

## Asociación entre patologías podales e indicadores productivos de vacas en lactación

Association between hoof pathologies and productive indicators in lactating cows

María Inés Rodríguez<sup>1,4</sup>, Laura Portillo<sup>2</sup>, Antonio Sarubbi<sup>2</sup>,  
Lorena Núñez<sup>3</sup>, Andrés Mesa<sup>1</sup>

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la asociación entre patologías podales y los indicadores de producción láctea en tambos del departamento de Caaguazú, Paraguay. Se evaluaron 50 vacas criadas en establos de cama de compost, con patologías podales diagnosticadas durante la fase descendente de lactancia. Se evaluó el tipo de patología podal, localización, evolución, producción láctea, tenor graso, tenor proteico y recuento de células somáticas (RCS) entre setiembre de 2019 y enero de 2020. Se utilizó la prueba de Friedman para detectar diferencias estadísticas entre los grupos conformados según los días de lactancia en Categoría 1, 92-137; Categoría 2, 138-182; y Categoría 3, 183-227 días de lactancia. La suela y la zona interdigital registraron mayor frecuencia de patologías; mientras que, la línea blanca, tapa y talón la menor casuística. La frecuencia en el miembro pelviano fue diferente en la Categoría 3 con el recuento más bajo ( $p < 0.05$ ), mientras no hubo diferencias entre las otras dos categorías. La frecuencia de animales con niveles bajo, medio y alto en las variables productivas no difirieron entre los grupos. El análisis de correspondencia múltiple detectó asociación entre la categoría 3, hemorragia de suela, evolución leve, y tenores graso y proteico altos. Las de categoría dos se vincularon a flemón interdigital, evolución severa y niveles bajo y medio de proteína y grasa, respectivamente. La patología con menor impacto sobre la producción, por el menor RCS y mayor cantidad de leche producida fue la enfermedad de la línea blanca. Contrariamente, la úlcera de suela de evolución grave se asoció al mayor RCS y menor cantidad de leche producida.

**Palabras clave:** pezuñas, enfermedades podales, producción láctea, recuento de células somáticas

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Morfológicas, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

<sup>3</sup> Laboratorio de Diagnóstico de Enfermedades de los Animales Domésticos, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

<sup>4</sup> E-mail: mrodriguez@vet.una.py

Recibido: 29 de mayo de 2020

Aceptado para publicación: 2 de diciembre de 2020

Publicado: 23 de febrero de 2021

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the association between hoof pathologies and indicators of dairy production in dairy farms in the department of Caaguazú, Paraguay. Fifty cows reared in compost bed barns were evaluated, with hoof pathologies diagnosed during the descending phase of lactation. The type of hoof pathology, location, evolution, milk production, fat content, protein content and somatic cell count (SCC) were evaluated between September 2019 and January 2020. The Friedman test was used to detect statistical differences between groups according to the lactation days: Category 1, 92-137; Category 2, 138-182; and Category 3, 183-227 days of lactation. The sole and the interdigital area registered a higher frequency of pathologies; while, the white line, wall and heel the least casuistry. The frequency in the pelvic limb was different in Category 3 with the lowest count ( $p < 0.05$ ), while there were no differences between the other two categories. The frequency of animals with low, medium and high levels in the productive variables did not differ between the groups. The multiple correspondence analysis detected an association between category 3, sole hemorrhage, mild evolution, and high fat and protein levels. Those in category 2 were linked to interdigital phlegmon, severe evolution and low and medium levels of protein and fat, respectively. The pathology with the least impact on production, due to the lower SCC and the highest quantity of milk produced, was white line disease. In contrast, the sole ulcer of severe evolution was associated with the highest SCC and the lowest amount of milk produced.

