

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
POSGRADO EN CIENCIAS VETERINARIAS TROPICALES



**EFFECTO DE FACTORES GENÉTICOS Y AMBIENTALES SOBRE
LESIONES PODOALES EN EL GANADO LECHERO DE COSTA RICA**

Marvin Jaroht Solano López

Heredia, Julio del 2017

Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador del Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales para optar al grado de *Magister Scientiae* en Producción Animal Sostenible.

**EFFECTO DE FACTORES GENÉTICOS Y AMBIENTALES SOBRE
LESIONES PODOALES EN EL GANADO LECHERO DE COSTA RICA**

Marvin Jaroht Solano López

Tesis presentada para optar al grado de *Magister Scientiae* en Producción Animal Sostenible. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

Miembros del Tribunal Examinador

Luis Alfredo Miranda Calderón Ph.D.

Representante del Consejo Central de Posgrado

Sandra Estrada König M.Sc.

Coordinadora del PCVET

Bernardo Vargas Leitón Ph.D.

Tutor

Alejandro Saborío Montero M.Sc.

Asesor

Derling Pichardo Matamoros M.Sc.

Asesor

Ing. Marvin Jaroht Solano López

Sustentante

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN GENERAL	1
AGRADECIMIENTOS.....	3
DEDICATORIA.....	4
LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE FIGURAS	6
INTRODUCCIÓN GENERAL	8
1.0. DEFINICIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
2.0. PRODUCCIÓN GANADERA EN COSTA RICA	9
3.0. ENFERMEDADES PODOALES	10
3.1. Principales tipos de lesiones podales.....	10
3.1.1. Enfermedad de línea blanca.....	10
3.1.2. Ulceración de la suela.....	10
3.1.3. Laminitis.....	11
3.1.4. Pododermatitis	11
3.1.5. Dermatitis digital	11
4.0. FACTORES ASOCIADOS CON LA PRESENTACIÓN DE LESIONES PODOALES	11
4.1. Número de partos	11
4.2. Nivel de producción.....	12
4.3. Genética.....	12
4.4. Comportamiento	13
4.5. Sistema vascular	14
4.6. Peso corporal	14
4.7. Estructura de la pezuña.....	14
4.8. Factor humano	15
4.9. Condiciones climáticas	15
4.10. Alimentación	16
5.0. INCIDENCIA DE PROBLEMAS PODOALES.....	17
6.0. IMPACTO ECONÓMICO.....	17

7.0. EL PROGRAMA VAMPP/ CRIPAS.....	19
LITERATURA CITADA.....	20
OBJETIVO GENERAL	26
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
CAPÍTULO 1	27
INCIDENCIA DE LESIONES PODALES EN GANADO LECHERO DE COSTA RICA	27
RESUMEN.....	28
ABSTRACT	29
INTRODUCCIÓN.....	30
MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
FUENTE DE INFORMACIÓN	32
DISEÑO DEL ESTUDIO.....	32
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	32
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO.....	33
TABLAS DE FRECUENCIA BIVARIADAS Y ANÁLISIS DE CHI-CUADRADO	34
TENDENCIAS GENERALES.....	36
NÚMERO DE PARTO.....	43
ZONA AGROECOLÓGICA.....	44
RAZA	45
MES DE PARTO.....	46
AÑO DE PARTO.....	47
TIPO DE PARTO	48
ESTADIO DE LA LACTANCIA	49
TAMAÑO DEL HATO	50
CONCLUSIONES.....	51
LITERATURA CITADA.....	52

CAPÍTULO 2. FACTORES DE RIESGO PARA LESIONES PODOALES EN GANADO LECHERO DE COSTA RICA.....	56
RESUMEN	57
ABSTRACT	58
INTRODUCCIÓN.....	59
MATERIALES Y MÉTODOS.....	61
FUENTE DE INFORMACIÓN	61
DISEÑO DEL ESTUDIO.....	61
MODELO ESTADÍSTICO DE REGRESIÓN	61
ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS.....	63
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	65
ZONA AGROECOLÓGICA.....	66
NÚMERO DE PARTO.....	68
TIPO RACIAL	70
MES DE PARTO.....	72
AÑO DE PARTO.....	74
TAMAÑO DEL HATO	78
HATO DENTRO DE ZONA.....	80
ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS.....	81
VALORES DE CRÍA Y CONFIABILIDAD	82
CONCLUSIONES.....	85
LITERATURA CITADA.....	86
CONCLUSIONES GENERALES	91
RECOMENDACIONES GENERALES	93
ANEXOS	95

RESUMEN GENERAL

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de factores genéticos y ambientales sobre la ocurrencia de lesiones podales (LP) en ganado lechero de Costa Rica. Se analizó información histórica proveniente de 358 hatos, 130 844 vacas y 417 895 lactancias. Se identificaron 21 682 vacas afectadas y 29 434 lactancias con al menos un caso LP. Las frecuencias relativas de LP fueron de 7% y 16,7% por lactancia y por vaca, respectivamente. El promedio a nivel de hatos fue de 5,6%. La tasa de incidencia general fue de 0,26 eventos por cada 1000 días a riesgo, con un promedio a nivel de hatos de 0,25. Las patologías podales más frecuentes fueron la separación de la línea blanca (34,3%), laminitis (13,2) y úlcera de la suela (12,7%). Mediante análisis de Chi-cuadrado de tablas bivariadas se determinó una asociación significativa entre las LP y las variables número de parto, zona, raza, mes de parto, año de parto, tipo de parto, estadio de la lactancia y tamaño del hato. Se observaron mayores incidencias de LP en vacas multíparas, zonas bosque húmedo pre montano y bosque húmedo montano, razas Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo, meses de parto entre mayo y setiembre, periodo de parto 1995 a 1999, partos anormales, estadios iniciales (meses 1 a 4) de lactancia y en hatos más grandes. Seguidamente, los datos fueron analizados mediante un modelo de regresión logística que consideró efectos fijos de zona, hato dentro de zona, número de parto, tipo de parto, tipo racial, año y mes de parto, estadio de la lactancia y tamaño del hato; además del efecto aleatorio de la vaca. Todos los factores, con excepción del tipo de parto, presentaron efecto altamente significativo sobre LP. Los grupos de mayor propensión a sufrir eventos de LP fueron las vacas de 4 partos (OR=1,29), de la zona bosque húmedo pre-montano (OR=1,76), de razas Holstein (OR=1,77), durante el mes de marzo (OR=1,20), en el periodo 1995 a 1999 (OR=1,73), en segundo mes de lactancia (OR=22,2) y procedentes de hatos con más de 100 vacas (OR=1,22). Diferencias de hasta 30% en probabilidad de ocurrencia de LP se detectaron entre hatos. Los eventos de LP se analizaron además con dos modelos genéticos animales: lineal (asumiendo distribución normal) y de umbral (asumiendo distribución binomial). Los estimados de heredabilidad para LP obtenidos por ambos modelos fueron bajos, con valores de $0,02 \pm 0,002$ y $0,05 \pm 0,005$, para los modelos lineal y de umbral, respectivamente; mientras que los estimados de repetibilidad fueron $0,03 \pm 0,001$ y $0,05$, respectivamente. Los valores de cría para propensión a LP oscilaron entre $-0,05$ y $0,12$ según el modelo lineal y entre $-0,50$ y $0,99$ según el modelo de umbral. Los resultados pueden ser utilizados para el desarrollo de programas preventivos que permitan reducir la incidencia de LP en los hatos lecheros.

Palabras claves: Factores de riesgo, lesiones podales, vacas lecheras.

OVERALL ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of genetic and environmental factors on the occurrence of foot injuries (FI) in Costa Rican dairy cattle. Historical data from 358 herds, 130 844 cows and 417 895 lactations were analyzed. A total of 21,682 affected cows and 29,434 lactations with at least one FI case were identified. The relative frequencies of FI were 7% and 16.7%, per lactation or cow, respectively. The average frequency at herd level was 5.6%. Overall incidence rate was 0.26 events per 1000 days at risk, with an average of 0.25 at the herd level. Most common injuries were the separation of the white line (34.3%), laminitis (13.2%) and sole ulcer (12.7%). Chi-square analysis performed on bivariate tables showed significant association between FI and parity, agro ecological zones, breed, month/year of birth, calving difficulty, stage of lactation and herd size. Higher FI incidence rates were found for multiparous cows, from Montane/Pre-Montane humid forest regions, Brown Swiss and Holstein×Brown Swiss breed types, calving in months between May and September, birth years 1995 to 1999, with abnormal calving, in initial stages of lactation (months 1-4) and pertaining to larger herds. Subsequently, FI events were analyzed using a logistic regression model that considered fixed effects of zone, herd within zone, calving number, calving status, breed type, year and month of calving, lactation stage, and herd size; besides the random effect of the cow. All factors, except the calving status, had a highly significant effect on FI. The groups with the highest propensity to suffer FI events were cows in the fourth calving (OR =1.29), from the pre-montane wet forest zone (OR=1.76), Holstein breed (OR=1.77), in the period 1995 to 1999 (OR=1.73), in the second month of lactation (OR=22.2) and from herds with more than 100 cows (OR=1.22). Differences up to 30% in probability of occurrence of FI were detected between herds. FI events were also analyzed with two animal genetic models: linear (assuming normal distribution) and threshold (assuming binomial distribution). The heritability estimates for FI obtained by both models were low, with values of 0.02 ± 0.002 and 0.05 ± 0.005 , for the linear and threshold models, respectively; while the repeatability estimates were 0.03 ± 0.001 and 0.05 , respectively. Breeding values for FI propensity ranged from -0.05 to 0.12 according to the linear model and from -0.50 to 0.99 according to the threshold model. The results can be used for the development of preventive programs to reduce the incidence of FI in dairy farms.

Key words: Risk factors, foot injuries, dairy cows.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), por su apoyo para lograr la formación de profesionales en Centro América.

