



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



DETERMINACIÓN DEL GRADO DE INFLAMACIÓN  
PRODUCIDO POR DISTINTAS LESIONES PODALES EN  
VACAS LECHERAS, MEDIANTE EL USO DE TERMOGRAFÍA  
INFRARROJA.

**FERNANDA DE JESÚS OLIVARES MENDOZA**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Ciencias Clínicas

PROFESOR GUÍA: NÉSTOR TADICH BABAIC

SANTIAGO, CHILE  
2014



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



DETERMINACIÓN DEL GRADO DE INFLAMACIÓN  
PRODUCIDO POR DISTINTAS LESIONES PODOALES EN  
VACAS LECHERAS, MEDIANTE EL USO DE TERMOGRAFÍA  
INFRARROJA.

**FERNANDA DE JESÚS OLIVARES MENDOZA**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Ciencias Clínicas

NOTA FINAL: .....

	NOTA	FIRMA
PROFESOR GUÍA: NÉSTOR TADICH	.....	.....
PROFESOR CONSEJERO: RICHARD ARANCIBIA	.....	.....
PROFESOR CONSEJERO: MARIO DUCHENS	.....	.....

SANTIAGO, CHILE

2014

## **RESUMEN**

Con el objetivo de determinar la utilidad de la termografía infrarroja para diagnosticar los grados de inflamación producidos por las lesiones podales más frecuentes en vacas lecheras, se realizó un estudio entre julio del 2013 y enero del 2014 en catorce lecherías de las regiones de Los Ríos y Los Lagos.

Se utilizaron 75 vacas lecheras con grado de locomoción 3, afectadas por la enfermedad de la línea blanca (n=20), hemorragia plantar (n= 19), erosión de talones (n=6) y úlcera plantar (n=20). Además, se incluyó un grupo control de vacas no cojas (n=10).

Las vacas fueron examinadas a la salida de la sala de ordeña e introducidas a un brete de contención. El miembro afectado se levantó, lavó y luego de cinco minutos se obtuvieron imágenes termográficas de la suela y de la zona sobre los talones. Con el miembro en el suelo, se obtuvieron imágenes termográficas de los planos anterior y posterior de la pezuña. Los termogramas se analizaron utilizando el *software* FLIR Tools 3.1. Se utilizó el *software* estadístico InfoStat y STATGRAPHICS CENTURION XV para realizar el análisis descriptivo y de varianza, respectivamente.

En todas las lesiones, la vista solear presentó mayores temperaturas en el área interdigital. Se encontraron diferencias significativas entre el grupo control y la hemorragia plantar, enfermedad de la línea blanca y úlcera plantar. La termografía infrarroja resultó de utilidad para determinar un aumento de temperatura en las pezuñas, pero no para asociar una temperatura específica a una lesión en particular.

Palabras claves: Lesiones podales, termografía infrarroja, cojeras, vacas lecheras.

## **ABSTRACT**

With the aim to determine the usefulness of infrared thermography to diagnose the degree of inflammation produced by the most common foot lesions in dairy cows a study was carried out between July 2013 and January 2014 in 14 dairy farms located in Los Rios and Los Lagos regions.

A total of 75 dairy cows, with a locomotion score 3 and affected by white line disease (n = 20), plantar hemorrhage (n = 19), heel erosion (n = 6) and plantar ulcer (n = 20), were used. A control group of non-lame cows (n = 10) was also included.

Cows were examined when leaving the milking parlour and then were introduced into a crush. The affected limb was lifted, washed and after five minutes a thermographic image was taken of the solar view and the skin above the heel bulbs. With the limb on the floor another thermographic of the anterior and posterior view were obtained. Thermograms were analyzed using the FLIR Tools 3.1 software. The InfoStat and STATGRAPHICS CENTURION XV statistical software were used to perform descriptive and variance analysis, respectively.

For all lesions, the sole view showed higher temperatures in the interdigital area. Significant differences were found between the control group and sole hemorrhage, white line disease and plantar ulcer. Infrared thermography was useful for determining a temperature rise in the hooves, but did not allow to associate a specific temperature with a particular foot lesion.

**Key words:** Foot lesions, infrared thermography, lameness, dairy cows.

## INTRODUCCIÓN

La población bovina existente en Chile es de 3.718.532 cabezas (INE, 2007), de las cuales 615.924 corresponden a vacas lecheras, encontrándose 378.853 (65,51%) en la ex Décima Región de los Lagos (INE, 1997). En cuanto a la recepción de leche en planta, la Región de Los Lagos y la Región de Los Ríos representan el 46,38% y el 30,98% de la producción nacional, respectivamente (ODEPA, 2013).

Entre los problemas de salud más importantes que afectan al ganado bovino lechero, se encuentran la mastitis, los trastornos reproductivos y las cojeras (Greenough, 2007). Las cojeras tienen un origen multifactorial, siendo influenciadas por diferentes factores, dentro de los cuales se encuentra el número de partos, alimentación, tipo de rebaño y estación del año (Alban *et al.*, 1996). Del mismo modo, el medio ambiente, manejo y construcciones inadecuadas pueden predisponer a problemas podales (Shearer, 1998). De acuerdo a Hettich *et al.* (2007), la raza y número de lactancia son los factores de riesgo más importantes para la presentación de las lesiones podales con alta prevalencia.

La importancia de las cojeras radica en las implicancias que posee, tanto en el área económica, reproductiva, como también en el bienestar animal. Greenough (2007), señala que las cojeras afectan a la empresa debido a un aumento en los costos de medicación, disminución de la producción de leche debido al dolor o al uso de terapia con antibióticos, descarte involuntario de animales jóvenes, y disminución de la condición corporal, lo que a su vez resulta en una reducción de la vida económica de una vaca. En cuanto a la eficiencia reproductiva, esta se asocia con anomalías en la ovulación, lo que se traduce en un aumento del intervalo entre partos. Por otra parte, si las claudicaciones pasan desapercibidas por largos periodos de tiempo, producen dolor e inflamación, llevando a cuadros crónicos, afectando el bienestar y el desempeño del animal (Manson y Leaver, 1988).