**Key words:** hooves, feet diseases, milk production, somatic cell count

## INTRODUCCIÓN

La pezuña es la estructura anatómica cuya función principal radica en el soporte de los tejidos subyacentes y la disipación de la fuerza y presión que se producen cuando el dedo impacta contra el suelo. La podología es la rama de las ciencias veterinarias que se encarga de estudiar las pezuñas, su anatomía y biomecánica, así como los procesos patológicos que las afectan, ya sea debido a traumas, infecciones o desórdenes metabólicos. Las consecuencias de estas afecciones se pueden reflejar en los parámetros productivos y reproductivos, especialmente en vacas lecheras (Nan Monte y Galotta, 2006).

En la conformación de las pezuñas se ha destacado el efecto de la genética y la interacción genotipo-entorno como factores que inciden en la adaptación a condiciones ambientales especiales y específicas

(Rodríguez *et al.*, 2019). Por otro lado, en la casuística de patologías podales, varios autores han reportado mayor frecuencia sobre las pezuñas laterales del miembro posterior y las mediales del miembro anterior (González y Ramos, 2002; Nan Monte y Galotta, 2006). Esta predisposición, tiene un fundamento anatómico y biomecánico, vinculado a una menor capacidad de amortiguación en las pezuñas laterales del miembro pelviano debido a la rígida unión ilio-sacral, mientras que, en las pezuñas mediales del miembro torácico, a la posición que adoptan los animales al momento de consumir el alimento, propiciando una mayor presión sobre ellas.

Las afecciones originadas a partir de lesiones traumáticas, infecciosas o por desbalances dietéticos, se traducen por lo general en cojeras; sin embargo, algunas lesiones pueden no evolucionar hasta el estadio en el cual causen claudicación o bien encuentran resolución a través de un apropiado

desvasado (Greenough, 2009). En cualquier caso, demandan gastos en medicinas y mano de obra para el tratamiento, así como mermas en la producción de leche y rendimiento reproductivo (Toledo, 2006; Larson *et al.*, 2015). Al respecto, se han reportado pérdidas de 20-25% en producción láctea por animal y 10% en producción cárnica (Cardona y Cano, 2003). En este contexto, el objetivo del trabajo fue evaluar la asociación entre los tipos de patologías podales y los indicadores de producción láctea de vacas en lactación, criadas en establos con cama de compost.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en tambos lecheros de sistema de cama de compost ubicadas en el departamento de Caaguazú, Paraguay, ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná (Bartrina, 2007). La zona presenta precipitaciones entre 1500 a 1600 mm por año y temperatura media de 22.5 °C.

La colecta de datos fue realizada entre setiembre de 2019 y enero de 2020. Se evaluaron 50 vacas Holstein Friesian de tercera y cuarta lactancia con patologías podales diagnosticadas dentro de la fase descendente de la lactancia, hayan presentado o no signo de claudicación. Los animales fueron evaluados en la caja de operaciones, clasificando el tipo de patología podal de acuerdo con su localización anatómica en patologías de la suela, zona interdigital, tapa, línea blanca y talón, así como por su evolución en leve, moderada, severa y grave, teniendo en cuenta la profundidad y amplitud de la lesión al considerar el compromiso del tejido epidérmico, dérmico, o bien la pérdida de la conformación normal de la pezuña por afectación de los tejidos más profundos, verificados al examen externo (Toledo, 2006). Las lesiones fueron tratadas, según parecer del profesional veterinario responsable, atendiendo el cumplimiento irrestricto de las normas de Bienestar Animal, contempladas en la Ley N.º 4840/13, vigente en el país.

Paralelamente, se recuperaron los datos relacionados a la producción láctea (PL) y se realizó una toma de muestra de leche de forma aleatoria del cuarto mamario del animal posterior al ordeño mediante repaso manual. Las muestras fueron mantenidas a 4 °C y remitidas al laboratorio de la Federación de Cooperativas de Producción «Fecoprod Ltda.» (Asunción), donde se utilizó el equipo CombiFoss™ 7 para la determinación del tenor graso (G) y proteico (P) por el método de espectrometría infrarroja (ISO, 2013), así como para el recuento de células somáticas (RCS) por el método de citometría de flujo (ISO, 2006).

