

Artículo original

Afecciones podales e impacto productivo en rodeos lecheros del Noroeste Argentino

Gabriela M. Martínez^{1*}, Víctor H. Suárez²¹INTA Estación Experimental Agropecuaria Salta;²INTA, Área de Investigación en Salud Animal -IIACS-CIAP Ruta Nacional 68 km 172 (CP: 4403) Cerrillos, Salta.

e-mail: martinez.gabriela@inta.gob.ar

(Recibido 6 de octubre 2018; aceptado 11 de enero 2019)

RESUMEN

El objetivo fue estimar la prevalencia de afecciones podales (AP) en vacas en ordeño de 16 tambos de Salta y sus relaciones con su grado de suciedad (GS) y pérdidas productivas. Mediante el software de 3 tambos se registró en vacas de ≥ 3 pariciones con AP ($n = 73$) la producción previa y posterior a la lesión. Se comparó su intervalo parto-parto (IPP), el número de servicios (NS) y su destino final con vacas sanas ($n = 28$). La prevalencia anual de AP fue de $21,3 \pm 13,8\%$, hallándose una asociación positiva ($r^2 = 0,23$; $p < 0,005$) determinada por el GS. El total de vacas con AP descartadas o muertas ($72,9\%$) fue superior ($p < 0,0016$) que en las sanas (25%) (OR = 8,08). Las vacas con AP necesitaron mayor ($p < 0,04$) NSS (3,39 vs. 2,11) (OR = 3,13) y el 8,3% presentaron ($p < 0,051$) un IPP < 400 días comparadas con las sanas ($35,0\%$) (OR = 5,92). La producción previa a la AP fue superior (26,3 l vs. 20,3 l; $p < 0,016$). El presente trabajo refleja el perjuicio que ocasionan las AP sobre los índices productivos, la salud y el bienestar de las vacas.

Palabras clave: Bovinos, tambo, afecciones podales, producción, índices reproductivos

INTRODUCCIÓN

La cuenca lechera del Valle de Lerma se caracteriza por tener aproximadamente unos 35 tambos manejados en base a pasturas y verdeos con suplementación, aunque algunos han implementado sistemas más intensificados como "dry lots" o "free stalls", siendo la producción promedio diaria de $21,5 \pm 5,3$ l/vaca¹.

La intensificación y el progreso genético de la vaca lechera han favorecido la ocurrencia de problemas sanitarios en los animales perjudicando su bienestar y productividad. Las afecciones podales (AP) se han transformado en uno de los principales problemas de la lechería, conjuntamente con otros problemas mayores como los reproductivos o las mastitis²⁻⁵.

Hoy en día en el tambo las claudicaciones son ampliamente reconocidas como de gran incidencia sobre el

ABSTRACT

Lameness and production impact on dairy herds of Argentina's Northwest

The aim of this work was to estimate the prevalence of milking cow's lameness (AP) in 16 dairy farms in Salta and their relationships with their hygiene score and productive losses. Through 3 dairy farms software, ≥ 3 parity cows with AP ($n = 73$) milk production before and after AP was registered. Cow calving to calving interval (CCI), number of services per conception (NS) and cow final destination were compared with healthy cows ($n = 28$). Annual lameness prevalence was $21.3 \pm 13.8\%$, with a positive association ($r^2 = 0.23$, $p < 0.005$) determined from cow hygiene score. The total number of discarded or dead AP cows (72.9%) was higher ($p < 0.0016$) than in healthy cows (25%) (OR = 8.08). AP cows needed higher ($p < 0.04$) NS (3.39 vs. 2.11) (OR = 3.13) and 8.3% showed ($p < 0.051$) a CCI < 400 days compared with the healthy ones (35.0%) (OR = 5.92). Milk production was higher before lameness (26.3 l vs. 20.3 l; $p < 0.016$). The present study shows the damage caused by lameness on productive, reproductive and health indices as well as cow welfare.