En cuanto a la producción de leche, diversos autores han descrito que las lesiones podales que causan cojera en vacas lecheras, reducen la producción láctea (Green *et al.*, 2002; Flor, 2006; Amory *et al.*, 2008; Green *et al.*, 2010).

Respecto a lo anterior, Green *et al.* (2002) señalan que cuatro meses antes, hasta cinco meses después del diagnóstico de una vaca clínicamente coja, existe una pérdida que puede llegar a los 360 kg (rango de 160 a 550 kg) de leche en una lactancia.

Flor (2006), describió una asociación entre la producción de leche y la gravedad de la lesión. Es así como encontró que vacas con úlcera plantar (UP) presentaban una menor producción de leche comparado con otras lesiones podales. De manera similar, (Green *et al.*, 2010) encontraron que en vacas del sur de Chile con UP, la producción de leche se redujo significativamente tres meses antes del diagnóstico, hasta aproximadamente un mes posterior al tratamiento. Para esta misma lesión Amory *et al.* (2008) en Inglaterra, describen una disminución del rendimiento por lactancia de 574 kg (IC del 95%: 307 a 841 kg).

En la enfermedad de la línea blanca (ELB), Green *et al.* (2010) no observaron cambios significativos en la producción de leche hasta cuatro meses después del tratamiento, donde este grupo de vacas produjo más leche que las vacas sin cojera. Amory *et al.* (2008), asociaron una disminución en la producción de láctea de 369 kg (IC del 95%: 137 a 600 kg) para esta lesión.

En un estudio de Amory *et al.* (2008), no se encontró una disminución económicamente importante en la producción de leche en vacas con dermatitis digital (DD) y otras lesiones podales. Sin embargo, estudios más recientes señalan que para todas las causas de cojera, la producción láctea se incrementó al mes después del tratamiento (Green *et al.*, 2010), sugiriendo que existe una menor producción láctea, producto de las diferentes lesiones podales.

Los datos sobre prevalencia de cojeras clínicas que existen en la literatura en Chile son escasos y variados y van desde un 9% hasta un 16 % (Tadich *et al.*, 2005; Flor y Tadich, 2008). En un estudio realizado por Hettich *et al.* (2007), con rebaños de tamaño mediano de la ex Décima Región, la prevalencia promedio total de vacas cojas fue de un 9,1%, donde las lesiones podales diagnosticadas con mayor frecuencia fueron las deformaciones crónicas de la pezuña (DCP), la ELB, lesiones de la muralla (LM) y doble suela (DS), respectivamente. Sin embargo, Flor y Tadich (2008), reportaron prevalencias de 32,1% en rebaños grandes y 28,7% en rebaños pequeños siendo las lesiones podales más

comúnmente diagnosticadas: ELB, hemorragia plantar (HP), erosión de talones (ET), UP, DS y DD.

La mayoría de los autores concuerda que, en el 75% al 90% de los casos, las lesiones claudicógenas se ubican en los dedos, alrededor del 85% afectan a las miembros posteriores y de estos en un 85% de los casos a la pezuña lateral (Tadich *et al.*, 2005).

Con respecto al grado de claudicación producido por las lesiones encontradas en el sur de Chile, Tadich *et al.* (2005) señalan que un 53,4% de los animales diagnosticados como cojos presentaron una claudicación de grado 1, lo que representa una claudicación muy leve, y el otro 46,6% presentó cojeras de grado 2 a 4, lo que representa una claudicación moderada a grave.

Para el diagnóstico de las alteraciones podales, es necesario observar el animal en estación y durante la marcha. El animal cojo en estación mostrará posturas anormales que pueden indicar problemas podales. Al observar al animal durante la marcha es posible evaluar el tipo y grado de claudicación. El método más utilizado para determinar el grado de cojera involucra la observación de las vacas, de acuerdo a la pauta descrita por Sprecher *et al.* (1997), en la cual el grado 1 de claudicación representa a una vaca no coja, el grado 2 de claudicación es cuando la vaca se para normalmente, pero arquea el lomo al caminar, el grado 3 de claudicación es cuando la vaca al estar parada o caminando arquea el lomo, en el grado 4 de claudicación existe dificultad para caminar, y la vaca intenta no apoyar el miembro afectado y finalmente el grado 5 de claudicación la vaca rehúsa levantarse o caminar por iniciativa propia y prefiere el decúbito.

La caracterización de las cojeras, mediante la observación, consume tiempo, mano de obra, y tiene un grado de subjetividad, dependiendo de la habilidad del observador en el reconocimiento de anomalías sutiles de locomoción (Winckler y Willen, 2001). Además, la presencia de una lesión no implica que ésta esté necesariamente asociada a un puntaje de locomoción cada vez mayor. El puntaje de locomoción puede no ser lo suficientemente sensible para detectar todas las lesiones (Tadich *et al.*, 2010). Por tanto, es necesario, además, realizar un examen completo de las pezuñas, ya que cuando las lesiones tempranas

son detectadas durante el curso del recorte funcional, pueden ser corregidas, evitando la posibilidad de que la lesión progrese a una enfermedad más grave (Shearer *et al.*, 2012).

Un método no invasivo para evaluar la salud de la pezuña es la termografía infrarroja (TI), la cual es una técnica que permite, a distancia y sin contacto, medir y visualizar temperaturas de superficies con precisión, siendo esto posible gracias a que todos los cuerpos emiten radiación infrarroja y esta energía irradiada es proporcional a la temperatura superficial (Morales *et al.*, 2011).

La energía infrarroja que irradia un cuerpo se detecta con el termógrafo, enfocándose con el sistema óptico sobre un detector de infrarrojos. El detector envía los datos al sensor electrónico para procesar la imagen (Flir Systems, 2013). La imagen de la cámara se almacena en la memoria interna del termógrafo para luego ser procesada a través de un software específico, permitiendo un análisis de mayor profundidad del termograma haciendo uso de un sistema computacional para tal fin (Gil, 2009).

La temperatura de la piel y extremidades depende en gran medida de la circulación subyacente y la tasa de metabolismo de los tejidos, por lo tanto, la variación en los patrones térmicos producto del cambio en el flujo sanguíneo, alterará la cantidad de calor irradiado el cual puede ser identificado mediante TI (Alsaad y Büscher, 2012). El termograma representa las áreas más calientes de un color blanco o rojo, mientras que las regiones más frías aparecen de color azul (Eddy *et al.*, 2001).