Los datos fueron analizados con el programa estadístico Infostat v. 2018e (Di Rienzo *et al.*, 2018). Se determinó la distribución de frecuencias de patologías podales, miembros y zonas anatómicas afectadas, así como los indicadores productivos (bajo, medio y alto), según el número de lactancia. Los valores del RCS fueron transformados a logaritmo en base dos para corregir la asimetría y obtener un acercamiento a la distribución normal (Cerón Muñoz *et al.*, 2007).

Se aplicó el test de Friedman, considerando los grupos de observación equivalentes a las categorías conformadas según los días de lactancia dentro de la fase descendente en Categoría 1 (92-137), Categoría 2 (138-182), Categoría 3 (183-227 días). Los bloques estuvieron constituidos por el número de lactancias (3ª y 4ª lactancia). Finalmente, mediante herramienta multivariada, se aplicó análisis de correspondencias múltiple (ACM), a fin de determinar la asociación entre los tipos de patologías podales que afectan a vacas en lactancia y los indicadores de producción láctea.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor frecuencia de afecciones en el miembro pelviano se presentó en la pezuña posterior lateral (92%), mientras que los

Cuadro 1. Frecuencia de miembros y dedos afectados en 50 vacas lecheras con afecciones podales

Miembro	Dedo	Frecuencia	
		n	%
Anterior	Lateral	3	6
	Medial	3	6
Posterior	Lateral	46	92
	Medial	24	48

dedos medial y lateral del miembro anterior solo concentraron el 12% (Cuadro 1). Estos resultados son congruentes con la biomecánica del apoyo del pie descrita por Greenough (2009) y con el reporte de Toledo (2006), quién indica que el 90% de las afecciones podales en vacas lecheras se localizaron en el miembro posterior, mayormente en la pezuña lateral. Al respecto, la pezuña lateral del miembro posterior es de mayor dimensión, mientras que, en el miembro anterior corresponde a la pezuña medial (Rodríguez *et al.*, 2019). De igual manera, Perusia (2001) refirió resultados equivalentes con relación al número de casos de patologías en las pezuñas del miembro torácico, aunque mayor en la pezuña medial en relación a la lateral; sin embargo, el recuento de casos en el miembro posterior estuvo por debajo de los valores obtenidos en la presente investigación.

Las patologías podales y su localización anatómica se muestran en el Cuadro 2. La suela presentó la mayor diversidad y frecuencia de las patologías (48%), especialmente por hemorragias; seguida por la zona interdigital (30%) con lesiones mayoritariamente a causa de dermatitis. En este sentido, tanto Perusia (2001) como Tavares (2015) señalaron una mayor casuística en la suela y la pared, seguida por la zona interdigital y talones, en coincidencia con los hallazgos obtenidos.

Las patologías en las pezuñas posteriores fueron clasificadas según su evolución tomando en consideración su mayor frecuencia (Cuadro 3). Los dedos con menor número de lesiones fueron los mediales (III dedo), tanto izquierdo (78% negativos) como derecho (66% negativos); mientras que, el más afectado, fue el derecho lateral. Esta circunstancia coincide con el estudio de Confalonieri *et al.* (2008), quienes indicaron mayor incidencia de patologías en las pezuñas del lado derecho.

Si bien la frecuencia de alteraciones registradas en el miembro posterior fue elevada, es menester acotar que en su mayoría cursaron con evoluciones de carácter leve. Esta circunstancia podría estar en consonancia con el sistema de cama de compost utilizado en los establecimientos evaluados, atendiendo el hecho que una cama dura, con suelos abrasivos y resbaladizos aumentan el riesgo de lesiones y cojeras (Temple *et al.*, 2016)