A mis padres y familia por su amor, cariño y comprensión. Por su incondicional apoyo durante toda mi vida y por darme fuerzas para seguir adelante.

Al PhD. Bernardo Vargas Leitón, en su calidad de coordinador de la Maestría, profesor y tutor, por sus exigencias y enseñanzas durante la maestría en general y especialmente para la redacción de esta tesis.

A los M.Sc. Derling Pichardo y Alejandro Saborío Montero por la dedicación en la lectura de esta tesis.

A todos mis compañeros de Maestría Osmin Linarte, Felipe Portillo, Aníbal Sánchez, Ismael Ruiz, Jorge Jiménez y Héctor Parajón Moya, por la amistad y el apoyo brindado durante este recorrido académico.

A María Arias Secretaria del Posgrado y al personal del Posgrado en Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional por su colaboración y apoyo durante todo mi proceso de estudio y realización de la tesis.

DEDICATORIA

A mi hijo Mauriel Jaroth Solano Sandoval, mis padres Maura López y Marvin Solano, hermano Mauriel Solano, a Mildred Sandoval, familia y amigos por su ejemplo, apoyo y por ser una fuente de inspiración constante para lograr alcanzar las metas propuestas.

LISTA DE TABLAS

CAPITULO 1

- Tabla 1.** Frecuencias absolutas y relativas de diferentes tipos de patologías podales en la muestra analizada.38
- Tabla 2.** Resultado de las pruebas de asociación chi- cuadrado entre distintos factores y la ocurrencia de eventos de lesiones podales.42

CAPITULO 2.

- Tabla 1.** Valores F y P asociados a factores riesgo que inciden sobre la ocurrencia de lesiones podales en ganado lechero de Costa Rica, obtenidos del análisis de regresión logística. 65
- Tabla 2.** Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para diferentes zonas agroecológicas..... 67
- Tabla 3.** Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para diferentes razas..... 71
- Tabla 4.** Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para el mes de parto. 73
- Tabla 5.** Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para el año de parto. 75
- Tabla6.** Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para el estadio de la lactancia..... 77
- Tabla 7.** Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para el tamaño del hato. 79
- Tabla 8.**Componentes de varianza para efectos aleatorios y parámetros genéticos derivados según el modelo animal Lineal (distribución normal) y de Umbral (distribución Binomial). 81
- Tabla 9.**Promedio (X), Mínimos (Min) y Máximos (Max) de valores de cría y confiabilidad para propensión a lesiones podales para vacas con al menos un parto, en la población total y por grupo racial, según los modelos lineal y de umbral. 83

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

- Figura 1.** Distribución de hatos según frecuencia relativa (arriba) y Tasa de Incidencia (Abajo) de Lesiones Podales (n=358 hatos)..... 40
- Figura 2.** Distribución de hatos (n=358) en función de la Frecuencia Relativa (FR,%) y Tasa de Incidencia (TI/1000 DAR) de Lesiones Podales. con línea de regresión (línea continua), intervalo de confianza 95% (zona sombreada) e intervalo de predicción 95% (línea punteada)..... 41
- Figura 3.** Distribución de Lactancias Sin evento vs afectadas por LP en función del número de parto de las vacas. 43
- Figura 4.** Distribución de lactancias Sin evento vs Afectadas por LP en función de la zona agroecológica. 44
- Figura 5.** Distribución de Lactancias Sin evento vs Afectadas por LP en función de la raza. 45
- Figura 6.** Distribución de Lactancias Sin evento vs Con evento de LP en función del mes. 46
- Figura 7.** Distribución de Lactancias Sin evento vs Afectadas por LP en función del año de parto. 47
- Figura 8.** Distribución de Lactancias Sin evento vs Con evento de LP en función del tipo de parto. 48
- Figura 9.** Distribución de Lactancias Sin evento vs Afectadas por LP en función del estadio de la lactancia. 49
- Figura 10.** Distribución de Lactancias Sin evento vs Afectadas por LP en función del tamaño del hato en producción. 50

CAPITULO 2.

Figura 1. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de Lesiones Podales en función de la zona agroecológica.....	67
Figura 2. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de Lesiones Podales en función del número de parto.	69
Figura 3. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de Lesiones Podales en función de la raza.	71
Figura 4. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de Lesiones Podales en función del mes de parto.	73
Figura 5. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de Lesiones Podales en función del año de parto.....	75
Figura 6. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de Lesiones Podales en función del estadio de la lactancia.	77
Figura 7. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de Lesiones Podales en función del tamaño del hato.....	79
Figura 8. Probilidades marginales para la ocurrencia de Lesiones Podales en función de la finca dentro de la zona agroecológica.....	80

INTRODUCCIÓN GENERAL

1.0. Definición y justificación del problema

El sector lácteo de América Latina hace una importante contribución a la economía de la región, a la producción, exportación de productos de origen animal de alto valor nutricional, a la seguridad alimentaria y nutricional de comunidades urbanas y rurales. Su importancia económica y social es cada vez mayor en razón a la alta demanda por leche y derivados lácteos en los países en desarrollo (FAO, 2011).

A nivel mundial se ha comprobado científicamente la importancia de garantizar el bienestar animal de las vacas lecheras para lograr altos estándares de producción e inocuidad de la leche producida, ya que existe un vínculo crítico entre bienestar animal, salud animal y seguridad alimentaria (Torres et al., 2014).

El bienestar de los animales en las lecherías puede ser seriamente afectado por las lesiones podales (LP), problemas que son muy importantes en los hatos, ya que dificultan el acceso al alimento y al agua, propician el estrés, disminuye la productividad de los hatos y la vida útil de la vaca, aumenta la utilización de medicamentos y el costo de la mano de obra. En consecuencia, se producen pérdidas económicas estimadas en US\$350 anuales por vaca afectada (García y Hhan, 2005; Greenough, 2009).

La incidencia de LP en los hatos lecheros pueden llegar a un 60% (Greenough, 2009). Las prevalencias indicadas en estudios previos varían ampliamente, siendo de 5% (Bargai, 2000), 54,6% (Clarkson, 1996), 22,1% (Cook, 2003) y 30% (Hernández et al., 2001).

Costa Rica tiene un 25,6% del hato bovino dedicado a la producción de leche (INEC, 2015). A pesar de ello no existen estudios en el país que brinden información sobre la incidencia de LP a nivel poblacional y sobre los factores genéticos y ambientales que favorecen su presencia en los hatos lecheros del país, por lo que es de suma importancia conocer y cuantificar el efecto de las LP en estos hatos.

Por lo tanto este estudio pretende evaluar el efecto de factores genéticos y ambientales que inciden sobre la presencia de LP en los hatos lechero de Costa Rica, utilizando la base de datos de VAMPP bovino.

La información generada con esta investigación permitirá elaborar programas de prevención y control de las LP para mejorar la sustentabilidad de la producción agropecuaria.

2.0. Producción ganadera en Costa Rica

En Costa Rica, la producción lechera cuenta con más de 60 años de desarrollo continuo y actualmente se caracteriza por haber alcanzado un alto grado de tecnificación. A nivel de producción primaria, los productores de leche desde hace muchos años han venido mejorando la calidad genética del hato lechero, el manejo de pastos y han implementado el uso tecnologías apropiadas para el ordeño (OIRSA, 2015).

La producción de leche a nivel nacional se ha mantenido al alza durante los últimos 20 años a una tasa anual promedio de 2,5%, mientras que la ganadería cárnica ha decrecido a tasas del 0,1% durante el mismo periodo (Holmann et al., 2007). Esta producción está concentrada en diferentes regiones del país, siendo las de mayor importancia la Huetar Norte, Chorotega y Central. Las razas lecheras más utilizadas en el país son la Holstein y la Jersey, que suman entre ambas el 80% del hato lechero. No obstante, también hay presencia de las razas Guernsey y Pardo Suizo (MAG, 2007).

En el país existen 37 171 fincas ganaderas, siendo el cantón central de Alajuela donde se concentra la mayor cantidad de fincas, cuya actividad principal es el ganado vacuno, con un total de 7 933 fincas. En el país existen 1 278 817 cabezas de ganado vacuno, de las cuales el 42,1% es ganado de carne, 32,0% ganado doble propósito, 25,6% ganado de leche y 0,3% de bueyes (INEC, 2015).

El subsector pecuario bovino, que incluye a la ganadería bovina de carne, leche y doble propósito, representa una parte importante de la economía de Costa Rica (FAO, 2015). En conjunto, la actividad de ganado de carne y leche representan el 1,3% del Producto Interno Bruto (PIB) y aportan el 17,6% del valor agregado de la producción agropecuaria, siendo el tercer rubro de mayor importancia (MAG, 2007).

La actividad lechera aporta unos 30 000 empleos directos en la fase primaria de la agrocadena, 3 720 en la fase industrial y cuenta con 5 000 proveedores para un total de 38 720 empleos directos (Barrientos y Villegas, 2010). La actividad genera aproximadamente 143 550 empleos indirectos.

Los ganaderos especializados en la producción de leche manejan hatos de las razas Holstein, Jersey y Pardo Suizo. Los de doble propósito manejan hatos de alto encaste lechero que surgen de cruces de las razas anteriores con razas cebuinas. En general los productores especializados medianos y grandes cuenta con ordeño automático y aplican técnicas higiénicas de producción, mientras que los lecheros pequeños aún realizan el ordeño de forma manual o tradicional (Barrientos y Villegas, 2010).

3.0. Enfermedades podales

A nivel mundial, las lesiones podales son muy importantes porque generan grandes pérdidas económicas, lo que pone en peligro la rentabilidad y sustentabilidad de las empresas lecheras. Esto se explica ya que las alteraciones que sufren las pezuñas producen lesiones podales que a menudo son permanentes y causan un continuo menoscabo del estado general de la vaca afectada (García y Hhan, 2005), lo que genera reducción de los parámetros productivos y reproductivos del animal afectado, incremento en los costos de producción debido a los gastos por tratamiento, honorarios profesionales y descarte prematuro de animales con alto mérito genético (García y Hhan, 2005; Olivieri y Rutter, 2005; Confalonieri et al., 2008).