En la medicina de bovinos la TI ha sido de utilidad para la detección temprana de problemas en tejidos blandos superficiales tales como: piel, músculos, ligamentos, tendones, escroto, glándula mamaria, así como las pezuñas, en problemas de laminitis, infecciones y abscesos de origen desconocido (Gil, 2009).

En cuanto a la TI, como método para detectar cojeras en vacas lecheras, Stokes *et al.* (2012) indican que este método es fiable en la detección de temperatura elevada asociada con lesiones en los dedos, pero no lo suficientemente sensible para la detección específica de la lesión. Nikkhah *et al.* (2005) concluyen que mediante la TI se podría detectar la inflamación asociada a laminitis a comienzos de la lactancia. Alsaad y Büscher (2012), señalan un aumento en la temperatura de los miembros afectados, cuando las lesiones se

produjeron tanto en los miembros posteriores izquierdo y derecho. Alsaod *et al.* (2014) observaron que los miembros afectados con DD, mostraron temperaturas significativamente mayores en comparación con los miembros sanos.

Por lo tanto, de acuerdo a la literatura consultada, es posible, mediante la TI, detectar un cambio en la temperatura de la banda coronaria (Nikkhah *et al.*, 2005; Alsaod y Büscher, 2012; Alsaod *et al.*, 2014), y en la piel de la zona posterior de los dedos sobre los talones (Stokes *et al.*, 2012).

Considerando lo señalado anteriormente, este estudio pretende determinar diferencias en los grados de inflamación producidos por distintas lesiones podales de alta prevalencia en la zona sur de Chile, tales como: ELB, HP, UP y ET en vacas con score de locomoción similar (grado 3). En la eventualidad de que se encuentren diferencias en la TI, esto permitiría explicar por qué distintas lesiones con similar grado de locomoción producen distintos efectos en la producción de leche de las vacas afectadas.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Entre los meses de julio del 2013 a enero del 2014, se visitaron catorce lecherías ubicadas en las Regiones de los Ríos y los Lagos, las cuales se escogieron por conveniencia, basado en el interés de los propietarios en participar y su cercanía con la ciudad de Valdivia. El acceso a ellas fue por intermedio del médico veterinario asesor o por contacto directo con el propietario o administrador de la lechería.

Se utilizaron 75 vacas lecheras de raza Frisón Negro, Kiwi cross (Holstein x Jersey), Jersey y mestizas con otras razas lecheras, con distinto número de partos, diferentes producciones lácteas y con un grado de cojera 3 en uno de sus miembros posteriores; las cuales presentaron las lesiones podales correspondientes a la ELB (n=20), HP (n= 19), ET (n=6) y UP (n=20). Además, se eligió un grupo control de vacas no cojas (n=10).

Para la obtención de las imágenes se utilizó la cámara termográfica FLIR i5 (FLIR Systems®), para el caso de la termografía y la cámara fotográfica Canon PowerShot A3300 IS para el registro fotográfico. El material utilizado para realizar el examen de las pezuñas consistió en un brete de contención, lazos, cepillo, despalmadores de acero inoxidable, agua, toallas de papel desechable y guantes.

En cada visita, se examinó a las vacas a la salida de la sala de ordeña, con la finalidad de detectar el grado de cojera, el cual fue determinado de acuerdo a la pauta de Sprecher *et al.* (1997). Las vacas con grado de locomoción 3 y 1, fueron identificadas para su posterior examen.

A continuación, las vacas seleccionadas fueron introducidas a un brete de contención para realizar el examen del miembro afectado. Éste se levantó y se lavó con agua fría y con un cepillo la suela y talones. Luego de cinco minutos, tiempo que se esperó para que la irrigación del dedo volviese a su estado prelavado, se obtuvo imágenes termográficas de la suela (vista solear) (Figura 1) y otra de la zona sobre los talones (vista posterior en suspensión) (Figura 2) a una distancia de 40 centímetros aproximadamente. A continuación por medio de la inspección, integridad del tejido córneo, y reacciones de dolor a la palpación, se realizó la identificación de la lesión y del dedo afectado. Mediante un registro fotográfico se obtuvo imágenes de las lesiones podales diagnosticadas, para un posible examen posterior en caso de dudas.

Posteriormente, se bajó el miembro afectado, y mientras la vaca permanecía de pie en el brete apoyada sobre sus cuatro extremidades, se obtuvo imágenes termográficas de la zona sobre los talones (vista posterior en el suelo) (Figura 3) y del rodete coronario (vista anterior) (Figura 4), una distancia de aproximadamente 40 centímetros.

De manera similar se tomaron las termografías para el grupo control de vacas no cojas (n=10), pero en éste caso, las imágenes correspondían a ambos miembros (derecho e izquierdo) y dedos (lateral y medial) posteriores.

Por cada vaca examinada se completó un registro, donde se ingresaron los datos del predio, la fecha de visita, el número del arete de la vaca examinada, el grado de claudicación, el miembro y pezuña afectados, el tipo de lesión encontrada y la ubicación de la lesión. Los datos fueron introducidos en una planilla Microsoft® Excel 2010 para realizar los análisis posteriores, previa verificación de todas las variables.



Figura 1. Toma de imagen termográfica de la zona de la suela (vista solear).



Figura 2. Toma de imagen termográfica de la zona sobre los talones (vista posterior en suspensión).



Figura 3. Toma de imagen termográfica de la zona sobre los talones (vista posterior en el suelo).



Figura 4. Toma de imagen termográfica de la zona del rodete coronario (vista anterior).

## Análisis termográfico

Las imágenes termográficas se analizaron utilizando el *software* FLIR Tools 3.1, considerando valores de emisividad: 0,95; distancia: 40 centímetros; temperatura, y humedad promedio del día de la visita.

El análisis de la vista solear se realizó de acuerdo a las zonas anatómicas descritas por van Amstel y Shearer (2006) (Figura 5), en el cual se consideran las siguientes áreas: zona 0 (espacio interdigital), zona 1 y 2 (línea blanca), zona 3 (unión abaxial muralla-talón), zona 4 (unión suela-talón), zona 5 (punta de la suela), zona 6 (talón) y zona 10 (hendidura interdigital plantar). Por otro lado, para el análisis de la vista posterior (con el miembro en suspensión y en el suelo), se consideró la zona sobre los talones y para la vista anterior, el sector correspondiente al rodete coronario.