Key words: Bovine, dairy farm, lameness, production, reproductive indexes

bienestar de las vacas, debido a sus efectos nocivos tanto a nivel productivo, reproductivo y de comportamiento animal⁶. El comportamiento de las vacas que es reconocido como un indicador de bienestar animal (BA) se ve completamente alterado. Al comparar vacas con AP con vacas sanas se ha observado que éstas pastan por un período más corto de tiempo y permanecen más tiempo echadas, se retrasan en entrar a la sala de ordeño y durante el mismo alternan su peso de un miembro al otro⁷⁻¹¹.

Las AP pueden ser consecuencia tanto de trastornos propios de los animales como los nutricionales, genéticos, infecciosos, como también de una infraestructura deficiente, ya sea relativa a caminos, corrales o sala de ordeño^{6,12,13}. Por su parte, Hughes¹⁴ y Cardozo y col.¹⁵, sugirieron que la variación entre las diferentes regiones anatómicas podría proporcionar información útil para ayudar en la identificación de la fuente de los problemas de higiene. De acuerdo con

estos autores, la suciedad a nivel de la región del tarso resultaría ser consecuencia de una alta concentración de barro en los potreros y caminos, mientras que los flancos sucios harían referencia a la limpieza de la cama fundamentalmente, además sugieren que ubre/pezón sucio serían una consecuencia de la combinación de los factores mencionados anteriormente.

Poco se ha estudiado sobre la prevalencia y la incidencia económica de las AP en el NOA y específicamente en la cuenca del Valle de Lerma, por lo que el objetivo del presente estudio es describir la prevalencia de los AP en las vacas de los tambos del noroeste argentino (NOA) y estimar sus relaciones con la higiene de las vacas y las pérdidas productivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y animales de ensayo

El estudio fue realizado a lo largo de un año mediante la visita a 16 tambos ubicados en la cuenca lechera del Valle de Lerma, ubicada a 1050 y 1300 ms.n.m. y que comprende los departamentos Capital, Cerrillos, Rosario de Lerma y El Carril de la provincia de Salta. El régimen de lluvias de esta región se caracteriza por poseer una estación seca que se prolonga de abril a noviembre y otra de lluvias intensas de diciembre a marzo, que en total promedia unos 800 mm anuales. El clima es templado con una temperatura media de 17°C con máximas de 36°C y mínimas de -6°C, y una humedad relativa que varía entre 20 y 80%.

Los animales estudiados fueron vacas en ordeño de raza Holstein mayormente originadas a partir de semen de Canadá y Estados Unidos.

Datos registrados

Los tambos, que promediaban 190 ±88,4 vacas en ordeño, fueron visitados dos veces en el año de acuerdo al régimen de lluvias, una durante la época de seca (junio-agosto 2014) y la otra durante la época de lluvias (febrero-marzo 2015). En cada visita un mismo evaluador registró la prevalencia de AP y del grado de suciedad en vacas en ordeño. El número de vacas observado fue calculado de acuerdo al total de vacas en ordeño de cada tambo de acuerdo a lo normado por el Welfare Quality (2009)¹⁶. El promedio de vacas en ordeño de los establecimientos fue de 220±30, por lo que el número de animales evaluados fue de entre 65-70 por tambo/visita. Cabe destacar que los animales a observar se seleccionaron al azar.

Para las AP se tomaron como positivas los casos con grados de cojera 3, 4 y 5, teniendo en cuenta la escala establecida por Sprecher y col.¹⁷. Estos datos se discriminaron como cojeras leves (grado 3) y graves (grados 4 y 5) y a partir de las prevalencias de las AP leves y graves de cada rodeo

se elaboró un índice de cojeras ($IC = \text{grado } 3 \times 0,5 + \text{grados } (4+5) \times 2$)¹⁸, para representar en forma ponderada de acuerdo a la gravedad de las AP la prevalencia en cada tambo.

En cuanto al grado de suciedad que presentaban las vacas en el flanco, ubre y garrón se evaluó de acuerdo a la calificación descrita en el Welfare Quality (2009)¹⁶. La prevalencia se obtuvo tomando el promedio de las prevalencias de las tres zonas corporales.