3.1. Principales tipos de lesiones podales

La patología podal del bovino es compleja, incluso en la clasificación de las distintas lesiones, ya que algunos síntomas pueden ser la secuela de diferentes desórdenes que ha sufrido la vaca a lo largo de su vida (Olivieri y Rutter, 2005).

3.1.1. Enfermedad de línea blanca

Esta enfermedad ocurre en el punto donde la suela se une con la pared de la pezuña, en esta región ocurre contusión y trauma al caminar. La hemorragia en la línea blanca ocurre en el corion sensitivo y se extiende hacia la línea blanca, la cual se ensancha, permitiendo así que cuerpos extraños y suciedad penetren en esta rasgadura y se forme un absceso. Esta área es muy propensa al crecimiento de hongos lo cual empeora el cuadro de la lesión podal. Esto se debe a la constante humedad a la cual está sometida la pezuña (Tadich, 2008).

3.1.2. Ulceración de la suela

Esta enfermedad es asociada con la reducción del espesor de la suela sobre el sitio de la lesión, donde ejerce presión la parte posterior de la III falange (Flor y Tadich,

2013). Si el estrato córneo por encima de este lugar es suficientemente flexible, los tejidos entre el hueso y la suela son comprimidos y destruidos por la presión desde el exterior. La muerte de los tejidos productores del estrato corneo significa que éste no será formado y aparecerá un orificio en la suela (Greenough, 2002).

3.1.3. Laminitis

Es llamada coriosis, se puede definir como una pododermatitis aséptica difusa que tiene su origen en una alteración de la micro-circulación a nivel del corion podal que puede resultar en distintos grados de inflamación y degeneración del área afectada (Sánchez, 2003). La laminitis no solo produce una deformación de la pezuña; sino también un crecimiento excesivo de la misma, lo que se traduce en una LP (Cedillo, 2011). Esta afección ha venido en aumento con el manejo intensivo, sin distinción de sexo o edad (Cedillo, 2011). La laminitis en bovinos tiene tres formas de presentación: subclínica, aguda y crónica, siendo la subclínica la de mayor prevalencia e importancia económica (Franco y Oliver, 2010).

3.1.4. Pododermatitis

La pododermatitis o podredumbre de la pezuña, es una alteración infecciosa debida casi siempre a una alteración primaria, que podría ser una laminitis, hiperplasia córnea, desgaste o erosión, entre otras. Esto promueve la creación de alguna herida donde se implantan microorganismos que se reproducen, inflaman e infectan los tejidos blandos, provocando úlceras y posteriormente abscesos purulentos (Cano, 1999).

3.1.5. Dermatitis digital

Esta enfermedad también llamada dermatitis digital papilomatosa. Es de causa multifactorial, pero se cree que está involucrada en su presentación algunas Espiroquetas del genero *Treponema*. Es una enfermedad altamente infecciosa que produce áreas de dolor y con el tejido vivo expuesto en la piel que rodea a los talones (Confalonieri et al., 2008).

4.0. Factores asociados con la presentación de lesiones podales

4.1. Número de partos

Las lesiones podales (LP) pueden ocurrir en cualquier edad del animal, desde terneros y vaquillas de remplazo, hasta vacas en producción (Raven, 1989). Su incidencia es mayor en la época del peri parto principalmente en vacas de primera lactancia (Offer et

al., 2000), esto se debe principalmente a cambios hormonales que afectan al aparato suspensorio de la tercera falange y el tejido graso de la suela. El evento de preñez provoca una reactivación de las LP en hembras multíparas; algunas veces, este problema se puede presentar gradualmente a través de los años (Olivieri y Rutter, 2005).

4.2. Nivel de producción

Cedillo (2011), menciona que las vacas al llegar a su periodo de mayor producción tienden a tener mayor peligro de sufrir LP. De igual manera esta probabilidad se incrementa en las vacas con mayor producción de leche (Raven, 1989). También las vacas que hayan sufrido una endotoxemia debido a metritis y mastitis tienen predisposición a sufrir de problemas podales (Greenough, 2009).

4.3. Genética

La extrapolación de los biotipos lecheros de los sistemas de producción estabulados a las condiciones de la lechería extensiva se predispone al riesgo de la inadaptación del animal y de una limitada expresión del potencial genético del individuo (Ramos, 2006).

La raza Holstein presenta mayor predisposición a sufrir LP que la raza Jersey. De igual forma todas las razas bovinas que tengan una disminución del ángulo dorsal o pezuñas muy cortas son propensas a sufrir lesiones podales (Olivieri y Rutter, 2005). Cedillo (2011), afirma que la correlación entre prevalencia y raza no es muy clara, pero hay que seleccionar los animales para evitar caracteres no deseados.

Se ha demostrado que las hijas de toros que transmiten características como tren posterior recto y ángulo dorsal de la pezuña empinado, tienen mayor posibilidad de sufrir cojeras ocasionadas por las lesiones podales (Boettcher et al., 1998).

La heredabilidad de los caracteres que afectan la aparición de LP en general es baja, con valores de 0,07, 0,17 y 0,11 para ángulo podal, calidad de hueso y posición de patas posteriores, respectivamente. Esto significa que para el cuidado de las patas se debe incidir con un buen manejo y buenas instalaciones, más que por genética, puesto que se obtendría un progreso lento y costoso (Rutter, 2009).

Boettcher et al. (1998), estimaron valores de heredabilidad para LP de 0,10 y 0,22, usando modelos lineales y de umbral. Las correlaciones de este rasgo con la fuerza y la profundidad del cuerpo variaron desde 0,20 hasta 0,43, lo que indica que las vacas más pesadas eran más propensas a la cojera clínica.

Según Weber et al. (2013), realizaron estimaciones de heredabilidad de la LP en bovinos usando un modelo de umbral para las enfermedades de pezuña y de las patas fueron altos. Para la LP, la heredabilidad varió entre 0,15 y 0,22. Las correlaciones genéticas entre los rasgos analizados fueron altas e incluso aumentaron de 0,60 a 0,72.

Koenig et al. (2005), obtuvo datos de heredabilidad de 0,07 para dermatitis digital, 0,09 para ulceración única, 0,10 para trastorno de pared, y 0,12 para hiperplasia interdigital. Genéticamente, se ha observado que los problemas de salud parecen ocurrir en grupos. Se ha observado asociación entre trastornos de la pezuña y el pie y la puntuación de células somáticas. Las correlaciones genéticas entre la producción de leche en la lactancia temprana y diferentes trastornos pódales fueron 0,24 para dermatitis digital, 0,06 para ulceración única, 0,27 para trastorno de pared, y 0,34 para hiperplasia interdigital, indicando un antagonismo fisiológico entre estos rasgos.

4.4. Comportamiento

El comportamiento es un factor predisponente de las lesiones podales. La confrontación entre vacas sumisas y vacas dominantes del hato podría causar LP, ya que las vacas primíparas en general son subordinadas y permanecen más tiempo de pie esperando la alimentación y el ordeño (Flor y Tadich, 2013). De igual forma, un inadecuado número de cubículos y pasillos muy angostos pueden crear problemas en vacas de primer parto, ya que para evitar el enfrentamiento con vacas dominantes rechazarán el uso de cubículos.

Asimismo las vacas pueden no aceptar bien la introducción a un tipo de estabulación con cubículos en las primeras semanas, por lo que estarían más tiempo de pie sobre las superficies de hormigón. Algo similar sucede cuando se introducen animales nuevos al grupo y se produce un reordenamiento social (Olivieri y Rutter, 2005).

Los animales dominantes se ubican adelante y son los primeros en ordeñarse, mientras que los menos dominantes van atrás del hato y se ordeñan últimos. Existe una relación entre la posición de la vaca lechera en el hato y el riesgo de padecer la LP (Sauter et al., 2004).

4.5. Sistema vascular

En algunos casos la secuencia de afectación comienza por una relajación de las derivaciones arteriovenosas del corion, produciéndose una repentina desviación sanguínea de arterias a venas sin pasar por el corion (Olivieri y Rutter, 2005). La epidermis podal, que se nutre del corion, basa su funcionalidad en una gran capacidad mitógena de sus células; sin un aporte adecuado de nutrientes cesaría la función queratógena (Cedillo, 2011).

Estas hemorragias del corion son el resultado de la detención del corion entre dos estructuras rígidas como son el hueso y el casco (Sánchez, 2003). Como consecuencia de todos estos procesos se puede llegar a un proceso de necrosis de corion que suele ser parcial, quedando circunscrito a zonas que han sufrido más daños o presiones como es el área de proyección del proceso caudomedial del tejuelo provocando la úlcera solar de localización típica.

4.6. Peso corporal

El peso corporal excesivo obliga a que el pie soporte muchos kg por cm² creando una mayor presión en el corion (Sánchez, 2003). Esto ocurre en casos de novillas que se desarrollan muy rápido para llevarlas al parto muy joven. Si no se mantienen sobre una superficie relativamente blanda suelen presentar más hemorragias palmares y lesiones asociadas a laminitis clínicas, subclínica y pododermatitis que aquellas novillas que se desarrollaron más pausadamente y que logran un desarrollo de su pie en general y del estuche córneo en particular, más adecuado a su peso corporal (Confalonieri et al., 2008).

4.7. Estructura de la pezuña

La propia estructura del pie realiza una función de bombeo sanguíneo favoreciendo la vitalidad del corion. Si el animal no se mueve pueden crearse problemas de lesiones podales. El pie también necesita unas horas diarias de reposo. Aquí juegan un papel importante las instalaciones, un suelo duro y poco espacio llevan a pocas horas de descanso, por lo que el corion sufre presiones innecesarias (García y Hhan, 2009).