En las cuatro vistas mencionadas anteriormente, se estableció un patrón de análisis que consistía en 5 puntos por zona anatómica, es decir, un total de 40 puntos para la vista solear (la cual presenta 8 zonas distintas), 5 puntos para el área sobre los talones (vista posterior en suspensión), 5 puntos para el área sobre los talones (vista posterior en el suelo) y 5 puntos para el rodete coronario (vista anterior) (Figuras 6 a 9).

En el grupo control se realizó el mismo análisis pero en ambos miembros y dedos, por lo que por cada vaca se obtuvo un total de 140 puntos en la vista solear; 10 puntos en la zona sobre los talones en suspensión; 10 puntos en la zona sobre los talones en el suelo y 10 puntos en el rodete coronario.

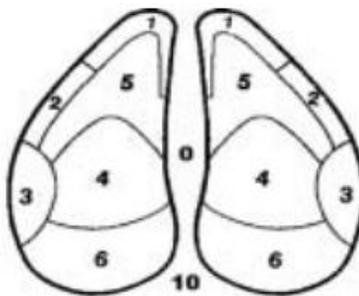


Figura 5: Zonas anatómicas de la suela (Amstel y Shearer, 2006)

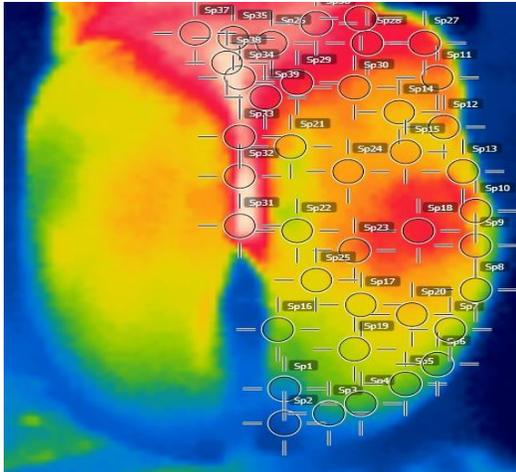


Figura 6. Análisis termográfico de la suela (vista solear), con un total de 40 puntos.

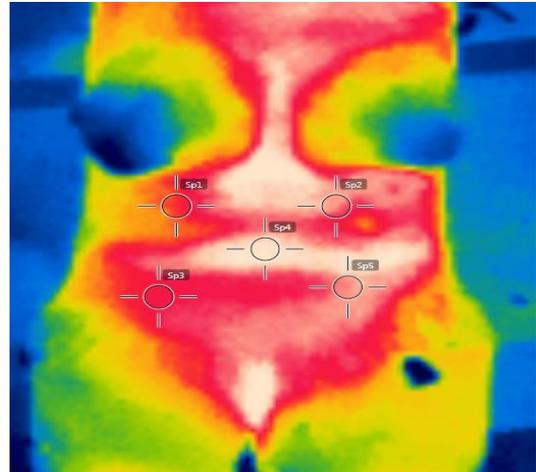


Figura 7. Análisis termográfico de la zona sobre los talones (vista posterior en suspensión), con un total de 5 puntos.

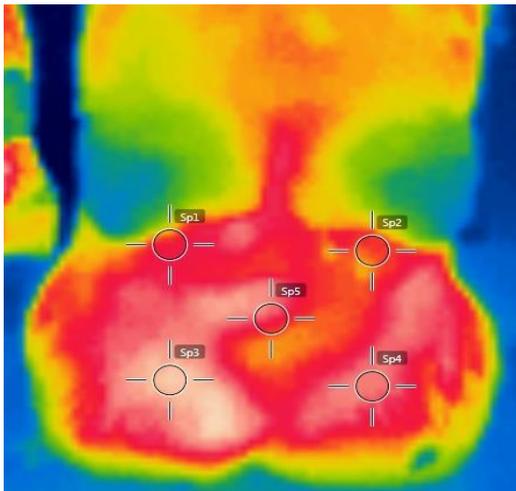


Figura 8. Análisis termográfico de la zona sobre los talones (vista posterior en el suelo), con un total de 5 puntos.

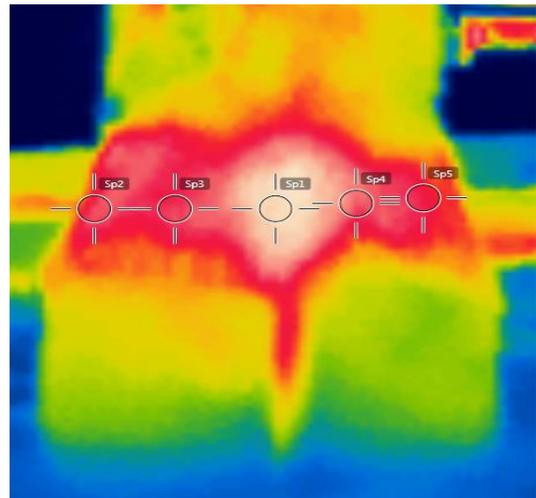


Figura 9. Análisis termográfico de la zona del rodete coronario (vista anterior), con un total de 5 puntos.

### Análisis estadístico

Se utilizó el *software* estadístico *InfoStat® 2008*, para realizar el análisis descriptivo de cada lesión, obteniendo valores correspondientes a la media, desviación estándar, mínimo, máximo, mediana y moda. Con el programa *STATGRAPHICS Centurion XV 2007*, se analizó la temperatura de las diferentes vistas a través de dos análisis de varianza. En el primero se realizaron análisis para cada lesión y el grupo control por separado, considerando el efecto de las 8 zonas anatómicas de la suela y, en análisis adicionales, el

efecto de la zona anatómica de las vistas anterior y posterior (con el miembro en suspensión y en el suelo).

En el segundo análisis de varianza, la temperatura de las 11 diferentes zonas (8 zonas de la suela, 2 zonas posteriores y 1 zona anterior) fue analizada separadamente considerando el efecto de la lesión presente más el grupo control. Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $P \leq 0,05$ . Los promedios de mínimos cuadrados fueron comparados a través de la prueba de Tukey.