Por otro lado, de los registros del software de gestión "DIRSA" de 3 de los tambos visitados se relevaron datos del tambo y del total de eventos del ganado de los últimos 10 años. A partir de estas bases de datos se observó en las vacas de ≥ 3 lactancias registradas con AP ($n=73$), las diferencias entre su producción de leche total, previa y posterior a la lesión con los mismos registros en su lactancia previa y posterior a aquella donde ocurrió su claudicación. Además, se registró su intervalo parto-parto (IPP) y el número de servicios posteriores necesarios para lograr preñez y su destino final ya sea que continúa en el tambo, descarte o muerte. También esto último se registró en vacas sanas sin AP ($n=28$) de ≥ 3 lactancias registradas.

Análisis estadísticos

Las relaciones entre variables fueron analizadas usando correlación lineal (Pearson) y regresión lineal simple, además de estimar el chi cuadrado y *odds ratio* (OR), análisis varianza a través de programa estadístico InfoStat.

RESULTADOS

Las prevalencias estacionales y totales de las AP y del grado de suciedad están señaladas en la tabla 1; éstas corresponden para todo el período de registros de 1924 vacas observadas, de las cuales 264 presentaban AP leves y 152 AP graves y 1149 con suciedad en alguna de las zonas inspeccionadas. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,008$) entre las prevalencias de las AP graves, el índice de AP y el grado de suciedad de las vacas de los períodos de lluvias y de seca. En general las AP de las vacas se presentaron en un 85,7% en los miembros posteriores y en un 14,3% en los anteriores.

Se hallaron asociaciones positivas entre la prevalencia de AP graves ($r^2 = 0,29$; $p < 0,002$) y del índice de AP general ($r^2 = 0,24$; $p < 0,004$) determinados a partir del promedio de la prevalencia del grado de suciedad de las vacas (Figura 1).

Los datos de los registros del software de gestión "DIRSA" observados muestran que durante la lactancia estudiada, un 64,9; 16,2 y 18,3 % de las vacas con AP presentaron 1, 2 y ≥ 3 eventos de AP; un 19% tuvieron AP en la lactancia previa y 22% repitieron AP en más de una ocasión en la lactancia siguiente. La tabla 2 muestra las diferencias entre el rinde de las lactancias de los registros de las vacas con AP y las lactancias anteriores y posteriores de las mismas.

Tabla 1. Prevalencia media y desvío estándar (DE) estacional de las alteraciones podales (AP) leves, graves y el índice obtenido y del promedio del grado de suciedad de ubre flancos y garrones existentes en las vacas en ordeño ($n=1924$) de los tambos.

Períodos	AP leves (%)	DE	AP graves (%)	DE	Índice de AP	DE	Grado de suciedad	DE
de Lluvias	12,4 ^a	9,0	11,7 ^a	8,7	30,0 ^a	20,1	76,9 ^a	23,5
de Seca	15,0 ^a	9,8	3,3 ^b	3,7	14,1 ^b	10,3	42,5 ^b	20,0
Total	13,7	9,4	7,6	7,9	22,0	17,7	59,7	27,7