Una pezuña excesivamente blanda, permite fácilmente las agresiones externas. Este es el caso de pezuñas que se mantienen constantemente en un ambiente muy húmedo o en ambientes sucios. También podría deberse a carencias en la queratinización del casco por falta de zinc y azufre. En condiciones normales el animal tiende a descansar más peso

sobre las pezuñas traseras externas y las pezuñas internas delanteras de modo que son estas pezuñas las que sufren más daños (Sánchez, 2003).

Se ha determinado que el 92% de las lesiones podales se encuentran en los miembros posteriores y entre éstas el 68% ocurre en la pezuña lateral. Esto se debe a un sobre crecimiento de la pezuña por una distribución desigual del peso, debido a la conformación anatómica en abducción de los miembros posteriores que influyen en el momento del desplazamiento y se agrava por el tamaño de la ubre (Murray et al., 1996).

4.8. Factor humano

Es de particular relevancia la incidencia de cojera en los sistemas productivos de leche. En este sentido, la falta de conocimiento de las patologías y su factores de riesgo, la subestimación del problema, un inadecuado enfoque clínico del animal afectado, junto con una falta de la infraestructura para el diagnóstico y tratamiento, conduce a una mala prevención y expone el sistema productivo a impactos negativos (Ramos, 2008).

El estrés físico al que se ven sometidas las vacas en condiciones extensivas de producción determina que los factores ambientales como barro, alta humedad, piedras, asociados a factores de manejo como el tipo de arreo, largas caminatas y de comportamiento animal tengan una acción mecánica / traumática de gran importancia en el origen de las LP (Tranter y Morris, 1991).

La impaciencia del vaquero en el arreo de las vacas y el uso de perros se señalan como factores de riesgo podal, capaces de modificar el comportamiento social de las vacas favoreciendo el amontonamiento de animales, sin poder elegir el lugar donde pisan y las dominancias del hato (Chesterton et al., 1989).

4.9. Condiciones climáticas

Numerosos estudios han mostrado el efecto del año y la estación lluviosa sobre la ocurrencia de cojeras. La mayor incidencia de LP ocurre en épocas lluviosas y grandes brotes de LP aparecen luego de grandes lluvias (Eddy y Scott, 1980; Jubb y Malmo, 1991).

En hatos neozelandeses la presencia de renqueras se asoció con alta humedad ambiental (Tranter y Morris, 1991). El efecto año/estación sobre la incidencia de cojeras fue mostrado por Freire y Ramos (2006), en donde el año de mayor pluviometría fue el de mayor porcentaje de vacas cojas. El vínculo entre alta humedad y lesiones podales se

asocia a una disminución de la resistencia mecánica de la uña, lo que favorece un mayor desgaste y la posibilidad de penetración por cuerpos extraños. Por otra parte, la exposición de piedras y materiales cortantes en los caminos luego de lluvias abundantes, aumenta el riesgo de trauma podal. Además, las malas condiciones higiénicas favorecen el crecimiento bacteriano y surgimiento de enfermedades infecciosas del pie (Vermunt y Parkinson, 2002).

4.10. Alimentación

Según Vermunt (1992), existe conexión entre acidosis láctica/acidosis ruminal subaguda y las lesiones podales. Sustancias vaso activas liberadas durante el proceso de acidosis alteran la microcirculación sanguínea a nivel del corion de la pezuña, afectando la nutrición de la células queratógenas, dando origen a tejido córneo de mala calidad y produciendo lesiones secundarias del estuche córneo, como la enfermedad de la línea blanca, absceso de pared y úlceras soleares.

Tanto el ácido láctico como las endotoxinas han sido identificados en la patogénesis de las LP (Hidalgo et al., 2004). Los distintos estudios en que se intentó provocar las LP con ácido láctico o con endotoxinas dieron sin embargo resultado variable. El exceso de proteína fácilmente degradable en la ración es otra causa. Se han observado que vacas alimentadas solo con pasto, tienen un desarrollo en distintas formas de LP tanto agudas como crónicas. Esto está relacionado con cambios brusco de hierba seca en verano y de invierno a una hierba verde excesivamente tierna con grandes cantidades de proteína fácilmente degradable y poca fibra (Hidalgo et al., 2004).

El exceso de carbohidratos solubles y proteína, la inadecuada relación fibra/concentrado, carencia de fibra efectiva, silos enmohecidos, cambios bruscos de alimentación, falta de acostumbamiento ruminal y excesos de dominancias o jerarquía de vacas sobre vaquillonas, son pautas claves en el desarrollo de la enfermedad (Ramos, 2006). Por otra parte, se debe considerar aspectos de confort y bienestar animal: largas caminatas, suelos duros y excesivamente abrasivos, exceso de humedad y barro predisponen a los animales a daños mecánicos particularmente importantes en pezuñas debilitadas por la enfermedad (Ramos, 2006).

5.0. Incidencia de problemas podales

La cojera es el segundo problema de salud más común en las granjas lecheras modernas, con una incidencia de entre un 20% a un 50% (Greenough, 2009). La incidencia de las claudicaciones en los hatos lecheros varía, probablemente, entre el 0 y el 60%, una incidencia anual por encima del 10% debe ser considerada un problema en el hato y se debe tomar medidas para la salud patas de los animales (Greenough, 2009).

La prevalencia de cojeras en Nueva Zelanda osciló entre 3,8% y 7% (Dewes, 1978). En Israel (Bargai, 2000) reportó un valor de 5%. Clarkson et al. (1996) en Gran Bretaña reportó una incidencia del 54,6%. Somers et al. (2003), en Holanda, mencionan una prevalencia de animales clínicamente cojos del 30%. Whay et al. (2002) en el Reino Unido, con una muestra de 53 rebaños lecheros, encontraron una prevalencia de animales clínicamente cojos del 22,1%.

En Florida se detectó una incidencia de cojeras del 30% (Hernández et al., 2002). Cook (2003) en Wisconsin encontró una prevalencia de animales clínicamente cojos de un 23,9%. Flor y Tadich (2013) en Chile reportaron prevalencias entre un 11% y un 25%. En Belo Horizonte Brasil se reportó una prevalencia de 30,28% (Molina et al., 1999.)

6.0. Impacto económico

Las lesiones podales son un factor causante de improductividad, ya que por la incapacidad de movimiento y el dolor generado, la vaca no buscará alimento, ni para ella ni para suplir las necesidades de producción, ya sea amamante de la cría o producción diaria de leche (Cedillo, 2011). Esto equivale por ende a kilos de leche que se deja de producir por lactación. El valor estimado de la pérdida varía de un país a otro, dependiendo del precio del litro de leche y los costos de producción del mismo (Flor y Tadich, 2013).

El 10% de los animales que claudican son sacrificados en forma prematura y el valor de descarte del animal compensará solo en parte el costo de una vaquilla, ya que ésta tendrá una menor producción de leche que la vaca adulta. Así mismo las vacas que sufren de cojera presentan pérdida de estado físico y reducción de la vida económica de la vaca (Greenough, 2009). Se ha estimado que una vaca con LP le costará al productor unos US\$350. La estimación de las pérdidas experimentadas anualmente en hatos de alta producción es de varios miles de dólares (Greenough, 2009).

Las pérdidas por cojera se atribuyen a una disminución de la producción de leche de 300 a 450 kg por vaca durante un período de 305 días, 36 a 50 días abiertos adicionales y 1,45 veces más riesgo de muerte o sacrificio (AFIMILK, 2015).

Estudios realizados han demostrado que la falta de cuidado de las pezuñas puede originar pérdidas en la producción láctea que oscilan entre el 20 y 25% por animal, planteándose además que un hato lechero con dichos trastornos puede disminuir su tasa de parición en un 17,6%, lo que genera un aumento en el intervalo Parto – Parto (Cano, 2003).

Investigaciones realizadas en Inglaterra, estiman las pérdidas económicas por cojeras graves en US\$ 527 por caso (Greenough, 2009). En un estudio realizado en Florida con 346 vacas, se calculó una pérdida anual debido a cojeras clínicas de 58 mil dólares (Acuña et al., 2004).

En Estados Unidos, Canadá y el Reino Unido se determinó que el costo por vaca coja anualmente llega a US\$389 (Bargai, 2000). En Canadá las lesiones podales en el ganado lechero alcanzan a US\$10 millones de dólares anualmente. En Australia el costo estimado es de 45 dólares por vaca coja/año, y el costo anual en que se incurre producto de la dermatitis digital en California se estima en 12 millones de dólares (Greenough, 1997).

7.0. El programa VAMPP/ CRIPAS

El Programa Automatizado para el Control de Producción y Manejo Veterinario (VAMPP, por siglas en inglés) (Noordhuizen y Burman, 1984), es un sistema de información originado en Holanda, que fue introducido a Costa Rica partir del año 1989 con el inicio del Proyecto Salud del Hato mediante un convenio entre la Universidad Nacional (Costa Rica) y la Universidad de Utrecht (Holanda) (Pérez et al., 1989).

El Centro Regional de Información para la Producción Animal Sostenible (CRIPAS), adjunto a Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional (UNA), fueron los encargados de validar, rediseñar y adaptar el programa VAMPP bovino a las condiciones tropicales de Costa Rica, desde su introducción a partir del año 1989 (Romero et al., 2011).

El programa VAMPP Bovino 3.0 diseñado para el manejo de hatos bovinos lecheros, doble propósito, cría y engorde. Es una herramienta que apoya la toma de decisiones basado en su potente capacidad de análisis de datos registrados bajo los más altos estándares de seguridad lo que garantiza la confiabilidad y calidad de la información. Desde entonces, ha sido posible medir tendencias poblacionales en diversas variables de gran importancia económica (Vargas y Gamboa, 2008). Actualmente se cuenta con la versión VAMPP Bovino 3.0 (Salazar et al., 2013).

Adicionalmente, la información generada en las fincas mediante el uso del programa VAMPP, el personal del proyecto CRIPAS recolecta y centraliza al menos dos veces al año, la información contenida en el programa VAMPP Bovino de cada finca en forma descentralizada (Romero et al., 2000). El VAMPP Bovino es utilizado por alrededor de 1500 fincas lecheras especializadas en Costa Rica, algunas con información de hace 30 años (Salazar et al., 2013).