En cuanto a los componentes lácteos, los valores esperados en vacas Holstein oscilan entre 3.5 y 4.7% para el tenor graso, y 3 a 4% para proteína (García *et al.*, 2014). En el presente estudio, los valores promedio en animales de tercera y cuarta parición en las categorías uno y tres se encontraron dentro de esos rangos, mientras que los demás grupos descollaron en el límite superior (Cuadro 4). En todas las categorías, la proteína se halló dentro de los márgenes señalados, excepto los de cuarta parición, segunda categoría (138-182 días de lactancia) cuyo registro fue inferior (2.95%). Al respecto, se conoce que la grasa es más susceptible a presentar cambios, mientras que las concentraciones proteicas tienden a mantenerse constantes en vacas clínicamente sanas, independientemente del tipo de dieta, número de parto o momento dentro de la fase descendente después del pico de lactancia (Cañas *et al.*, 2011); por otro lado, en este caso tratándose de un estudio de corte transversal, cabe considerar que conforme a lo manifestado por García *et al.* (2014), la eficiencia en la utilización del nitrógeno por parte de la vaca lechera puede

Cuadro 2. Frecuencia de las patologías podales de 50 vacas Holstein, según la localización anatómica

Localización	Patología	Frecuencia	
		n	%
Suela	Úlcera	3	6
	Hemorragia	15	30
	Doble suela	1	2
	Absceso	5	10
Zona interdigital	Flemón	3	6
	Dermatitis	12	24
Tapa	Fisura axial	4	8
Línea blanca	Enfermedad de la línea blanca	6	12
Talón	Erosión	1	2

Cuadro 3. Grados de evolución de patologías podales presentes en las pezuñas del miembro posterior (n=50 vacas Holstein)

Dedo	Grado	Frecuencia	
		n	%
Derecho lateral	Negativo	21	42
	Leve	16	32
	Moderado	9	18
	Severo	2	4
	Grave	2	4
Derecho medial	Negativo	33	66
	Leve	9	18
	Moderado	6	12
	Grave	2	4
Izquierdo lateral	Negativo	26	52
	Leve	11	22
	Moderado	4	8
	Severo	8	16
	Grave	1	2
Izquierdo medial	Negativo	39	78
	Leve	6	12
	Moderado	2	4
	Severo	2	4
	Grave	1	2

Cuadro 4. Medidas de resumen de las variables productivas durante la tercera y cuarta lactancias de 50 vacas Holstein agrupadas en tres periodos de la fase de persistencia

Lactancia	Días	Variable	$\bar{x}$	$\pm$ DE	A	CV
Tercera	92 - 137	Grasa (%)	4.39	1.87	5.59	42.54
		Proteína (%)	3.05	0.35	1.29	11.45
		RCS_Log <sub>2</sub> cél/ml	18.01	2.74	7.55	15.23
		Kg	35.27	11.06	41.24	31.35
	138 - 182	Grasa (%)	6.02	1.44	3.21	23.99
		Proteína (%)	3.04	0.61	1.35	19.99
		RCS_Log <sub>2</sub> cél/ml	17.22	1.58	3.73	9.19
		Kg	38.35	11.64	27.09	30.35
	183 - 227	Grasa (%)	5.69	2.28	5.07	40.09
		Proteína (%)	3.53	0.35	0.81	10.06
		RCS_Log <sub>2</sub> cél/ml	18.73	2.26	6.15	12.06
		Kg	32.68	10.88	27.58	33.28
Cuarta	92 - 137	Grasa (%)	5.33	2.39	6.79	44.93
		Proteína (%)	3.15	0.38	0.92	12.07
		RCS_Log <sub>2</sub> cél/ml	19.09	2.32	6.54	12.16
		Kg	35.86	7.70	20.91	21.47
	138 - 182	Grasa (%)	6.34	2.20	4.56	34.69
		Proteína (%)	2.95	0.17	0.36	5.72
		RCS_Log <sub>2</sub> cél/ml	18.74	1.79	5.26	9.56
		Kg	33.31	10.30	22.30	30.93
	183 - 227	Grasa (%)	3.91	1.98	2.80	50.64
		Proteína (%)	3.42	0.35	0.49	10.15
		RCS_Log <sub>2</sub> cél/ml	18.72	0.00240	0.00	0.01
		Kg	37.65	14.21	20.09	37.74

$\bar{x}$ = media;  $\pm$  DE= desvío estándar; A= amplitud; CV= coeficiente de variación; %= porcentaje; RCS\_Log<sub>2</sub>= recuento de células somáticas con transformación logarítmica de base 2

alcanzar alrededor del 25%, con desviaciones del 10 al 40%. situación que podría explicar la variabilidad observada entre ciertos grupos. Paralelamente, la relación grasa: proteína de 1.05 a 1.18 reportada por el mismo autor, fue verificada en este estudio, aunque de manera más acentuada.