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

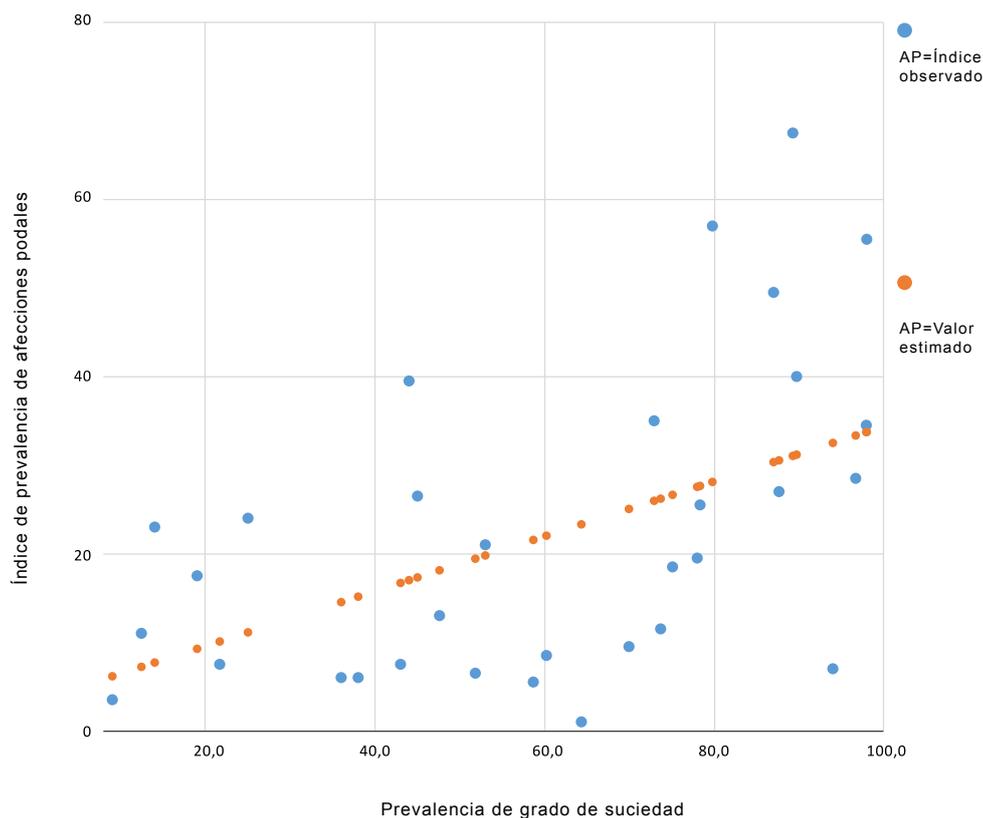


Figura 1. Datos registrados y función estimada a partir de la regresión entre la prevalencia del índice de AP general ($r^2= 0,24$; $p<0,004$) determinada por el promedio de la prevalencia del grado de suciedad observado en las vacas en las épocas de lluvias y de seca (32 visitas a tambos)

La diferencia total previa y anterior de las lactancias registradas y las lactancias anteriores y posteriores arrojan una diferencia significativa ($p < 0,002$) de 4,98 l.

El número total de vacas con AP descartadas o muertas por diversas causas (68,4%) fue superior (Chi 18,9; $p<0,0001$) a lo registrado en las vacas sanas (17,9%), mostrando mayor probabilidad de ocurrencia (OR= 10,0). También las

vacas con AP necesitaron posteriormente mayor (Chi 4,51; $p<0,04$) número (promedio= 3,16) de servicios por preñez que las sanas (promedio= 2,07). Un menor número de vacas con AP presentaron (Chi 3,81; $p<0,051$) un IPP menor a 400 días que las sanas. La tabla 3 muestra estos indicadores productivos.

Tabla 2. Promedios de los controles lecheros anteriores (CLA) y posteriores (CLP) al registro del evento en la lactancia registrada (LR) y de los controles realizados en el mismo período de la lactancia anterior (LA) y posterior (LP); promedio del rinde total en 305 días entre la lactancia registrada y las anteriores y posteriores al evento en los tambos utilizados para este análisis sobre 73 lactancias de vacas con eventos de afecciones podales.

