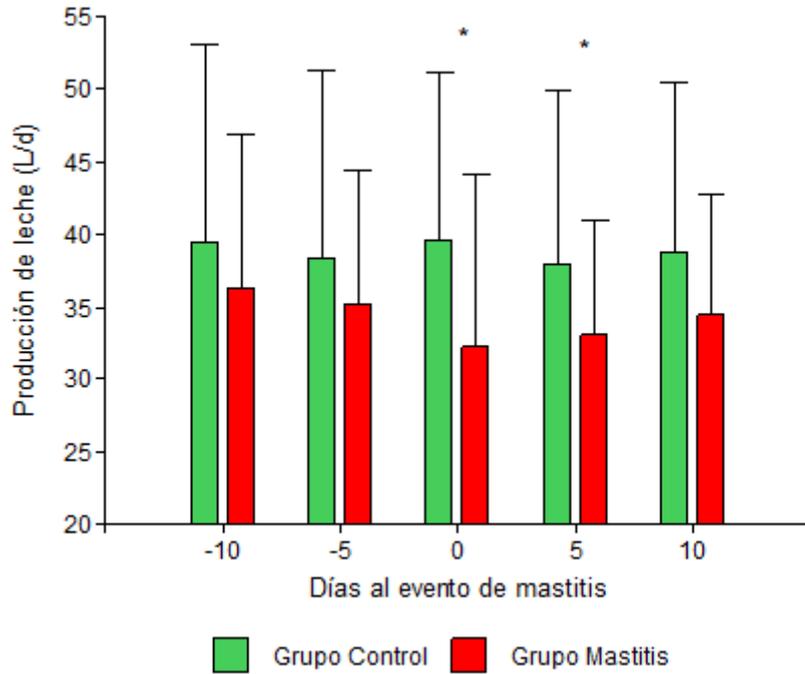
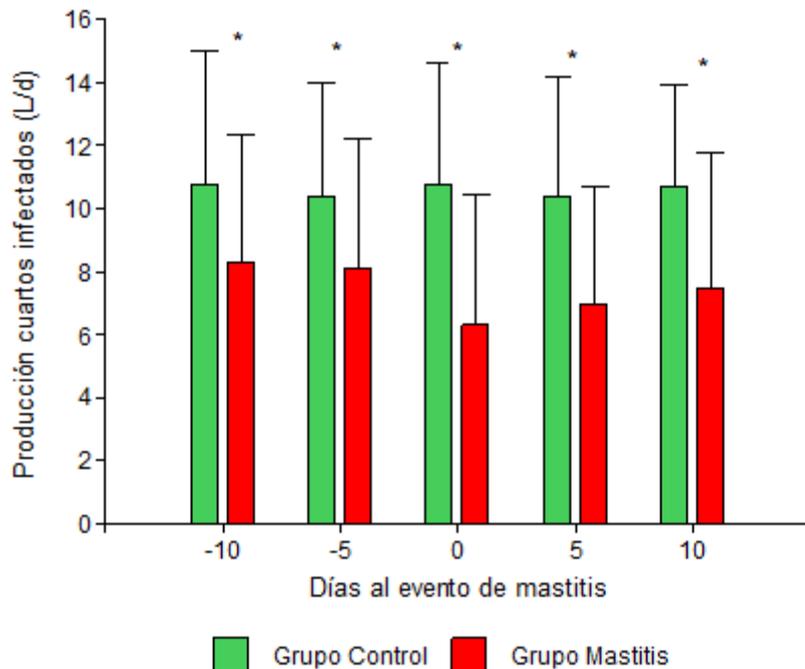


Figura 1: Producción de leche individual (L/día) a los -10, -5, 0, 5 y 10 días de los eventos de mastitis en vacas que sufrieron o no esta patología (Grupo Mastitis y Grupo Control, respectivamente). * Indica diferencias significativas entre los grupos ($p < 0,05$).

a)



b)