LITERATURA CITADA

- Acuña, R., D. Alza, J. Borges, K. Norlund, y J. Ramos. 2004 Cojeras del bovino: fisiopatología y profilaxis. Buenos Aires, República de Argentina. <http://www.intermedica.com.ar> (Consultado 09 Sep. 2015).
- AFIMILK. 2015. Salud de vacas lecheras. <http://www.afimilk.com/es/needs-solutions/cows/health> (Consultado 09 Sep. 2015).
- Bargai, U. 2000. Lameness in a dairy herd: an epidemiologic model. The Compendium of Continuing Education. Food Animal Practice.2:58-67.
- Barrientos, O., y L. Villegas.2010.Sector agropecuario, cadena productiva de leche políticas y acciones. San José, CR. <http://www.infoagro.go.cr/MarcoInstitucional/Documents/Pol%C3%ADticas%20de%20la%20Leche.pdf>. (Consultado 08 Jun. 2015).
- Boettcher, P., J. Dekkers, L. Warnick, y S. Wells. 1998. Genetic analysis of clinical lameness in dairy cattle. J. DairySci. 81:1148–1156.
- Cano, C. 1999. Alteraciones del aparato locomotor de los bovinos. Memorias del XXIII Congreso Nacional de Buiatría. Aguascalientes, Ags. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, México D.F. p.475-482.
- Cedillo, G. 2011. Laminitis bovina. Tesis médico veterinario zootecnista. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3048/1/mv165.pdf> (Consultado 10 Jun. 2015).
- Chesterton, R., D. Pfiffer, R. Morris, y C. Tanner. 1989. Environmental and behavioural factors affecting the prevalence of foot lameness in New Zealand dairy herds – a case control study. New Zealand. Vet. J. 37:135-142.
- Clarkson, M., D. Downham, W. Faull, J. Hughes, F. Manson, J. Merrit, R. Murray, W. Russell, J. Sutherst, y W. Ward. 1996. Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. Vet. Rec. 138:563-567.
- Confalonieri, O., A. Soraci, J. Passucci, E. Rodríguez, H. Becaluba, y M. Tapia. 2008. Prevalencia y detección de factores de riesgo de patologías pódales y su influencia en la producción láctea en bovinos de la cuenca lechera mar y sierras de Tandil.

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Cook, N. 2003. Prevalence of lameness among dairy cattle in Wisconsin as a function of housing type and stall surface. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 223: 1324-1328.

Dewes, H. 1978. Some aspects of lameness in dairy herds. *N Z. Vet. J.* 26:147-148.

Eddy, R., y C. Scott. 1980. Some observations on the incidence of lameness in dairy cattle in Somerset. *Vet. Rec.* 106:140-144.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2015. Producción y productos lácteos. http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/produccionlechera/es/#.VXN1eO9_nIU (Consultado 06 Jun. 2015).

FAO (Food and Agriculture Organization). 2011. Situación de la lechería en América Latina y El Caribe en 2011. http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Dairy/Documents/Paper_Lecher%C3%ADa_AmLatina_2011.pdf (Consultado 06 Jun. 2015).

Flor, E., y N. Tadich. 2013. Lesiones pódalas en la vaca lechera. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile. Chile. http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad/pezunas/58-vaca_lechera.pdf (Consultado 10 Jun. 2015).

Franco, M., y O. Oliver. 2010. Laminitis subclínica en bovinos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colombia. Bogotá Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/29538/1/28054-99421-1-PB.pdf> (Consultado 10 Jun. 2015).

García, D., y M. Hahn. 2009. Lesiones Podales. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela.

Greenough, P. 1997. Understanding herd lameness. Western dairy management conference, Las Vegas, Nevada. USA. p. 97-106.

Greenough, P. 2002. X congreso Latinoamericano de Buiatría, XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría, Uruguay.

- Greenough, P. 2009. Laminitis y claudicaciones en bovinos: cómo encarar esta problemática. 1. ed. Inter-Medica S.A.I.C.I. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina. p. 304.
- Hernández, J., J. Shearer, y D. Webb. 2001. Effect of lameness on the calving-to-conception interval in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 218: 1611-1614.
- Hidalgo, C., C. Monge, J. Molina, J. Camacho, G. Vargas, y O. Barrientos. 2004. Informe parcial del país sobre la situación nacional de los recursos zoo genéticos. Subcomisión nacional encargada de la elaboración del informe país sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios de Costa Rica. San José, C. R. p. 43.
- Holmann, F., L.Rivas, E. Pérez, C. Castro, P. Schuetz, y J. Rodríguez. 2007. La cadena de carne bovina en Costa Rica: identificación de temas críticos para impulsar su modernización, eficiencia y competitividad. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Internacional LivestockResearchInstitute (ILRI); Corporación Ganadera (Corfoga), Cali, CO. 68 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario. San José, Costa Rica.
- Jubb, T., y J. Malmo. 1991. Lesions causing lameness requiring veterinary treatment in pasture-fed dairy cows in east Gippsland. *Australian Vet. J.* 68:21-24.
- Kleinbaum, D., y M. Klein. 2010. Logistic regression a self-learning text. *Statistics for biology and health.* 3. ed. Springer, New York, USA. 709 p.
- Koenig, S., A. Sharifi, H. Wentrot, D. Landmann, M. Eise y H. Simianer. 2005. Genetic parameters of claw and foot disorders estimated with logistic models. *J. DairySci.* 88: 3316–3325.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2007. Agrocadena de Leche. MAG, San José, Costa Rica. <http://www.mag.go.cr> (Consultado 09 Jun. 2015).
- Molina, L., A. Carvalho, E. Facury, P. Ferreira, y V. Ferreira. 1999. Prevalência e classificação das afecções podais em vacas lactantes na bacia leiteira de Belo Horizonte, Brasil. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 29:905-909.
- Murray, R., D. Downham, M. Clarkson, W. Faull, J. Hughes, F. Manson, J. Merritt, W. Russell, J. Sutherst, y W. Ward. 1996. Epidemiology of lameness in dairy cattle: description and analysis of foot lesions. *Vet. Rec.* 138:586-591.

- Noordhuizen, JPTM., y J. Buurman. 1984. Veterinary automated management and production control program for dairy farms (VAMPP). The application of MUMPS for data processing. *Vet. Q.* 6: 66-72.
- Olivieri, G., y B. Rutter. 2005. Afecciones podales en bovinos. Buenos Aires, Argentina. <http://www.produccion-animal.com.ar> (Consultado 09 Jun. 2015).
- Offer, J., y D. McNulty. 2000. Observations of lameness, hoof conformation and development of lesions in dairy cattle over four lactations. *Vet. Rec.* 147:105-109.
- Parker Gaddis, K.L., J.B. Cole, J.S. Clay, y C. Maltecca. 2012. Incidence validation and relationship analysis of producer-recorded health event data from on-farm computer systems in the United States. *J. DairySci.* 95:5422-5435.
- Pérez, E., M.T. Baayen, E. Capella, y H. Barkema. 1989. Development of a livestock information system for Costa Rica. In: H. Kuil; R. W. Palin; and J. E. Huhn (ED). *Livestock Production and Diseases in the Tropics*. Proc. IV Internl. Conf. Inst. Trop. Vet. Med. Utrecht; The Netherlands; pp. 221-224.
- Ramos, J. 2006. Aspectos de la enfermedad podal bovina y su interacción con el ecosistema pastoril de producción de leche. <http://www.lactodiagnosticsur.com.ar/wp-content/uploads/2011/12/II-Articulo-Webb-Lacto.pdf> (Consultado 11 Jun. 2015).
- Ramos, J. 2008. Lameness in Ruminants. International Symposium and Conference on Lameness in Ruminants. 9-13 Jun. Montevideo, Uruguay.
- Raven, E. 1989. Cuidado de la pezuña del bovino y el recorte funcional. 3. ed. PJN Pinsent. OenKerk, Holanda. p. 9, 59, 114, 115, 118.
- Romero, J., J. Rojas, y S. Estrada. 2011. El programa VAMPP Bovino, una herramienta para la toma de decisiones. *Ventana Lechera.* 5:4-10.
- Romero, J., S. Estrada, y E. Pérez. 2000. Uso del sistema de información VAMPP en investigaciones a gran escala En: XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, 11-15 set, 2000. Ciudad de Panamá, Panamá. p. 101.
- Rothman K., S. Greenland, y T. Lash. 2008. *Modern epidemiology*, 3.ed. Williams & Wilkins, Philadelphia, 758 p.

- Salazar, M., G. Castillo, J. Murillo, F. Hueckmann, y J. Romero. 2013. Edad al primer parto en vacas holstein de lechería especializada en Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 24:233-243.
- Sánchez, J. 2003. Laminitis bovina. Córdoba, Argentina. http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/patologias_pezunas/06-laminitis.pdf (Consultado 10 Jun. 2015).
- Sauter, L., C. Chesterton, R. Pfeiffer, y D. Behavioural. 2004. Characteristics of dairy cows with lameness in Taranaki. *N. Z. Vet. J.* 52:103–108.
- Somers, J., K. E. Frankena, S. Noordhuizen, y J. Metz. 2003. Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows: exposed to several floor systems. *J. DairySci.* 86:2082-2093.
- Tadich, N. 2008. Claudicaciones en la vaca lechera y su relación con el bienestar animal. Instituto de Ciencias Clínicas Veterinarias, Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Austral de Chile. República de Chile. *REDVET.* 10:2-12
http://www.medicinaveterinaria.cl/bienestaranimal/material_informativo/index.htm (Consultado 10 Jun. 2015).
- Torres, M., J. Alejos., y J. Piloni. 2014. Evaluación del grado de bienestar en los hatos lecheros del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- Tranter, P., y R. Morris. 1991. A case study of lameness in three dairy herds. *N. Z. Vet. J.* 39: 88 – 96.
- Vargas, B., y G. Gamboa. 2008. Tendencias genéticas, interacción genotipo×ambiente y consanguinidad en poblaciones Holstein y Jersey de Costa Rica. *Tec. Pecu. Mex.* 46:371-386.
- Vermunt, J. 1992. Subclínica laminitis in dairy cattle. *N. Z. Vet. J.* 40:133-138.
- Vermunt, J., y T. Parkinson. 2002. Claw lameness in dairy cattle: New Zealand based research. *N. Z. Vet. J.* 50:88-89.
- Weber, A., E. Stamer, W. Jungeny, y G. Thaller .2013. Genetic parameters for lameness and claw and leg diseases in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96:10-8.