## **RESULTADOS**

El grado de inflamación de las diferentes lesiones podales, se estimó a través de la temperatura obtenida para cada zona anteriormente descrita, la cual fue expresada en grados Celsius. Al analizar los resultados, primero de cada lesión se encontró que:

En el grupo control de vacas no cojas, en la vista solear, las mayores temperaturas fueron detectadas en la zona 0, presentando una media de 20,9 °C, seguida por la zona 10 con una media de 18,7 °C. Como se aprecia en el cuadro 1, al comparar las temperaturas de las diferentes zonas de la suela, en este grupo se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre la zona 0 con las zonas 1 y 2.

De acuerdo al cuadro 2, en el grupo control, la mayor temperatura se encontró en la vista anterior, presentando una media de 19,6 °C. Al comparar las temperaturas de la vista anterior, posterior en el suelo y posterior en suspensión, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ) entre ellas.

En la ELB, las mayores temperaturas en la vista solear se encontraron en las zonas 0 y 10, con medias de 24,5 °C y 22,6 °C, respectivamente. El área anatómica correspondiente a la línea blanca (zonas 1, 2 y 3) presentó una temperatura promedio de 16,5 °C. Como se aprecia en el cuadro 1, se observó una diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) en la temperatura de la vista solear entre: la zona 0 con las zonas 1 y 2; las zonas 0 y 1 con las zonas 3, 4 y 5; las zonas 0, 1 y 2 con la zona 6; las zonas 1, 2, 3, 4 y 5 con la zona 10.

De acuerdo al cuadro 2, en la ELB, la vista posterior en el suelo presentó una mayor temperatura con una media de 24,4 °C. Al comparar las temperaturas de las vistas anterior,

posterior en suelo y posterior en suspensión, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ) entre ellas.

En la HP, la vista solear presentó temperaturas más altas en las zonas 0 y 10 con medias de 26,3 °C y 24,2 °C, respectivamente. El área anatómica de la suela, donde se observa esta lesión son las zonas 4 y 5, las cuales mostraron medias de 21 °C y 20,9 °C, respectivamente. Como se aprecia en el cuadro 1, se observó una diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) en la temperatura de la vista solear entre: la zona 0 con las zonas 1, 2, 3 y 5; las zonas 0 y 1 con las zonas 4 y 6; la zona 10 con las zonas 1, 2, 3, 4 y 5.

De acuerdo al cuadro 2, en la HP, la mayor temperatura se presentó en la vista posterior en el suelo, con una media de 26,2 °C. Al comparar las temperaturas de las vistas anterior, posterior en el suelo y posterior en suspensión, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ) entre ellas.

En la ET, las mayores temperaturas en la vista solear fueron en las zonas 0 y 10 con medias de 22,7 °C y 21,1 °C, respectivamente. La zona 6 es la más representativa de esta lesión, presentando una media de 18,9 °C. Como se observa en el cuadro 1, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ) al comparar las temperaturas de las distintas zonas de la suela.

De acuerdo al cuadro 2, en la ET, la vista posterior en el suelo presentó una mayor temperatura con una media de 26 °C. Al comparar las temperaturas de las vistas anterior, posterior en el suelo y posterior en suspensión, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ).

La UP presentó en la vista solear, temperaturas más altas en las zonas 0 y 10, con medias de 25,7 °C y 23,3 °C, respectivamente. El área anatómica representativa de esta lesión es la zona 4, presentando una media de 20,2 °C. Como se aprecia en el cuadro 1, se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en la temperatura de la zona 0 con las zonas 1, 2, 3 y 5; zonas 0 y 1 con la zona 4; zonas 0, 1 y 2 con la zona 6; zona 10 con las zonas 1, 2, 3 y 5.

De acuerdo al cuadro 2, en la UP, se observó una mayor temperatura en la vista posterior en suspensión, con una media de 25,6 °C. Al comparar las temperaturas de las vistas anterior, posterior en el suelo y posterior en suspensión, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ) entre ellas.

**Cuadro 1.** Temperatura de la vista solar en las diferentes zonas anatómicas en vacas no cojas y vacas con lesiones podales.

Grupos <sup>1</sup>	Zonas de la suela <sup>2</sup>							
	0	1	2	3	4	5	6	10
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
No cojas	20,9 ± 5,78 <sup>b</sup>	13 ± 2,79 <sup>a</sup>	13,7 ± 3,49 <sup>a</sup>	15,2 ± 3,90 <sup>ab</sup>	16,1 ± 3,94 <sup>ab</sup>	15,9 ± 3,99 <sup>ab</sup>	16,3 ± 4,95 <sup>ab</sup>	18,6 ± 5,05 <sup>ab</sup>
ELB	24,5 ± 3,74 <sup>c</sup>	14,6 ± 3,71 <sup>a</sup>	16,4 ± 3,77 <sup>ab</sup>	18,5 ± 3,47 <sup>bc</sup>	18,7 ± 3,43 <sup>bc</sup>	18,2 ± 3,35 <sup>bc</sup>	20,1 ± 3,61 <sup>cd</sup>	22,6 ± 4,07 <sup>de</sup>
UP	25,7 ± 3,31 <sup>e</sup>	16,4 ± 3,28 <sup>a</sup>	17,5 ± 3,02 <sup>ab</sup>	19,4 ± 3,05 <sup>abc</sup>	20,2 ± 3,56 <sup>bcd</sup>	19,5 ± 3,51 <sup>abc</sup>	21 ± 3,87 <sup>cd</sup>	23,3 ± 3,08 <sup>de</sup>
HP	26,3 ± 2,72 <sup>d</sup>	17,9 ± 3,18 <sup>a</sup>	19 ± 3,36 <sup>ab</sup>	20,5 ± 3,11 <sup>ab</sup>	21 ± 3,06 <sup>b</sup>	20,9 ± 2,93 <sup>ab</sup>	22 ± 3,13 <sup>bc</sup>	24,2 ± 3,21 <sup>cd</sup>
ET	22,7 ± 7,09 <sup>a</sup>	16,8 ± 5,35 <sup>a</sup>	16,3 ± 4,82 <sup>a</sup>	17,3 ± 4,99 <sup>a</sup>	17,7 ± 5,02 <sup>a</sup>	17,6 ± 4,88 <sup>a</sup>	18,9 ± 5,58 <sup>a</sup>	21,1 ± 5,57 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Indica grupos de vacas: no cojas, enfermedad de la línea blanca (ELB), úlcera plantar (UP), hemorragia plantar (HP), erosión de talones (ET).