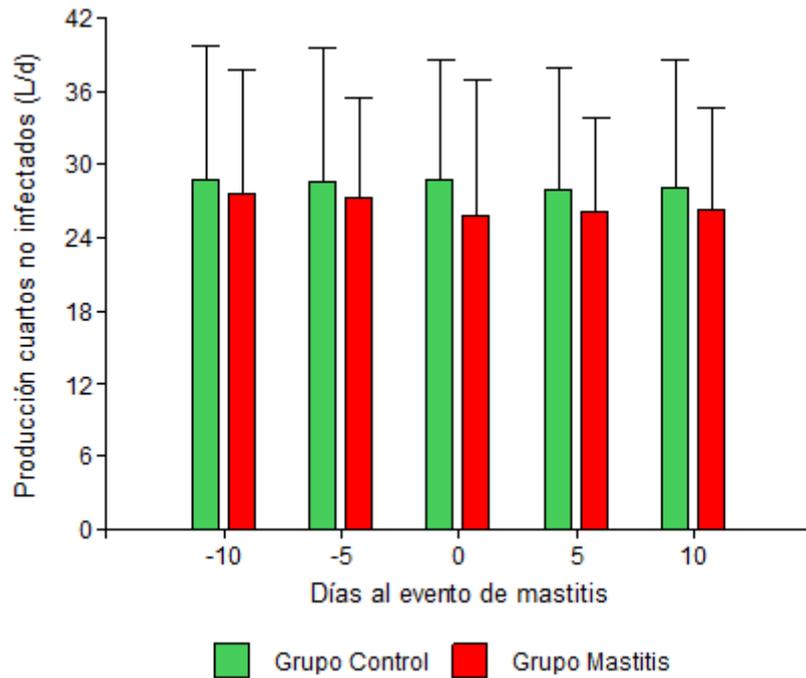
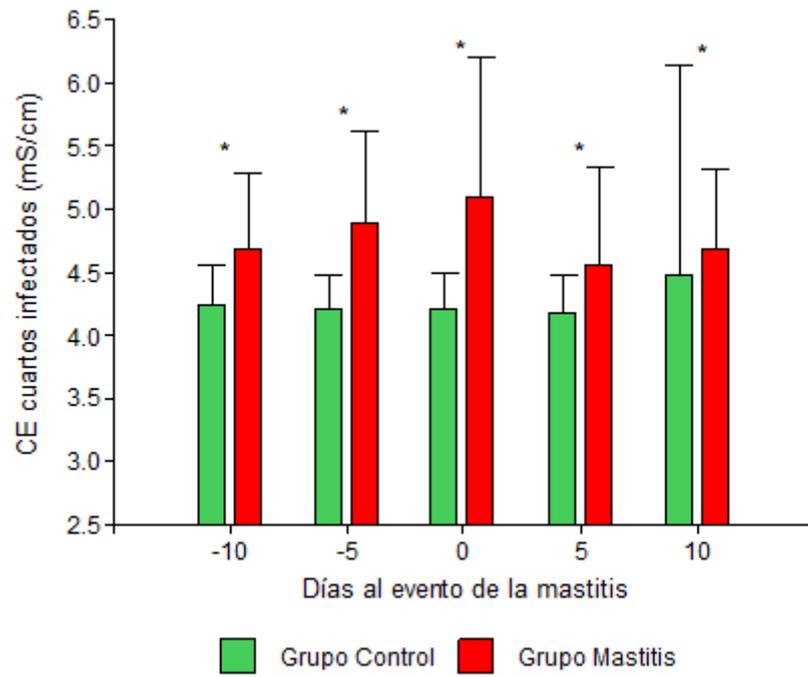


Figura 2: Producción de leche diaria por cuarto a los -10, -5, 0, 5 y 10 días de los eventos de mastitis en vacas que sufrieron o no esta patología (Grupo Mastitis y Grupo Control, respectivamente) en: a) cuartos infectados y b) cuartos no infectados. * Indica diferencias significativas entre los grupos ($p < 0,05$).

a)



b)