Controles	Litros	Controles	Litros	Diferencias
CLA de la LR	23,0 ^a	CLA de la LA	27,6 ^a	4,6
CLP de la LR	22,8 ^a	CLP de la LA	28,3 ^b	5,5
CLA de la LR	25,4 ^a	CLA de la LP	31,3 ^a	5,9
CLP de la LR	26,9 ^a	CLP de la LP	31,7 ^a	4,8
Rinde de LR	8573,2 ^a	Rinde de LA	8981,2 ^a	408
		Rinde de LP	9144,3 ^a	571,1

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$)

Tabla 3: Promedios del intervalo parto-parto (IPP), del número de vacas descartadas y muertas, de número de servicios para lograr preñez (SxP) y producción total en 305 días (Litros/305) de las vacas con afecciones podales (AP) (n= 73) y sanas sin AP (n= 28)

Parámetros	AP	Sanas	Diferencia	OR
IPP	542 ^a	485 ^a	-57	
IPP < 400 días	12,50%	35%	22,5%	3,7
N° de descartes	24,6%	3,6%	21,0%	18,0
N° de muertes	43,8%	14,3%	29,5%	8,0
N° de SxP	3,16 ^a	2,07 ^b	1,16	3,4
Litros /305	8777,3 ^a	9714,9 ^b	938	

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (p<0,05)

DISCUSIÓN

La prevalencia de AP hallada fue muy alta, si se toma como máximo el 8% para calificar a un tambor como de baja prevalencia de AP¹⁹, a su vez se debe tomar en cuenta que, a pesar de las diferencias importantes que hubo entre los 16 tambors, las AP sin excepción aumentan durante el período de lluvias. Es así que las AP se correlacionan con el grado de suciedad de las vacas originado en el gran nivel de encharcamiento observado en los caminos, bebederos y corrales de los tambors durante el período de lluvias, reafirmando la necesidad de prevenir y mejorar el estado por donde transitan las vacas. Para mejorar el grado de limpieza de los animales existen recomendaciones para la preparación de caminos y accesos, etc.²⁰ En los tambors del Valle de Lerma de fines de diciembre a mediados de marzo el nivel de precipitaciones es muy intenso y la presencia de barro se torna un problema importantísimo²¹ en contra de la sanidad del ganado y la preparación por duplicado de senderos, accesos o tener suficiente espacio para subdividir corrales se torna imprescindible.

Las afecciones podales, mayormente ocurridas en el tren posterior debido a que son esos miembros los que soportan más peso porque ejercen funciones de sostén y propulsión, se verían favorecidas por la exposición constante de las vacas al barro y el agua y agravadas por la naturaleza pedregosa del terreno que impacta en las pezuñas de los animales. Aunque no hay estudios en la región, estos factores predisponentes causarían pododermatitis primarias debido a hemorragias o ablandamientos de la suela y consecuentemente la ocurrencia pododermatitis sépticas²².

En cuanto a los datos extraídos de las bases de datos se debe considerar que fueron limitados ya que en solo 3 tambors se registraban los eventos necesarios para los análisis productivos sanitarios y con una antigüedad de no más de 10 años, y que se debían considerar vacas de tres o más lactancias para poder comparar resultados en animales con todo su potencial productivo. A pesar de esta limitante, los datos extraídos muestran que los eventos que involucran AP están relacionados con la salud general de las vacas y pérdidas importantes en litros de leche anteriores a la detección y posteriores al tratamiento de afecciones podales en la anterior y posterior lactancia del orden de los 5 litros. Estudios previos muestran mermas desde las 2 semanas previas al diagnóstico de AP y hasta casi las 4 semanas posteriores de entre 4 y 5 l^{8,23}. Además, al comparar las diferencias entre el total producido y los totales de las lactancias previas y posteriores que oscilaron en promedio entre 408 y 571 l/vaca, observamos que cifras similares fueron las obtenidas (562 l/vaca) en la cuenca central del país²⁴ en vacas en transición debidas a AP. En el

mismo sentido en Gran Bretaña se observó una reducción fijada en 305 días de lactancia de 360 kg de leche²³.

En cuanto al porcentaje de mortalidad ocurrido en las vacas con AP, un estudio de tambors con alta prevalencia de AP (≥ 16%) presentó 2,9 más chances de ocurrencia de muerte o sacrificios en comparación con tambors con baja prevalencia de AP²⁵. En el presente estudio no se pudo determinar en muchos casos el origen de las muertes o descartes, pero evidentemente el estrés y dolor que causan las AP son un factor predisponente a sufrir problemas reproductivos u otras afecciones de la salud de las vacas^{26,27}.