Los valores del recuento de células somáticas, tras su transformación a logaritmo en base dos, se agruparon en el rango de 16.71-19.97 RCS\_Log<sub>2</sub> cél/ml, equivalente a 106 834 - 1 030 562 células por mililitro. Al respecto, en casos de ausencia de infección mamaria, las células somáticas pueden osci-

Cuadro 5. Resultados de la prueba de Friedman sobre la frecuencia de patologías podales y las variables productivas en animales de tercera y cuarta lactancias, durante tres periodos de la fase de persistencia

Variabes	Días	T <sup>2</sup>	p - valor	Media de rangos
Pezuñas anteriores	92 – 137	2.33	0.1335	2.38 <sub>a</sub>
	138 – 182			2.00 <sub>a</sub>
	183 – 227			1.63 <sub>a</sub>
Pezuñas posteriores	92 – 137	6.48	0.0102	2.00 <sub>ab</sub>
	138 – 182			2.63 <sub>b</sub>
	183 – 227			1.38 <sub>a</sub>
Proteína	92 – 137	0.52	0.6098	1.75 <sub>a</sub>
	138 – 182			1.92 <sub>a</sub>
	183 – 227			2.33 <sub>a</sub>
Grasa	92 – 137	0.11	0.8959	1.92 <sub>a</sub>
	138 – 182			1.92 <sub>a</sub>
	183 – 227			2.17 <sub>a</sub>
RCS_Log <sub>2</sub> cel/ml	92 – 137	0.04	0.9643	2.08 <sub>a</sub>
	138 – 182			2.00 <sub>a</sub>
	183 – 227			1.92 <sub>a</sub>
Leche (kg)	92 – 137	0.27	0.7708	1.83 <sub>a</sub>
	138 – 182			1.92 <sub>a</sub>
	183 – 227			2.25 <sub>a</sub>

RCS\_Log<sub>2</sub>= recuento de células somáticas con transformación logarítmica de base 2;

T<sup>2</sup>= estadístico de Friedman; p= valor de la probabilidad

Medias con una letra diferente son significativamente diferentes (p<0.05)

lar entre 200 000 a 300 000/ml, mientras que, recuentos superiores a 800 000 suelen estar asociados con infecciones persistentes (Cerrón Muñoz *et al.*, 2007).

Los resultados del test de Friedman sobre las frecuencias de patologías podales y las variables productivas tras su categorización (Cuadro 5) evidenciaron que, la casuística a nivel de las pezuñas anteriores no difirió durante los tres periodos de la fase descendente (p<0.05); no así en las pezuñas del miem-

bro pelviano, donde animales con 183 a 227 días, que fueron los más distantes del pico de lactancia, presentaron la menor frecuencia de casos (p=0.0102). Esta situación es coherente con lo referido por González y Ramos (2002) al señalar la flexibilidad que otorga la unión músculo-ligamentosa entre el miembro torácico y la pared lateral del tórax (*synsarcosis*), constituyendo el factor amortiguador que disminuye la casuística de cojeras en el miembro anterior en virtud del reparto más homogéneo de las cargas.