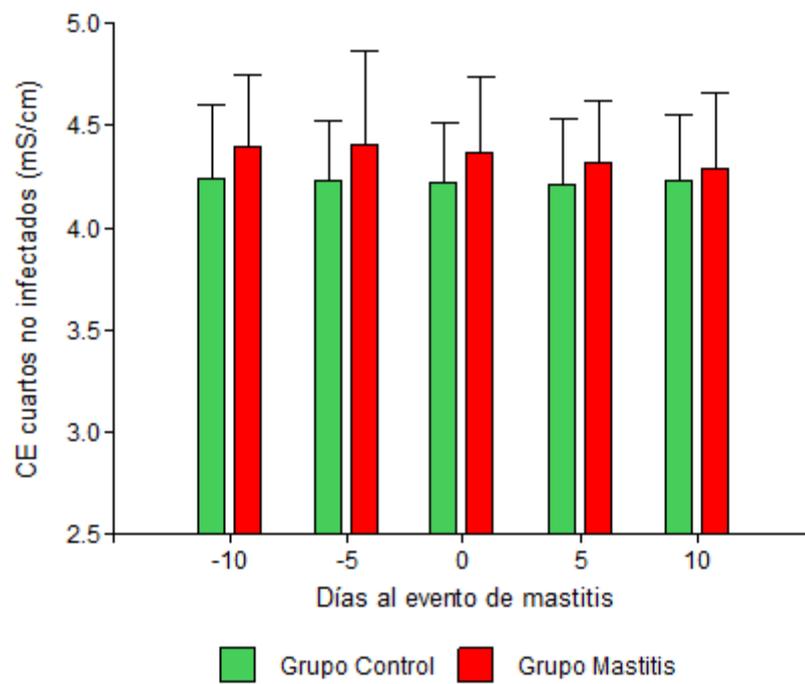


Figura 3: Conductividad eléctrica (CE) de los cuartos (mS/cm) a los -10, -5, 0, 5 y 10 días de los eventos de mastitis en vacas que sufrieron o no esta patología (Grupo Mastitis y Grupo Control, respectivamente) en: a) cuartos infectados y b) cuartos no infectados. *indica diferencias significativas entre los grupos ($p < 0,05$).

Discusión

En el presente estudio, se observaron menores producciones de leche diaria de los cuartos infectados entre los 10 días anteriores y posteriores a los EM, con pérdidas significativas en la producción diaria de las vacas desde el momento del diagnóstico hasta los 5 días posteriores. Investigaciones sostienen que la producción no solo se ve afectada a nivel de ubre sino también del cuarto, dado que la enfermedad tiene un efecto local en el tejido mamario debido a la reacción inflamatoria y a las toxinas del patógeno ⁽²³⁾.

En concordancia, Adriaens et al. ⁽¹³⁾ al evaluar el efecto de casos de mastitis en 41 establecimientos lecheros con sistemas VMS, hallaron una disminución en la producción absoluta y relativa entre los 5 días anteriores y 30 días posteriores al diagnóstico de los casos. Esta baja en la producción fue mayor en los cuartos inflamados que en los no inflamados, alcanzando una diferencia entre estos de hasta el 20% al momento del inicio del tratamiento veterinario. Además, los cuartos inflamados presentaron mayor variabilidad en la producción y una recuperación más lenta en el tiempo. Esta pérdida prolongada de leche podría ser atribuida a alteraciones histológicas en la glándula mamaria causada por los agentes causales de la mastitis ^(24,25).

La pérdida productiva y los costos de los tratamientos trae aparejada una menor rentabilidad. En nuestro estudio los costos directos asociados a los EM rondaron en 116,38 USD/EM. Valor similar a los informados para mastitis clínica por Richardet et al. ⁽¹¹⁾ en establecimientos lecheros con ordeño mecánico convencional en Argentina (US\$ 185,01 y USD 143,03 para vacas y vaquillonas, respectivamente). En dicho trabajo se evaluó la magnitud y variación de la mastitis clínica y sus costos asociados en 19 rodeos lecheros con 2 ordeños diarios mecánicos, buenos estándares de calidad de leche en tanque (< 300.000 RCS/mL y < 20.000 UFC/mL) y un plan de salud mamaria que incluía registro de los casos de mastitis clínica, tratamiento con antibiótico intramamario al secado y aplicación de antiséptico de pezones pos ordeño. En tanto, Richardet et al. ⁽¹²⁾ estimaron un costo medio que fluctuó entre 43,6 y 114,24 USD/vaca/año para diferentes escenarios de intervención en un rodeo de 200 vacas Holstein infectadas endémicamente con *Staphylococcus aureus*.

Comparados con la literatura internacional, los valores encontrados se encuentran dentro del rango estimado por Burvenich et al. ⁽²⁶⁾ quienes informaron pérdidas por mastitis subclínica de alrededor de 100 a 150 USD y por Cha et al. ⁽²⁷⁾, entre 95,31 USD y 211,03 USD, en función del agente causal del EM. En otros estudios el impacto económico estimado fue aún mayor. Van Soest et al. ⁽⁷⁾, Liang et al. ⁽⁹⁾ y Rollin et al. ⁽²⁸⁾ informaron pérdidas promedio de entre 240 a 444 USD. Estas diferencias entre los valores pueden atribuirse a múltiples factores como tipo de mastitis incluidas en el análisis, duración y costos de los tratamientos veterinarios aplicados, disminución de la producción de leche, precio de la leche, costos indirectos consideramos como pérdidas en la calidad de la leche, disminución de la vida útil de los animales, entre otros ^(8,9,10).