- Whay, H., D. Main, L. Green y J. Webster. 2002. Farmer perception of lameness prevalence. Proceedings of the 12th International Symposium on Lameness in Ruminants. January 9-13. Orlando, Florida, USA. p 355-358.
- Zwald, N.R., K.A. Weigel, Y. M. Chang, R. D. Welper, y J. S. Clay. 2004. Genetic selection for health traits using producer-recorded data. I. incidence rates, heritability estimates, and sire breeding values. *J. Dairy Sci.* 87:4287–4294.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Analizar el efecto de factores relacionados con la vaca lechera, el hato y el entorno agroecológico sobre la incidencia de lesiones podales en ganado lechero de Costa Rica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar estimados de frecuencia de ocurrencia de lesiones podales a nivel poblacional del hato lechero de Costa Rica.
- Estimar el efecto de factores de riesgo relacionados con la vaca, el hato y el entorno agroecológico sobre la incidencia de eventos de lesiones podales durante la lactancia.
- Estimar parámetros genéticos de heredabilidad y repetibilidad asociados a lesiones podales en los hatos lecheros de Costa Rica.
- Proponer un conjunto de medidas de prevención y control con base en los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 1

INCIDENCIA DE LESIONES PODOALES EN GANADO LECHERO DE COSTA RICA

Marvin Jaroht Solano López

INCIDENCIA DE LESIONES PODALES EN GANADO LECHERO DE COSTA RICA

RESUMEN

Se realizó un análisis observacional longitudinal histórico para evaluar la frecuencia relativa y la tasa de incidencia de las lesiones podales (LP) en ganado lechero de Costa Rica. Se analizaron 358 hatos, 130 844 vacas y 417 895 lactancias. Se identificaron 21 682 vacas afectadas y 29 434 lactancias con al menos un caso de lesión podal. Las frecuencias relativas de LP fueron de 7% y 16,7% por lactancia y por vaca, respectivamente. El promedio a nivel de hatos fue de 5,6%. La tasa de incidencia general fue de 0,26 eventos por cada 1000 días a riesgo, con un promedio a nivel de hatos de 0,25. Las patologías podales más frecuentes fueron la separación de la línea blanca (34,3%), laminitis (13,2%) y úlcera de la suela (12,7%). Mediante análisis de Chi-cuadrado de tablas bivariadas se determinó una asociación significativa entre las LP y las variables número de parto, zona, raza, mes de parto, año de parto, tipo de parto, estadio de la lactancia y tamaño del hato. Se observaron mayores incidencias de LP en vacas multíparas, zonas bosque húmedo pre montano y bosque muy húmedo montano, razas Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo, meses de parto entre mayo y setiembre, periodo de parto 1995 a 1999, partos anormales, estadios iniciales de la lactancia (meses 1 a 4) y en hatos más grandes. Los resultados presentan similitud a estudios previos. Estos hallazgos son útiles para el desarrollo de protocolos preventivos enfocados a reducir la incidencia de lesiones podales en los grupos de mayor riesgo.

Palabras claves: Lesiones podales, ganado lechero, tasa de incidencia.

ABSTRACT

A historical longitudinal observational analysis was performed to evaluate the relative frequency and the rate of incidence of foot injuries (FI) in dairy cattle of Costa Rica. 358 herds, 130,844 cows and 417,895 lactations were analyzed. 21,682 affected cows and 29,434 lactations with at least one case of lameness were identified. The relative frequencies of FI were 7% and 16.7%, per lactation or cow, respectively. The average frequency at herd level was 5.6%. Overall incidence rate was 0.26 events per 1000 days at risk, with an average of 0.25 at the herd level. Most common injuries were the separation of the white line (34.3%), laminitis (13.2%) and sole ulcer (12.7%). Chi-square analysis performed on bivariate tables showed significant association between FI and parity, agro ecological zones, breed, month/year of birth, calving difficulty, stage of lactation and herd size. Higher FI incidence rates were found for multiparous cows, from Montana/Pre-Montane humid forest regions, Brown Swiss and Holstein×Brown Swiss breed types, calving in months between May and September, birth years 1995 to 1999, with abnormal calving, in initial stages of lactation (months 1-4) and pertaining to larger herds. The results show similarity to previous studies. These findings are useful to develop preventive protocols aimed at reducing the incidence of foot injuries in the highest risk groups.

Keywords: foot injuries, dairy cattle, incidence rate.

INTRODUCCIÓN

Las lesiones podales (LP) constituyen uno de los problemas de salud más importantes en los hatos lecheros, después de las alteraciones reproductivas y la mastitis (Flor y Tadich, 2013). Las patologías que causan claudicación están entre las enfermedades o alteraciones más dolorosas que afectan a los bovinos (Greenough, 2009).

Las LP se presentan generalmente después del parto, entre la segunda y doceava semana (Dewes, 1978; Vermunt y Parkinson, 2002). Esto es de relevancia en los sistemas pastoriles y semi estabulados de producción de leche en donde la pezuña sufre un enorme estrés mecánico de desgaste y puede perder gravemente su capacidad de protección de los tejidos nobles del pie. El desgaste de pezuña es una patología muy grave y típica del sistema pastoril, que aumenta dramáticamente la incidencia de LP (Chesterton, 2006).

La incidencia de LP en hatos lecheros es muy variable, dependiendo de las características del sistema de producción. En Nueva Zelanda se mencionan incidencias del 2 al 38% dependiendo de los rodeos (Dewes, 1978; Tranter y Morris, 1991). En Australia, un estudio en 73 hatos reportó que el 88% de los establecimientos presentaban LP y el hato más afectado tenía el 30% de incidencia (Harris, 1988). En Argentina, un estudio sobre 22 772 lactancias, menciona incidencias de LP del 11,1% en vacas y 13,9% en vaquillas, abarcando el periodo entre el secado y los 90 días en la lactancia posterior, con diferencias significativas entre hatos (Claves, 2009). En condiciones pastoriles en el Sur de Chile, las prevalencias de LP presentaron un rango entre 9 y 32% (Tadich et al., 2005; Flor, 2006).

El impacto de las LP sobre la productividad lechera ha sido demostrado por varios estudios. Las vacas cojas presentan una menor producción de leche (Rowlands y Lucey, 1986; Green et al., 2002). El 10% de los animales que sufren LP son sacrificados en forma prematura (Greenough, 2009). La falta de cuidado de las pezuñas puede originar pérdidas en la producción láctea que oscilan entre el 20 y 25%, lo que puede significar entre 300 a 450 kg de leche en una lactancia promedio (AFIMILK, 2015). Por otra parte, las disminuciones en la tasa de parición pueden ser de hasta 17,6% (Cano, 1999). En Uruguay se describen casos de LP con una reducción de 70% de la producción de leche y la eliminación de casi un 60% del hato en producción (Ramos y Acuña, 2004).

Se ha estimado que una vaca con claudicación le costará al productor entre US\$350 y US\$ 527 por caso (Greenough, 2009). En un hato de 346 vacas en Florida, se calculó

una pérdida anual de 58 mil dólares debido a cojeras clínicas (Acuña et al., 2004). En Estados Unidos, Canadá y el Reino Unido se determinó que el costo anual por vaca coja llega a US\$389 (Bargai, 2000).

En Costa Rica, a pesar de que existen bases de datos de larga trayectoria, no se han realizado estudios a nivel poblacional sobre la frecuencia de aparición de las LP. En el presente estudio se pretende estimar medidas de frecuencia de LP según diferentes estratos dentro de la población, haciendo uso de la información aportada por los hatos lecheros usuarios del programa VAMPP bovino en Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuente de información

En este análisis se utilizó la información disponible en la base de datos VAMPP (Noordhuizen y Buurman, 1984; Pérez et al., 1989) del proyecto CRIPAS, abarcando el periodo entre 01/01/1985 a 29/02/2016.

Se obtuvieron los archivos de datos en formato ASCII conteniendo todas las variables concernientes al presente estudio, principalmente: variables del hato (identificación, zona agroecológica, sistema de producción) y variables de las hembras bovinas (identificación y genealogía, tipo racial, fecha nacimiento, fechas de eventos de lesiones podales y códigos asociados al diagnóstico).

Diseño del estudio

La presente investigación utilizó un diseño de estudio observacional longitudinal histórico. Al ser un estudio observacional, para efecto de identificación de los casos se dependió de la información disponible en la base de datos. Se identificaron como casos todos los eventos de LP reportados durante el periodo productivo de la vaca, es decir, a partir de la fecha de primer parto.

La dependencia de un sistema de información administrado mayormente por los productores representó una limitante del estudio, ya que no existe consistencia en el diagnóstico del evento. Existen sin embargo estudios similares (Zwald et al., 2004; Parker et al., 2012) que validan el uso de sistemas de información de hato para estimación de incidencias y parámetros genéticos.

Criterios de inclusión

Se realizó una edición y revisión general de la información con el fin de detectar y eliminar posibles inconsistencias en la base de datos inicial.