Cuadro 6. Contribución de las diferentes categorías de variables productivas en la constitución de cada uno de los ejes del análisis de correspondencia múltiple

Dimensión	Coordenadas fila		Eje 1	Eje 2
Días de lactancia	C1_DL	92 – 137	-0.21	-0.05
	C2_DL	138 – 182	-0.59	-0.28
	C3_DL	183 – 227	1.28	0.47
Tenor proteico	C1_PROT	Baja	-0.76	-0.20
	C2_PROT	Media	0.36	0.65
	C3_PROT	Alta	0.70	-0.69
Tenor graso	C1_GRAS	Baja	0.34	1.16
	C2_GRAS	Media	-0.75	-0.28
	C3_GRAS	Alta	0.59	-0.44
Recuento de células somáticas	C1_RCS	Bajo	-0.99	0.94
	C2_RCS	Medio	0.47	0.17
	C3_RCS	Alto	-0.39	-1.16
Producción láctea	C1_kg	Baja	0.27	-0.90
	C2_kg	Buena	0.14	0.09
	C3_kg	Elevada	-0.44	0.80

Cuadro 7. Contribución de las diferentes categorías de patologías podales y la evolución, en la constitución de cada uno de los ejes del análisis de correspondencia múltiple

Dimensión	Coordenadas fila	Eje 1	Eje 2
Patologías podales	Hemorragia de suela	0.65	-0.07
	Enfermedad de la línea blanca	-0.79	1.08
	Dermatitis digital	-0.10	0.01
	Flemón interdigital	-0.71	0.28
	Absceso de suela	-0.54	-0.44
	Fisura axial	1.02	-1.29
	Úlcera de suela	-0.35	-0.78
Evolución	Leve	0.77	0.28
	Severo	-1.07	0.12
	Moderado	-0.26	-0.54
	Grave	0.15	-0.62



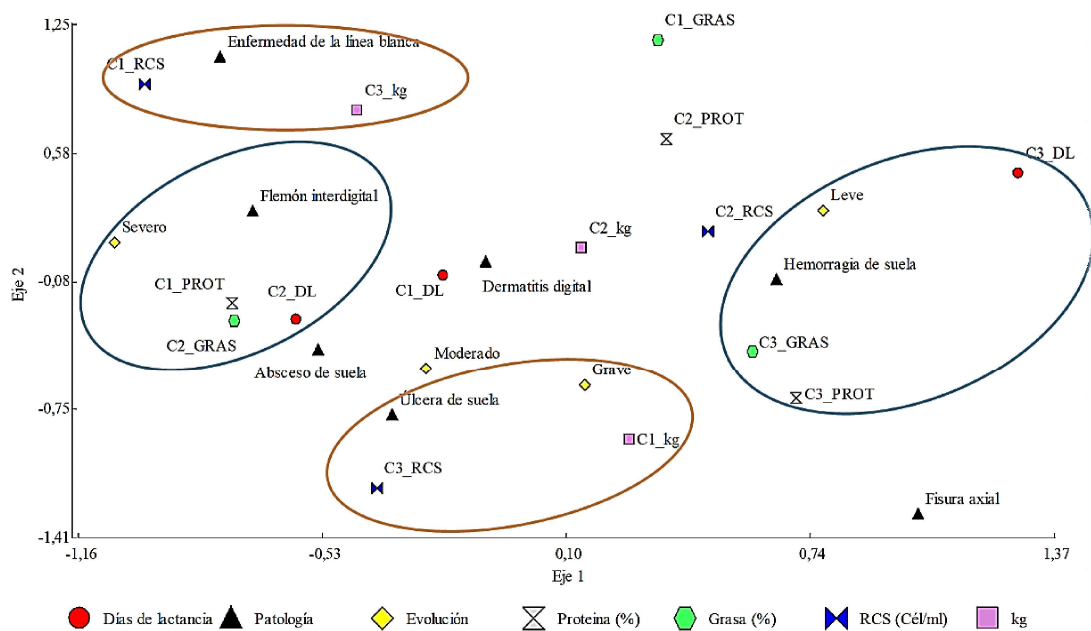


Figura 1. Biplot para el análisis de correspondencia entre patologías podales y modalidades de variables productivas

Respecto a las variables productivas, Cañas *et al.* (2011) reportaron variaciones entre partos y durante la lactancia, que no fueron observadas en este trabajo, debido a que la frecuencia de animales con niveles bajo, medio y alto durante los diferentes periodos de observación y lactancia fueron similares. De otra parte, Pinedo (2014) tampoco detectó disimilitudes en la producción lechera en bovinos con problemas podales.