En lo que respecta a la CE de los cuartos infectados, en el presente estudio fue superior a los 5 y 10 días antes de la detección de los EM. En coincidencia, Inzaghi et al. ⁽²⁹⁾ informaron un aumento significativo en la CE de los cuartos infectados entre 5 a 12 sesiones de ordeño antes de la confirmación del EM, dependiendo del número de lactancia de las vacas (mayor en vacas de 3 o más lactancias). En tanto, Lukas et al. ⁽³⁰⁾ encontraron un incremento significativo de la CE 3 días antes de la detección de EM leves. Por consiguiente, la CE medida diariamente en los sistemas de ordeño VMS pueden facilitar el diagnóstico y tratamiento temprano de las mastitis ⁽³¹⁾.

Conclusiones

Este trabajo demuestra el impacto negativo de los eventos de mastitis sobre la producción de leche de los cuartos infectados entre los 10 días previos y posteriores al diagnóstico de esta enfermedad. En dichos cuartos, 10 días previos a la notificación de alerta del evento ya se comenzó a registrar un aumento de la CE. Detectar anticipadamente este incremento en la CE y realizar un análisis de cultivo de leche permitiría adelantar el diagnóstico de esta enfermedad. No obstante, se requiere más investigaciones para realizar mejores ajustes en el índice de detección de mastitis en sistemas automatizados de ordeño.

La estimación de las pérdidas económicas directas que generan los eventos de mastitis evidencia la importancia de realizar un diagnóstico y tratamiento precoz de la enfermedad.

Bibliografía

1. Stanek P, Żółkiewski P, Januś, EA. Review on mastitis in dairy cows research: Current status and future perspectives. *Agriculture*. 2024; 14(8):1292. <https://doi.org/10.3390/agriculture14081292>
2. Bortolami A, Flore E, Giancesella M, Corro M, Catania S, Morgante M. Evaluation of the udder health status in subclinical mastitis affected dairy cows through bacteriological culture, somatic cell count and thermographic imaging. *Polish journal of veterinary sciences*. 2015; 18(4):799-805. <https://doi.org/10.1515/pjvs-2015-0104>.
3. Cobirka M, Tancin V, Slama P. Epidemiology and classification of mastitis. *Animals*. 2020. 10(12), 2212. <https://doi.org/10.3390/ani10122212>
4. Khan MZ, Khan A. Basic facts of mastitis in dairy animals: A review. *Pakistan veterinary journal*. 2006; 26(4):204-8.
5. Tančin V, Uhrinčat, M. The effect of somatic cell on milk yield and milk flow at quarter level. *Veterinarija ir zootechnika*. 2014; 66(88).
6. Ruegg PL. A 100-Year Review: Mastitis detection, management, and prevention. *J. Dairy Sci*. 2017; 100(12):10381-97. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13023>
7. Van Soest FJ, Santman-Berends IM, Lam TJ, Hogeveen H. Failure and preventive costs of mastitis on Dutch dairy farms. *J. Dairy Sci*. 2016. 99(10):8365-74. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10561>
8. Hagnestam C, Emanuelson U, Berglund B. Yield Losses Associated with Clinical Mastitis Occurring in Different Weeks of Lactation. *J. Dairy Sci*. 2007; 90:2260–70. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-583>
9. Liang D, Arnold LM, Stowe CJ, Harmon RJ, Bewley JM. Estimating US dairy clinical disease costs with a stochastic simulation model. *J. Dairy Sci*. 2017; 100(2):1472-86. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11565>
10. Halasa T, Huijps K, Østerås O, Hogeveen H. Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: A review. *Veterinary Quarterly*. 2007; 29(1):18–31. <https://doi.org/10.1080/01652176.2007.9695224>
11. Richardet M, Castro S, Tirante L, Vissio C, Larriestra AJ. Magnitud y variación de la mastitis clínica y sus costos asociados en rodeos lecheros de Argentina. *Archivos de medicina veterinaria*. 2016; 48(2):153-8. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2016000200004>
12. Richardet M, Solari HG, Cabrera VE, Vissio C, Agüero D, Bartolomé JA, Bó GA, Bogni CI, Larriestra, AJ. The Economic Evaluation of Mastitis Control Strategies in