Además de las muertes o descartes de animales productivos, las claudicaciones en ganado lechero producen pérdidas económicas debido a la disminución en la producción de leche, las fallas reproductivas¹⁷, aumento en los costos veterinarios y de la mano de obra asociadas a los tratamientos^{12,13,28}. Con un 15% de vacas con AP en el Valle de Lerma las pérdidas diarias totales ascenderían a 16000 l/día si consideramos las mermas obtenidas en el presente estudio (\bar{X} = 489 l/vaca/305 d) que representan 1,6 l/día, ya que el mismo cuenta con aproximadamente 5500 vacas en ordeño que en promedio rinden 6405 l/vaca/305 d., es decir unos 21 l/diarios¹. Tadich y col.²⁹ en Chile, a partir de una estimación similar, señalan que con un 9% de vacas que presenten una claudicación al año podrían reducir alrededor 20 a un 50% la producción láctea de la región en estudio.

Si bien las claudicaciones han sido estudiadas desde el punto de vista de los factores etiológicos, patológicos o productivos, existen menos estudios sobre la asociación entre el daño de los tejidos y el dolor, la dificultad de desplazarse, de estar de pie y el estrés por la incapacidad por competir por alimento, sombra, es decir por el bienestar animal³⁰. Ciertos estudios muestran cómo a medida que avanza la selección genética de las vacas en dirección al incremento de su productividad aumentan los perjuicios sobre su salud y su bienestar, y que los objetivos de selección deberían dirigirse hacia vacas más resistentes a las enfermedades y caracteres relacionados con el bienestar animal³¹.

CONCLUSIONES

El presente trabajo pone de manifiesto a nivel de los tambors del NOA el perjuicio que ocasionan las AP sobre los índices reproductivos, el descarte temprano y la salud general de las vacas, como también sobre su rinde lácteo, y señala la necesidad de la adopción de medidas preventivas.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