Mediante el análisis de correspondencia múltiple, se asignó a cada categoría de variable un peso o inercia que aportó en la constitución de dos nuevos ejes o variables sintéticas utilizadas para representar el total de asociaciones. Tal como se observa en el Cuadro 6, las modalidades de variables relacionadas a las características productivas que contribuyeron con mayor inercia en el eje uno,

fueron las categorías dos y tres para días de lactancia; uno y tres para tenor proteico, así como dos y tres para tenor graso. En cuanto a la contribución en el eje dos, estuvieron involucradas la categoría uno para tenor graso; uno y tres para recuento de células somáticas y uno y tres para producción láctea.

En el Cuadro 7 se detalla la contribución de las diferentes categorías de patologías podales y su evolución. Para el eje uno, la hemorragia de suela y el flemón interdigital junto con las modalidades de evolución leve y severa fueron de mayor relevancia; mientras que, para el eje dos, presentaron mayor inercia la enfermedad de la línea blanca y la úlcera de suela.

La Figura 1 muestra la disposición de las modalidades citadas y sus asociaciones

atendiendo la cercanía a cada eje. En ese sentido, los animales con 183 a 227 días de lactancia (próximos al periodo seco), estuvieron asociados a la mayor frecuencia de hemorragia de suela, evolución leve y categorías de tenor graso y proteico clasificadas como altas. A la izquierda del plano cartesiano se agruparon vacas pertenecientes a la categoría dos para días de lactancia (138 a 182 días) con presentación de flemón interdígital, evolución severa y disminución del tenor proteico (categoría uno, bajo) así como nivel medio de contenido graso.

Las modalidades de categorías próximas al eje dos y distantes de cero, agruparon animales con enfermedad de la línea blanca, asociados al menor recuento de células somáticas (categoría uno, baja) y mayor volumen de producción láctea (categoría tres, alta), hecho a partir del cual se podría desprender que esta patología no impactó de manera negativa en ambos estándares de producción. Por otro lado, en la parte inferior del plano cartesiano se agruparon animales con úlcera de suela, evolución grave, mayor recuento de células somáticas (categoría tres, alto) y menor volumen de producción (categoría uno, bajo).

## CONCLUSIONES

- La mayor frecuencia de alteraciones en las pezuñas se presentó en el miembro pelviano, siendo la suela y la zona interdígital las más comprometidas, con elevado número de hemorragia de suela y dermatitis interdígital.
- La frecuencia de patologías podales fue menor en animales próximos al periodo seco.
- Los indicadores de producción láctea no difirieron en los animales agrupados según los días de lactancia y número de parto.
- La úlcera de suela y el flemón interdígital se asociaron a indicadores desfavorables de producción.

## Agradecimientos

Al Programa Universitario de Becas «Andrés Borgognon Montero», por el financiamiento de la Investigación y a los productores del Departamento de Caaguazú: Cabaña y Tambo HHP, Agromilk y Campo Lindo.