<sup>2</sup> La definición de las zonas se muestra en la página 10.

<sup>a, b, c</sup> Promedios con diferente superíndice dentro de las filas son significativamente diferentes ( $P \leq 0,05$ ).

**Cuadro 2.** Temperatura de la vista anterior y posterior (con el miembro en el suelo y en suspensión) en vacas no cojas y vacas con lesiones.

Grupo <sup>1</sup>	Vista <sup>2</sup>		
	Anterior	Posterior en el suelo	Posterior en suspensión
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
No cojas	19,6 ± 5,34	19,4 ± 4,81	19,4 ± 5,87
ELB	23,6 ± 4,51	24,4 ± 5,26	23,6 ± 3,76
UP	23,5 ± 3,41	23,9 ± 3,63	24,6 ± 2,65
HP	25,7 ± 3,02	26,2 ± 3,58	26 ± 3,03
ET	21,6 ± 5,33	26 ± 3,03	23,1 ± 5,88

<sup>1</sup> Indica grupos de vacas: no cojas, enfermedad de la línea blanca (ELB), úlcera plantar (UP), hemorragia plantar (HP), erosión de talones (ET).

<sup>2</sup> La definición de las vistas se muestra en la página 10.

De acuerdo al cuadro 3, al comparar las diferentes temperaturas en vacas no cojas y vacas con lesiones, se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en la temperatura del grupo control de vacas no cojas, con la temperatura de las lesiones correspondientes a HP en las zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 10 de la vista solar, la vista anterior y posterior (tanto en el suelo como en suspensión). Asimismo, se observaron diferencias significativas en las temperaturas de la ELB en la vista posterior en el suelo y UP en las zonas 3, 4, 6, 10 de la vista solar y vista posterior en suspensión.

También, como se aprecia en el cuadro 3, existen diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) al comparar la temperatura de la zona 1 de la vista solar, entre la ELB y HP.

**Cuadro 3.** Temperatura de la vista solar, anterior y posterior en vacas no cojas y vacas con lesiones podales.

Zonas <sup>1</sup>	Grupo <sup>2</sup>				
	No cojas	ELB	UP	HP	ET
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
Zona 1	13 ± 2,79 <sup>b</sup>	14,6 ± 3,71 <sup>b</sup>	16,4 ± 3,28 <sup>ab</sup>	17,9 ± 3,18 <sup>a</sup>	16,8 ± 5,35 <sup>ab</sup>
Zona 2	13,7 ± 3,49 <sup>b</sup>	16,4 ± 3,77 <sup>ab</sup>	17,5 ± 3,02 <sup>ab</sup>	19 ± 3,36 <sup>a</sup>	16,3 ± 4,82 <sup>ab</sup>
Zona 3	15,2 ± 3,90 <sup>b</sup>	18,5 ± 3,47 <sup>ab</sup>	19,4 ± 3,05 <sup>a</sup>	20,5 ± 3,11 <sup>a</sup>	17,3 ± 4,99 <sup>ab</sup>
Zona 4	16,1 ± 3,94 <sup>b</sup>	18,7 ± 3,43 <sup>ab</sup>	20,2 ± 3,56 <sup>a</sup>	21 ± 3,06 <sup>a</sup>	17,7 ± 5,02 <sup>ab</sup>
Zona 5	15,9 ± 3,99 <sup>b</sup>	18,2 ± 3,35 <sup>ab</sup>	19,5 ± 3,51 <sup>ab</sup>	20,9 ± 2,93 <sup>a</sup>	17,6 ± 4,88 <sup>ab</sup>
Zona 6	16,3 ± 4,95 <sup>b</sup>	20,1 ± 3,61 <sup>ab</sup>	21 ± 3,87 <sup>a</sup>	22 ± 3,13 <sup>a</sup>	18,9 ± 5,58 <sup>ab</sup>
Zona 10	18,6 ± 5,05 <sup>b</sup>	22,6 ± 4,07 <sup>ab</sup>	23,3 ± 3,08 <sup>a</sup>	24,2 ± 3,21 <sup>a</sup>	21,1 ± 5,57 <sup>ab</sup>
Zona 0	20,9 ± 5,78 <sup>b</sup>	24,5 ± 3,74 <sup>b</sup>	25,7 ± 3,31 <sup>b</sup>	26,3 ± 2,72 <sup>b</sup>	22,7 ± 7,09 <sup>b</sup>
Rodete coronario	19,6 ± 5,34 <sup>b</sup>	23,6 ± 4,51 <sup>ab</sup>	23,5 ± 3,41 <sup>ab</sup>	25,7 ± 3,02 <sup>a</sup>	21,6 ± 5,33 <sup>ab</sup>
Sobre talones en el suelo	19,4 ± 4,81 <sup>b</sup>	24,4 ± 5,26 <sup>a</sup>	23,9 ± 3,63 <sup>ab</sup>	26,2 ± 3,58 <sup>a</sup>	26 ± 3,03 <sup>ab</sup>
Sobre talones en suspensión	19,4 ± 5,87 <sup>b</sup>	23,6 ± 3,76 <sup>ab</sup>	24,6 ± 2,65 <sup>a</sup>	26 ± 3,03 <sup>a</sup>	23,1 ± 5,88 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup> La definición de la zona se muestra en la página 10.

<sup>2</sup> Indica grupos de vacas: no cojas, enfermedad de la línea blanca (ELB), úlcera plantar (UP), hemorragia plantar (HP), erosión de talones (ET).

<sup>a,b</sup> Promedios con diferente superíndice dentro de filas son significativamente diferentes ( $P \leq 0,05$ ).

## DISCUSIÓN

Las variaciones térmicas encontradas en las diferentes zonas de la pezuña, son influenciadas por la vascularización y el metabolismo del tejido (Eddy *et al.*, 2001), como también podrían ser afectadas por la composición de los distintos segmentos de la pezuña. Dirksen (2005) señala que si bien, el proceso de queratinización (cornificación) es básicamente el mismo, en cada segmento el cuerno tiene una estructura y consistencia específica.