A nivel de vaca, se incluyeron solamente los primeros eventos de LP ocurridos durante el periodo productivo de la vaca, después de la fecha del primer parto. Eventos repetidos dentro de una misma lactancia no fueron considerados en el análisis. Según el sistema VAMPP, los tipos de LP se clasificaron como: flemón interdigital, úlcera de la suela, dermatitis interdigital, laminitis, artritis periartritis, absceso, dermatitis digital, úlcera de la pared, separación línea blanca, tiloma, doble suela, cascos largos, erosión de suela, lesión crónica marcada, fisuras, erosión del talón, proceso de la línea blanca,

hemorragia de la suela, pododermatitis traumática, contusión del tejido córneo deformación de los dígitos. Se incluyen además las categorías de “otros” y “sin diagnóstico”; que constituyeron la mayoría de las LP.

A nivel de hato, se realizó una preselección en función de la consistencia en el registro de los eventos de LP. Se identificaron y excluyeron del análisis aquellos hatos que no reportaron de manera consistente eventos relacionados con LP. Para efecto de este estudio, se utilizaron los siguientes criterios para la inclusión de hatos en el análisis: a) al menos 1 año de seguimiento en VAMPP, b) al menos 5 animales por año bajo monitoreo continuo en VAMPP) una incidencia lactacional mayor o igual al 1%.

Análisis estadístico descriptivo

Inicialmente, con base en los casos que reportaron un diagnóstico específico, se construyó una tabla de frecuencia según tipo de lesión podal. Estos diagnósticos se reportaron solo en una minoría de los casos.

Posteriormente, se calcularon estadísticos globales relacionados con la frecuencia de ocurrencia del evento analizado. Se obtuvieron las Frecuencias Relativas (FR) a nivel de vaca y lactancia. Estas se obtuvieron mediante la siguiente fórmula:

$$FR = n_{(+)} / N \quad [1]$$

Dónde:

- $n_{(+)}$: Número de (vacas/lactancias) con casos de lesiones podales.
- N : Número total de (vacas/lactancias) presentes en la población (a riesgo de sufrir el evento).

Las FR obtenida por fórmula [1], cuando se calcula a partir de lactancias, es referida en algunos estudios como Tasa de Incidencia Lactacional (Zwald, 2004; Parker et al., 2012),

Al tratarse de un estudio observacional longitudinal, los tiempos a riesgo de sufrir el evento variaron ampliamente entre animales. Por esta razón, se calculó además la Tasa de Incidencia (Rothman et al., 2008), definida por la siguiente fórmula:

$$\pi = \frac{n_{(+)}}{\sum DAR} \quad [2]$$

Dónde:

- n (+): Número de lactancias con casos reportados de lesiones podales.
- DAR: Número total de días a riesgo de sufrir el evento. Los DAR se obtuvieron para todas las lactancias de todas las vacas expuestas a sufrir el evento. En el caso de lactancias completas sin evento registrado, el DAR se obtuvo como la longitud de la lactancia respectiva. En el caso de lactancias incompletas sin evento registrado, el DAR correspondió a los días transcurridos desde el parto hasta el último día de lactancia registrado. Para lactancias demasiado extensas, se estableció un valor máximo de corte de 510 días. Los días posteriores a la ocurrencia de un evento de lesiones podales no fueron contabilizados dentro de los DAR (Rothman et al., 2008).

Tablas de frecuencia bivariadas y análisis de chi-cuadrado

Con base en los registros por lactancia, se construyeron tablas de frecuencia bivariadas del evento de Lesión Podal (0: ausente; 1: presente) en función de los siguientes factores de interés:

- Hato: Se identificaron un total de 358 hatos.
- Número de Parto: 1, 2, 3, 4, 5, 6,7 o más.
- Zona agroecológica: bosque húmedo montano bajo, bosque húmedo pre montano, bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo montano, bosque muy húmedo montano bajo, bosque muy húmedo montano tropical, bosque pre montano muy bajo, bosque seco tropical
- Grupo racial: Jersey, Holstein×Jersey, Holstein, Holstein×Pardo Suizo, Pardo Suizo, Jersey× Pardo Suizo, Guernsey, Holstein× Pardo Suizo× Jersey y un grupo que aglomeró otras razas minoritarias.
- Mes de parto: Enero hasta Diciembre.
- Año de parto: Se clasificó en periodos de la siguiente manera: ≤ 1994 , 1995-1999, 2000-2004, 2005-2009, y ≥ 2010 .
- Tipo de parto: Normales y Anormales (con retención placentaria, distócico o cesárea)
- Estadio de la lactancia: En periodos mensuales (1 hasta ≥ 15 meses posparto).
- Tamaño de hato en producción: grupos de ≤ 20 , 21-40, 41-60, 61-80, 81-100y > 100 .

Las frecuencias obtenidas a partir de estas tablas equivalen a tasas de incidencia lactacionales, según se describió en la fórmula [1]. Se realizaron pruebas de

independencia Chi-cuadrado para determinar si existe asociación significativa entre las LP y los factores mencionados. En caso de significancia, se realizaron además comparaciones pareadas de proporciones utilizando la prueba z con nivel de significancia ($\alpha = 0,05$) y ajuste para comparaciones múltiples por el método de Bonferroni (Daniel, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tendencias generales

Una vez realizados los procedimientos de edición y la aplicación de los criterios de inclusión se contó con un total de 417 895 lactancias procedentes de 130 844 vacas localizadas en 358 hatos. Se contabilizaron 21 682 vacas y 29 434 lactancias con al menos un caso de lesión podal, lo que corresponde a frecuencias relativas (FR) generales de 16,7% y 7,0%, a nivel de vacas y lactancias, respectivamente.

Entre las vacas afectadas el 74,7 % (n=16192) presentaron un solo caso de LP, mientras que el 17,8% (n=3853) presentaron 2 casos y el restante 7,5% (n=1637) presentaron 3 o más casos de LP.

La frecuencia relativa general (FR) obtenida se asemeja a valores reportados por estudios previos, tales como 2,7% (Confalonieri et al., 2008; Argentina), 5% (Bargai, 2000; Reino Unido), pero contrasta con valores más altos reportados en otros estudios, del orden del 30% (Hernández et al., 2002; USA/Florida), 23,9% (Cook, 2003; USA/Wisconsin), 30,3% (Molina et al., 1999; Brasil/Belo Horizonte).

La tasa de incidencia (TI) general en el presente estudio fue de 0,26 eventos por cada 1000 DAR. El promedio global de DAR fue de 261,8 d (D.E 127,3 d). Este dato contrasta con valores de TI reportados por otros estudios que tienden a ser mayores; por ejemplo 1,02 casos/1000 días (Ramos, 2012; Uruguay); 1,49/1000 días (Warnick et al., 2001; USA), y 1,41 casos /1000 días (Sanders et al., 2009; USA). Por su parte las menores TI encontradas en el presente estudio pueden estar relacionadas con el posible subregistro del evento, así como a una mayor longitud del periodo de seguimiento. En el presente estudio el periodo de seguimiento se extendió hasta los 510 días posparto. Esto difiere del periodo de seguimiento de otros estudios en los que se mencionan 305 días de seguimiento posparto (Warnick et al., 2001; Sanders et al., 2009; Ramos, 2012), lo que puede favorecer un mayor número de casos de LP reportados por vaca y por lactancia al evaluar un periodo de seguimiento más corto. Por otro lado, el origen de la enfermedad es multifactorial lo que puede explicar esta gran variabilidad en las tasas de incidencia y prevalencia reportados por diferentes estudios (Ramos, 2012).

La Tabla 1 muestra las patologías más frecuentes según el registro de diagnósticos reportados en la base de datos. Únicamente el 17,2% (5 078 / 29 434) de los eventos de LP contó con un diagnóstico específico que refiere al tipo de lesión encontrado. La enfermedad podal más importante para este estudio fue la separación de la línea blanca, con un 34,3 %, seguida por la laminitis (13,2%) y la úlcera de la suela (12,7%). Los resultados se asemejan a los encontrados por Flor y Tadich (2013; Chile) donde la enfermedad de línea blanca fue la más frecuente (54,9%). Escobar (1993) y Tadich et al. (2005) encontraron una frecuencia de la enfermedad de la línea blanca de 10,6% y 15,9%, respectivamente. Tranter et al. (1991) señalaron que la incidencia de la enfermedad de línea blanca fue del 39%, siendo la lesión de mayor importancia en los hatos lecheros.

Los resultados de incidencia donde se coloca a la enfermedad separación de la línea blanca como la patología que más afecta los hatos lecheros en Costa Rica, puede estar relacionado con facilidad de aparición de la enfermedad, ya que se menciona que es muy común y reportada como habitual en los sistemas intensivos y extensivos de producción, ya que la línea blanca está compuesta por el tejido córneo más blando de la pezuña, por lo tanto es más vulnerable a los cuerpos extraños. Es de alta incidencia en reproductores de carne y leche (asociada a laminitis) y muy frecuente en novillas lecheras luego del parto (Greenough, 2009).

Tabla 1. Frecuencias absolutas y relativas de diferentes tipos de lesiones pódales en la muestra analizada.

<u>Diagnóstico del evento</u>	<u>Frecuencia Absoluta</u>	<u>Frecuencia Relativa</u>
Absceso	92	1,8
Artritis /periartritis	59	1,2
Cascos largos	484	9,5
Contusión del tejido córneo	61	1,2
Deformación de los dígitos	11	0,2
Dermatitis Interdigital	348	6,9
Doble Suela	228	4,5
Erosión de suela	29	0,6
Erosión del talón	28	0,6
Fisuras	51	1,0
Flemón Interdigital	197	3,9
Hemorragia de la suela	14	0,3
Laminitis	670	13,2
Lesión crónica marcada	84	1,7
Pododermatitis traumática	25	0,5
Proceso de la línea blanca	47	0,9
Separación de la línea blanca	1742	34,3
Tiloma	200	3,9
Úlcera de la pared	62	1,2
Úlcera de la suela	<u>646</u>	<u>12,7</u>
Total	5078	100

Frecuencias relativas (FR) y tasas de incidencia (TI) por hato

A nivel de hato, la FR promedio en base a lactancias fue de 5,6% (D.E 0,06); observándose una alta variabilidad entre los hatos (Figura 1). La frecuencia relativa (FR) obtenida es similar a los rangos mencionados por estudios previos, tales como 3,8% a 7% (Dewes, 1978; Nueva Zelanda), 9,1 a 25% (Tadich et al., 2005; Flor y Tadich, 2013; Chile).