REFERENCIAS

- Suárez VH, Martínez GM. Características y Problemáticas Productivas – Sanitarias de la Lechería del Valle de Lerma (Salta). INTA Ediciones, Col. Investigación, desarrollo e innovación. 2015. 66 p. ISBN 978-987-521-670-9.
- Espejo LA, Endres MI. Herd-level risk factors for lameness in high-producing Holstein cows housed in freestall barns. *J Dairy Sci* 2007; 90:306-314.
- Amory JR, Barker ZE, Wright JL, Mason SA, Blowey RW, Green LE. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003-November 2004. *Prev Vet Med* 2008; 83:381-391.
- Martínez GM, Suárez VH, Ghezzi, MD. Bienestar animal en bovinos de leche: selección de indicadores vinculados a la salud y producción. *RIA Rev. investig. agropecu.* 2016; 42(2):153 – 160.
- Suárez, VH, Martínez, GM., Bertoni, EA. Relación en vacas lecheras entre la prevalencia de mastitis y el grado de suciedad y productividad. *Rev Arg Prod Anim* 2017; 37(1):18.
- Von Keyserlingk MAG, Rushen J, De Passille AM, Weary DM. The welfare of dairy cattle - Key Concepts and the role of science. *J Dairy Sci* 2009; 92:4101-4111.
- Galindo F, Broom D, Jackson P. A note on possible link between behaviour and the occurrence of lameness in dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 2000; 67:335–341.
- Warnick LD, Janssen D, Guard C L, Grohn YT. The effect of lameness on milk production in dairy cows. *J Dairy Sci* 2001; 84:1988–1997.
- O'Callaghan K. Lameness and associated pain in cattle – challenging traditional perceptions. *In practice* 2000; 24:212-219.
- Juarez S, Robinson P, DePeters E, Price E. Impact of lameness on behavior and productivity of lactating Holstein cows. *Appl Anim Behav Sci* 2003; 83(1):1-14.
- Hernandez JA, Garbarino EJ, Shearer JK, Risco CA, Thatcher WW. Comparison of milk yield in dairy cows with different degrees of lameness. *J Am Vet Med Assoc* 2005; 227:1292–1296.
- Gomez F, Boer H, van Eedenburg F. Relationship between mild lameness and expression of oestrus in dairy cattle. *Vet Rec* 2003; 152:403-404.
- Vermunt J. The multifactorial nature of cattle lameness: a few more pieces of the jigsaw. *Vet J* 2005; 169:317-318.
- Hughes J. A system for assessing cow cleanliness. *In Practice* 2001; 23:517-524.
- Cardozo LL, Thaler Neto A, Souza GN, Picinin LCA, Felipus NC, Reche NML, y col. Risk factors for the occurrence of new and chronic cases of subclinical mastitis in dairy herds in southern Brazil. *J Dairy Sci* 2015; 98:7675-7685
- Welfare Quality. 2009. Lelystad, the Netherlands. En: <http://www.welfarequality.net/> consultado el 15/9/2018.
- Sprecher D, Hostettler D, Kaneene J. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 1997; 47:1179-1187.
- Martínez GM, Suárez VH. Protocolo de evaluación de bienestar animal en tambos bovinos del Noroeste Argentino. Ediciones INTA 2017, 66p. ISSN: 978-987-521-840-6.
- Nielsen BH, Angelucci A, Scalvenzi A, Forkman B, Fusi F, Tuytens FAM, y col. Use of animal based measures for the assessment of dairy cow welfare (ANIBAM). External Scientific Report EN-659. EFSA Supporting Publications, Parma, Italy 2014; 11(9):340.
- Taverna M, Walter E. Ficha Técnica N°1: Afirmado de callejones de tambo. Infraestructura e Instalaciones de Tambo. Proyecto Lechero 2008. Ediciones INTA.
- Martínez GM, Suarez VH, Ghezzi MD. Effects of muddy conditions on dairy cattle welfare. 54ª Reunión Anual de Sociedade Brasileira de Zootecnia, Foz de Iguazú, Brasil, 24-28 julio 2017.
- Manske T. Hoof Lesions and Lameness in Swedish Dairy Cattle. Prevalence, risk factors, effects of claw trimming, and consequences for productivity. 2002. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Skara, Sweden. ISBN 91-576-6390-4.
- Green LE, Hedges VJ, Schukken YH, Blowey RW, Packington AJ. The Impact of Clinical Lameness on the Milk Yield of Dairy Cows. *J Dairy Sci* 2002; 85:2250–2256.
- Claves. Convenio de Asistencia Técnica Institucional INTA – Elanco – AACREA. 2009; 1-25.
- McConnel CS, Lombard JE, Wagner BA, Garry FB. Evaluation of factors associated with increased dairy cow mortality in United States dairy operations. *J. Dairy Sci* 2008; 91:1423-1432.
- Varlyakov I, Penev T, Mitev J, Miteva T, Uzunova K, Gergovska ZH. Effect of lameness on the behavior of dairy cows under intensive production systems. *Bulg J of Agric Sci* 2012; 18(1):125-132.
- Bicalho RC, Machado VS, Caixeta LS. Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of the prevalence of lameness and the thickness of the digital cushion. *J Dairy Sci* 2009; 92:3175-3184.
- Green LE, Borkert J, Monti G, Tadich N. Associations between lesion-specific lameness and the milk yield of 1,635 dairy cows from seven herds in the Xth region of Chile and implications for management of lame dairy cows worldwide. *Anim Welfare* 2010; 19:419-427.
- Tadich N, Hettich E, van Schaik G. Prevalencia de cojeras en vacas de 50 rebaños lecheros del sur de Chile. *Arch Med Vet* 2005; 37:29-36.
- Webster A. Farm animal welfare: the five freedoms and the free market. *Vet J* 2001; 161:229-237.
- Oltenucu PA, Broom DM. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. *Anim Welfare* 2010; 19(S):39-49.