El área solear presenta una epidermis compuesta por células córneas sólidas, con un espacio intercelular uniforme y estrecho, además de un cemento celular con predominio del componente glucoproteico (Dirksen, 2005). Por esta razón el cuerno queratinizado que cubre esta zona actuaría como aislante, no representando el flujo de sangre y la temperatura del casco (Nikkhah *et al.*, 2005), explicando de esta forma las menores temperaturas detectadas en esta vista (Cuadro 1).

En todas las lesiones, las temperaturas más altas de la suela se encontraron en la zona interdigital, siendo la zona 0 la que presentó la mayor temperatura, seguida por la zona 10. Esto concuerda con lo descrito por Descouvieres (2013), quien registró en vacas y vaquillas no cojas, temperaturas superiores en la zona 0 y 10. La mayor temperatura en esta zona de la suela se debería a las características de la zona interdigital, donde la piel es más delgada y con una alta vascularización, lo que se traduce en una mayor radiación térmica emitida (Descouvieres, 2013).

En cuanto a la vista anterior, los valores de las temperaturas detectadas estarían dados por las características correspondientes al área del rodete coronario. Acá la epidermis forma un cuerno tubular blando, quebradizo, con un alto contenido de lípidos, que adquiere una consistencia blando-elástica (Dirksen, 2005), el corion, por su parte, se compone de papilas muy vascularizadas que se orientan hacia la superficie del suelo (Greenough, 1997). Lo anterior, sumado a la alta vascularización que posee ésta zona (Alsaad y Büscher, 2012), explicaría por qué en ésta vista se detectan mayores temperaturas.

En la vista posterior, el área sobre los talones, se encuentra desprovista de estuche córneo (el que actúa como aislante), lo que sumado a la piel más delgada y a la irrigación de esa

zona, por donde circulan las ramas de la arteria digital palmar común III, arteria digital abaxial III, arteria digital abaxial IV y anastomosis (Gloobe, 1989), explicarían las altas temperaturas detectadas, alcanzando valores máximos en las lesiones correspondientes a ELB, HP y ET.

Alsaood y Büscher (2012), señalaron un aumento de temperatura en la superficie de la extremidad coja, cuando un dedo tiene una lesión. En el presente estudio se encontró un aumento de temperatura en vacas con lesiones (ELB, UP, HP), mostrando diferencias significativas al compararlas con el grupo de vacas sanas; en las vista solear, anterior y posterior (en suspensión como en el suelo) para la HP; en la vista posterior (con el miembro en el suelo) en el caso de la ELB; vista solear y posterior (con el miembro en suspensión) en la UP.

En la ET, la maceración de los talones puede ser primaria, o presentarse en relación con DD, dermatitis interdigital, infosuras o deformaciones del casquete corneo (Dirksen, 2005). En el presente estudio, la ET no estuvo acompañada de otras lesiones que pudiesen agravar la afección, lo que podría explicar la menor temperatura obtenida y que no se encontraran diferencias significativas con el grupo control.

Al comparar la temperatura de las diferentes lesiones podales, no se encontraron diferencias significativas entre éstas (Cuadro 3), lo que sugiere que la termografía infrarroja no es suficientemente específica como para diferenciar entre lesiones. Estos resultados son semejantes a lo descrito por Stokes *et al.* (2012) quienes indican que las lesiones del pie no están asociadas a temperaturas suficientemente diferentes para permitir discriminación entre ellas, utilizando la temperatura máxima de lectura.

De todos modos debemos considerar, el potencial de la termografía infrarroja, aprovechando las ventajas que posee, entre las que se encuentran: la facilidad para obtener imágenes, por lo que cualquier operario con una previa capacitación puede utilizar el termógrafo en la sala de ordeña; que no necesita contacto físico evitando afectar el comportamiento normal del animal (Alsaood y Büscher, 2012). Estudios más recientes señalan que la termografía infrarroja puede ser una herramienta de diagnóstico prometedora en la detección de la presencia de DD en vacas lecheras, siendo un sistema de alerta para

detectar esta lesión con una mayor rapidez en las primeras etapas de la enfermedad (Alsaad *et al.*, 2014).

Éste método sumando a un examen clínico, sería de utilidad tanto para la prevención de cojeras (Alsaad y Büscher, 2012), como para la detección de vacas que están cursando con procesos inflamatorios iniciales, evitando de una forma temprana, complicaciones posteriores. Del mismo modo, ésta técnica ayudaría a realizar un seguimiento de las vacas tratadas, para poder evidenciar la efectividad de los tratamientos realizados.

## **CONCLUSIONES**

Distintas lesiones con similar grado de locomoción, no están asociados a distintos grados de inflamación detectables a través del uso de la TI.

No existe asociación entre patrones termográficos de la suela, y las lesiones correspondientes a ELB, HP, ET y UP.

La vista anterior y posterior son de utilidad a la hora de medir la temperatura del pie de la vaca.

En la vista solear, el área interdigital es la zona de preferencia para medir la temperatura de la suela.

La termografía infarroja es de utilidad para detectar un aumento de la temperatura en la pezuña de vacas con lesiones podales, correspondientes a la ELB, HP y UP.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- **ALBAN, L.; AGGER, J.; LAWSON, L.** 1996. Lameness in tied Danish dairy cattle: the possible influence of housing systems, management, milk yield, and prior incidents of lameness. *Prev. Vet. Med.* 29 (2): 135-149.
  
- **ALSAAOD, M.; BÜSCHER, W.** 2012. Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 95(2):735-742.
  
- **ALSAAOD, M.; SYRING, C.; DIETRICH, J.; DOHERR, MG.; GUJAN, T.; STEINER, A.** 2014. A field trial of infrared thermography as a non-invasive diagnostic tool for early detection of digital dermatitis in dairy cows. *Vet. J.* 199 (2): 281-285.
  
- **AMORY, J.; BARKER, Z.; WRIGHT, J.; MASON, S.; BLOWEY, R; GREEN, L.** 2008. 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.* 83(3-4): 381-391.
  