- Holstein-Friesian Dairy Herds. *Animals*. 2023; 13(10): 1701. <https://doi.org/10.3390/ani13101701>
13. Adriaens I, Van Den Brulle I, Geerinckx K, D'Anvers L, De Vliegher S, Aernouts B. Milk losses linked to mastitis treatments at dairy farms with automatic milking systems. *Preventive veterinary medicine*. 2021; 194, 105420. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105420>
 14. Hovinen M, Pyörälä S. Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. *J. Dairy Sci.* 2011; 94(2):547-62. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3556>
 15. Rutten CJ, Velthuis AG, Steeneveld W, Hogeveen H. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *J. Dairy Sci.* 2013; 96(4):1928-52. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6107>
 16. Wethal KB, Svendsen M, Heringstad B. A Genetic Study of New Udder Health Indicator Traits with Data from Automatic Milking Systems. *J. Dairy Sci.* 2020; 103(8):7188-98. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18343>
 17. Kitchen BJ. Review of the progress of dairy science: Bovine mastitis: Milk compositional changes and related diagnostic tests. *J. Dairy. Res.* 1981; 48:167-188.
 18. Hamann J, Zecconi A. Evaluation of the electrical conductivity of milk as a mastitis indicator. *Bulletin of the International Dairy Federation*. 1998; 334:5-22.
 19. Norberg E, Hogeveen H, Korsgaard IR, Friggens NC, Sloth KH, Løvendahl P. Electrical conductivity of milk: ability to predict mastitis status. *J. Dairy Sci.* 2004; 87(4):1099-107. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73256-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73256-7)
 20. Norberg E. Electrical conductivity of milk as a phenotypic and genetic indicator of bovine mastitis: A review. *Livestock Production Science*. 2005; 96(2-3):129-39. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.12.014>
 21. Khatun M, Thomson PC, Kerrisk KL, Lyons NA, Clark CE, Molfino J, García SC. Development of a new clinical mastitis detection method for automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 2018; 101(10):9385-95. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14310>
 22. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. *InfoStat versión 2020*. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
 23. Zhao X, Lacasse P. Mammary tissue damage during bovine mastitis: causes and control. *J. Animal Sci.* 2008; 86(suppl_13):57-65. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0302>

24. Heikkilä AM, Liski E, Pyörälä S, Taponen S. Pathogen-specific production losses in bovine mastitis. *J. Dairy Sci.* 2018;101(10):9493-504. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14824>
25. Leitner G, Blum SE, Krifuks O, Edery N, Merin U. Correlation between milk bacteriology, cytology and mammary tissue histology in cows: Cure from the pathogen or recovery from the inflammation. *Pathogens.* 2020;9(5),364. <https://doi.org/10.3390/pathogens9050364>
26. Burvenich C, Monfardini E, Mehrzad J, Capuco AV, Paape MJ. (2004). Role of neutrophil polymorphonuclear leukocytes during bovine coliform mastitis: physiology or pathology?. *Verhandelingen-Koninklijke Academie voor Geneeskunde van België.* 2004; 66(2):97-150.
27. Cha E, Bar D, Hertl JA, Tauer LW, Bennett G, González RN, Schukken YH, Welcome FL, Gröhn YT. The cost and management of different types of clinical mastitis in dairy cows estimated by dynamic programming. *J. Dairy Sci.* 2011; 94:4476–87 <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4123>
28. Rollin E, Dhuyvetter K, Overton MW. The cost of clinical mastitis in the first 30 days of lactation: An economic modeling tool. *Preventive veterinary medicine.* 2015;122(3): 257-264. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.11.006>
29. Inzaghi V, Zucali M, Thompson PD, Penry JF, Reinemann DJ. Changes in electrical conductivity, milk production rate and milk flow rate prior to clinical mastitis confirmation. *Italian Journal of Animal Science.* 2021; 20(1):1554-61. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1984852>
30. Lukas JM, Reneau JK, Wallace R, Hawkins D, Munoz-Zanzi C. A novel method of analyzing daily milk production and electrical conductivity to predict disease onset. *J. Dairy Sci.* 2009; 92(12):5964-76. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2066>
31. Juozaitienė V, Juozaitis A, Brazauskas A, Žymantienė J, Žilaitis V, Antanaitis R., Stankevičius R., Bobinienė R. Investigation of electrical conductivity of milk in robotic milking system and its relationship with milk somatic cell count and other quality traits. *Journal of Measurements in Engineering.* 2015; 3(3):63-70.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CRedit :

Viretto PE: Investigación. Curaduría de datos. Visualización. Redacción - borrador original. Escritura - revisión y edición. **Martínez GM:** Administración del proyecto. Metodología. Conceptualización. Escritura - revisión y edición. Supervisión. **Frossasco GP:** Investigación. Visualización. Redacción - borrador original. Escritura - revisión y edición. **Suarez VH:** Administración del proyecto. Metodología. Conceptualización. Análisis formal. Escritura - revisión y edición

Agradecimientos

Los autores agradecen al Tambo VMS del INTA EEA Rafaela por brindarnos su base de datos para llevar a cabo este trabajo de investigación.