## LITERATURA CITADA

1. **Bartrina L. 2007.** Contexto geográfico general. En: Biodiversidad del Paraguay: una aproximación a sus realidades. Asunción: Fundación Moisés Bertoni. p 25-32.
2. **Cañas J, Cerón Muñoz M, Corrales J. 2011.** Modelación de curvas de lactancia para producción de leche, grasa y proteína en bovinos Holstein en Antioquia, Colombia. *Rev MVZ Córdoba* 16: 2514-2520. doi: 10.21897/rmvz.1015
3. **Cardona J, Cano N. 2003.** Alteraciones digitales en el ganado bovino del trópico bajo. *Rev MVZ Córdoba* 8: 249-253. doi: 10.21897/rmvz.1048
4. **Cerón Muñoz M, Agudelo E, Maldonado Estrada J. 2007.** Relación entre el recuento de células somáticas individual o en tanque de leche y la prueba CMT en dos fincas lecheras del departamento de Antioquia (Colombia). *Rev Colomb Cienc Pec* 20: 472-483.
5. **Confalonieri O, Soraci A, Passucci J, Rodríguez E, Becaluba H, Tapia M. 2008.** Prevalencia y detección de factores de riesgo de mar y sierras de Tandil. *Analecta Vet* 28: 15-20.
6. **Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. 2018.** InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [Internet]. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
7. **García CAC, Montiel RLA, Borderas TF. 2014.** Grasa y proteína de la leche de vaca: componentes, síntesis y modificación. *Arch Zootec* 63: 85-105. doi: 10.21071/az.v63i241.592

8. **González A, Ramos JM. 2002.** Mecánica de apoyo, recorte funcional y laminitis en bovino. *MG Mundo Ganadero* 142: 60-68.
9. **Greenough P. 2009.** Laminitis y claudicaciones en bovinos: cómo encarar esta problemática. Buenos Aires: InterMédica. 291 p.
10. **Hernández JM, Bedolla JLC. 2008.** Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. *REDVET* 9(9). [Internet]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617329004.pdf>
11. **International Organization for Standardization ISO 13366-2: 2006.** Milk – Enumeration of somatic cells – Part 2: Guidance on the operation of fluoro-optoelectronic counters (IDF 148-2:2006). [Internet]. Available in: <https://www.iso.org/standard/40260.html>
12. **International Organization for Standardization ISO 9622:2013.** Milk and liquid milk products — Guidelines for the application of mid-infrared spectrometry (IDF 141:2013). [Internet]. Available in: <https://www.iso.org/standard/56874.html>
13. **Larson C, Tomlinson D, Branine M, Mülling C, Döpfer D, Edwards T. 2015.** Cojeras en el ganado bovino. Minnesota, USA: Zinpro Corporation. 70 p.
14. **Nan Monte F, Galotta J. 2006.** Anatomía del pie bovino. In: 14<sup>th</sup> International Symposium on Lameness in Ruminants. Uruguay.
15. **Perusia Ó. 2001.** Patologías podales del bovino. *Rev Inv Vet Perú* 12: 65-77. doi: 10.15381/rivep.v12i2.1635
16. **Pinedo L. 2014.** Problemas podales en bovinos que afectan la producción lechera en el Centro de Enseñanza e Investigación Yurimaguas Granja Km 17 - UNAP. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Yurimaguas, Perú: Univ. de la Amazonía Peruana. 51 p.
17. **Rodríguez I, Núñez L, Centurión LM, Caballero M, Martínez-López OR. 2019.** Estudio morfométrico de pezuñas en genotipos bovinos criados en los humedales del Ñeembucú Paraguay. *Arch Zootec* 68: 504-514. doi: 10.21071/az.v68i264.4989
18. **Tavares F. 2015.** Estudo das patologias podais em explorações de bovinos de leite. Tese de Mestrado. Portugal: Univ. de Lisboa. 99 p.
19. **Temple D, Bargo F, Mainau E, Ipharraguerre I, Manteca X. 2016.** Conducta de descanso y eficiencia productiva de las vacas de leche - una visión práctica. *FAWEC* 15. [Internet]. Disponible en: [https://www.fawec.org/media/com\\_lazy/pdf/pdf/Ficha\\_Tecnica\\_FAWEC15-n15\\_eficiencia\\_confort\\_es.pdf](https://www.fawec.org/media/com_lazy/pdf/pdf/Ficha_Tecnica_FAWEC15-n15_eficiencia_confort_es.pdf)
20. **Toledo Hein CE. 2006.** Descripción de las estructuras anatómicas afectadas en dedos de vacas lecheras faenadas en una planta procesadora de carnes del Sur de Chile. Tesis de Médico Veterinario. Valdivia, Chile: Univ. Austral de Chile. 51 p.