- **DESCOUVIERES, P.** 2013. Descripción de la temperatura de la pezuña en miembros posteriores en vacas no cojas utilizando termografía infraroja. Memoria Título Médico Veterinario. Valdivia, Chile. U. Austral de Chile, Fac. Cs. Veterinarias. 21 p.
  
- **DIRKSEN, G. 2005.** Enfermedades del aparato locomotor. **In:** Dirksen,G.; Grunder, H.D.; Stober, M. (Eds). *Medicina interna y cirugía del bovino.* 4<sup>ta</sup> ed. Inter-médica. Buenos Aires, Argentina. pp. 683- 928.
  
- **EDDY, A.; VAN HOOGMOED, L.; SNYDER, J.** 2001. Review: The role of thermography in the management of equine lameness. *Vet. J.* 162 (3):172-181.

- **FLIR SYSTEMS.** 2013. Termografía para automatización y control de procesos. [en línea] <[http://www.flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/T820485/T820485\\_ES.pdf](http://www.flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/T820485/T820485_ES.pdf)> [consulta: 15-04-2013].
  
- **FLOR, E.** 2006. Claudicaciones en vacas de rebaños lecheros de la Décima Región, Chile: Prevalencia, lesiones y factores de riesgo. Tesis Magíster en Ciencias mención Salud Animal. Valdivia, Chile. U. Austral de Chile, Fac. Cs. Veterinarias. 128 p.
  
- **FLOR, E.; TADICH, N.** 2008. Claudicaciones en vacas de rebaños lecheros grandes y pequeños del sur de Chile. Arch. Med. Vet. 40 (2): 125-134.
  
- **GIL, A.** 2009. Correlación entre la termografía escrotal y la calidad seminal en toros del trópico de la región central del Estado de Veracruz. Tesis Médico Veterinario Zootecnista. Veracruz, México. U. Veracruzana, Fac. Medicina Veterinaria y Zootecnia. 42 p.
  
- **GLOOBE, H.** 1989. Miembro torácico. **In:** Anatomía aplicada del bovino. Ed. IICA. San José, Costa Rica. pp. 23-56.
  
- **GREEN, L.; BORKERT, J.; MONTI, G.; TADICH, N.** 2010. 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. Welf. 19 (4): 419-427.
  
- **GREEN, L.; HEDGES, V.; SCHUKKEN, Y.; BLOWEY, R; PACKINGTON, A.** 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. J. Dairy. Sci. 85(9): 2250-2256.
  
- **GREENOUGH, P.** 1997. Applied Anatomy. **In:** Lameness in Cattle. 3ª ed. Saunders Elsevier. Philadelphia, USA. pp. 219-232.

- **GREENOUGH, P.** 2007. Introduction. **In:** Bovine laminitis and lameness: a hands on approach. Saunders Elsevier. Philadelphia, USA. pp. 1-7
  
- **HETTICH, E.; HINOSTROZA, M.; VAN SCHAİK, G.; TADICH, N.** 2007. Factores asociados a la presentación de cojeras en 50 rebaños lecheros de la X Región, Chile. Arch. Med. Vet. 39 (3): 247-253.
  
- **INE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS.** 1997. VI Censo Agropecuario. [en línea]<[http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/censos\\_agropecuarios/pdf/300311/Vlcensonalagropecuario1997.pdf](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/pdf/300311/Vlcensonalagropecuario1997.pdf)> [consulta: 17-04-2013].
  
- **INE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS.** 2007. VII Censo Agropecuario. [en línea]<[http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/censos\\_agropecuarios/censo\\_agropecuario\\_07.php](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07.php)> [consulta: 17-04-2013].
  
- **MANSON, F.; LEAVER, J.** 1988. The influence of concentrate amount on locomotion and clinical lameness in dairy cattle. Anim. Prod. 47 (2): 185-190.
  
- **MORALES, M.; MEDINA, E.; CARNEVALI, A.; OROZCO, E.** 2011. Termografía infrarroja y el estudio de riesgos de Lesiones músculo esqueléticas. Revista Ingeniería Industrial.1 (2): 55-67.
  
- **NIKKHAH, A.; PLAIZIER, J.; EINARSON, M.; BERRY, R.; SCOTT, S.; KENNEDY, A.** 2005. Short Communication:Infrared Thermography and Visual Examination of Hooves of Dairy Cows in Two Stages of Lactation. J. Dairy Sci. 88 (8): 2749-2753.

- **ODEPA, OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS.**2013. Boletín de la leche. [en línea]<<http://www.odepa.cl/wp-content/uploads/2014/01/boletinleche2013.pdf>> [consulta: 20-04-2014].
- **SHEARER, J.** 1998. Lameness in dairy cattle: consequences and causes. *The Bovine Practitioner*.32: 79-84.
- **SHEARER, J.; VAN AMSTEL, S.; BRODERSEN, B.** 2012. Clinical diagnosis of foot and leg lameness in cattle. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 28 (3): 535-556.
- **SPRECHER, D.; HOSTETLER, D.; KANEENE, J.** 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology*. 47 (6): 1179-1187.
- **STOKES, J.; LEACH, K.; MAIN, D.; WHAY, H.** 2012.An investigation into the use of infrared thermography (IRT) as a rapid diagnostic tool for foot lesions in dairy cattle. *Vet. J.* 193 (3): 674-678.
- **TADICH, N.; FLOR, E.; GREEN, L.** 2010. Associations between hoof lesions and locomotion score in 1098 unsound dairy cows. *Vet. J.* 184 (1): 60-65.
- **TADICH, N.; HETTICH, E.; VAN SCHAİK, G.** 2005. Prevalencia de cojeras en vacas de 50 rebaños lecheros del sur de Chile. *Arch. Med. Vet.* 37 (1): 29-36.
- **VAN AMSTEL, S., J. SHEARER.** 2006. Biomechanics of Weight (Load) Bearing and Claw Trimming. **In:** Manual for treatment and control of lameness in cattle. Blackwell Publishing Ltd. Oxford, Inglaterra. pp.42-126

- **WINCKLER, C.; WILLEN, S.** 2001. The reliability and repeatability of a lameness scoring system for use as an indicator of welfare in dairy cattle. *Acta Agric. Scand. A Anim. Sci.* 51 (Suppl 030): 103-107.