En cuanto a la TI, el valor promedio por hato obtenido para el presente estudio fue de 0,25 (DE 0,30) casos por cada 1000 DAR. Esta tasa de incidencia (TI) es menor a valores reportados por estudios previos, tales como 0,49 a 1,3 casos /1000 días (Clarkson et al., 1996; Inglaterra). Como se mencionó anteriormente, esto puede deberse en parte a diferencias en los periodos de seguimiento entre estudios. Al extenderse los periodos de seguimiento, la tasa de incidencia tiende a bajar, dado que la mayoría de eventos de LP ocurren al principio de la lactancia. Cabe anotar que el promedio de días a riesgo (DAR) a nivel de hato en presente estudio fue de 246 d. (D.E 47,6).

Las distribuciones de FR y TI en los 358 hatos fueron positivamente asimétricas y muy similares (Figura 1). Esto significa que la mayoría de los hatos presentó bajas FR o TI, mientras que unos pocos mostraron valores más elevados (Figura 1). La alta variabilidad entre hatos sugiere el impacto marcado que tienen las prácticas de manejo; así como las circunstancias específicas de cada sistema de producción, sobre la incidencia de LP. Otro factor que estuvo presente en este estudio, es el posible subregistro de información de LP, lo que sin duda también contribuye a esta alta variabilidad.

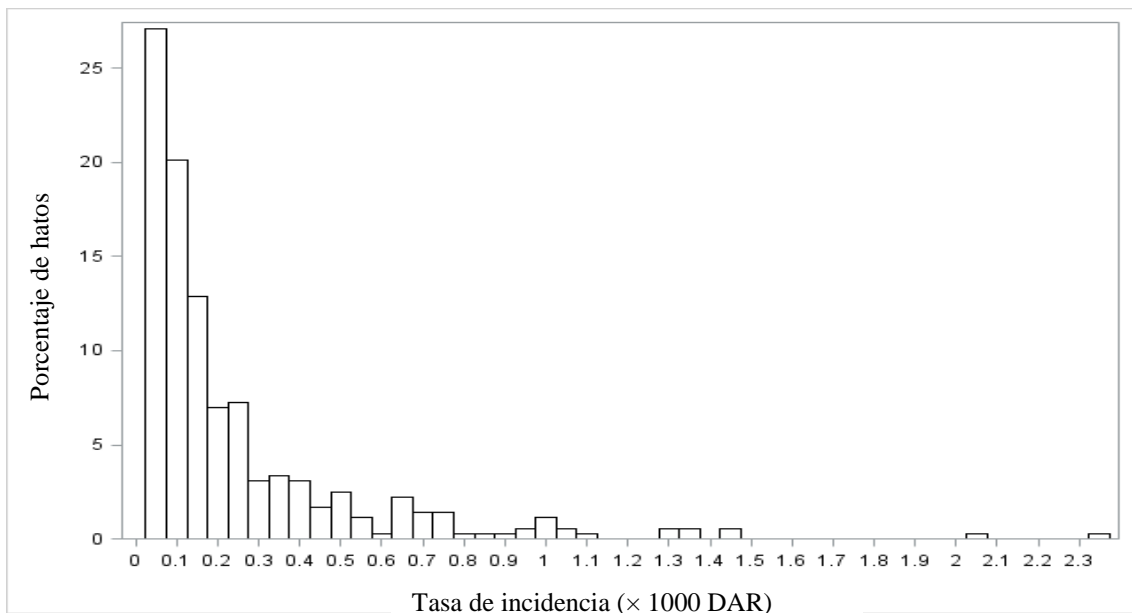
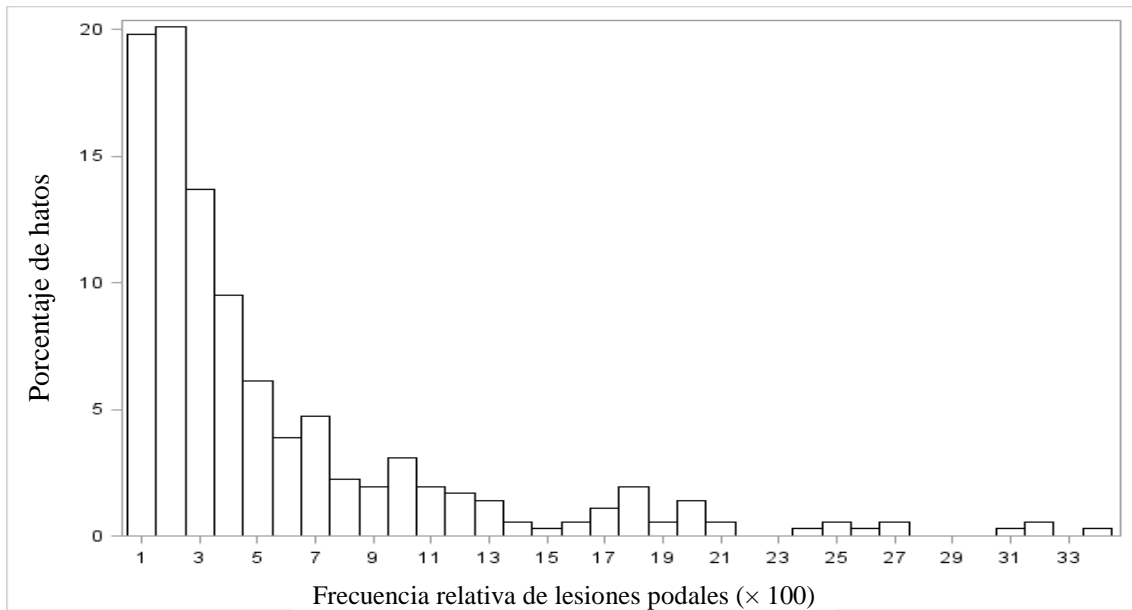


Figura 1. Distribución de hatos según frecuencia relativa (arriba) y tasa de incidencia (Abajo) de lesiones podales (n=358 hatos).

A nivel de hatos, se obtuvo una correlación de 89% entre ambos estadísticos (FR y TI, Figura 2), lo que indica que hatos con mayores FR tienden, en su gran mayoría, a tener valores más altos de TI. Se encontraron algunas pocas excepciones (puntos aislados en Figura 2) que se relacionan con hatos de tamaño reducido.

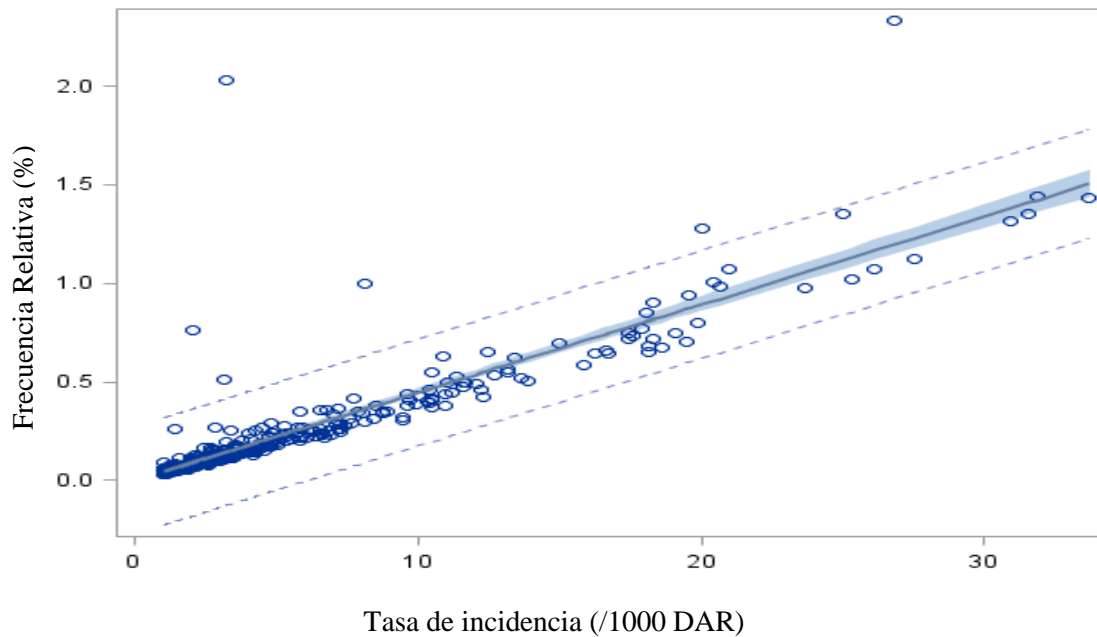


Figura 2. Distribución de hatos (n=358) en función de la frecuencia relativa (FR, %) y tasa de incidencia (TI/1000 DAR) de lesiones podales. con línea de regresión (línea continua), intervalo de confianza 95% (zona sombreada) e intervalo de predicción 95% (línea punteada).

Análisis bivariados de asociación por Chi-cuadrado

Según se observa en la Tabla 2, todos los factores evaluados muestran una asociación altamente significativa con el evento de lesiones podales. Cabe señalar sin embargo que el elevado tamaño de muestra con que se contó aumenta la potencia estadística y promueve la obtención de significancia estadística, aún para casos de reducida diferencia entre las categorías comparadas. Seguidamente se describen estas asociaciones con mayor detalle.

Tabla 2. Resultado de las pruebas de asociación Chi- cuadrado entre distintos factores y la ocurrencia de eventos de lesiones podales.

<u>Factor</u>	<u>Estadístico Chi-cuadrado</u>	<u>Valor P</u>
Número de Parto	354	<0,0001
Zona	4190	<0,0001
Raza	5706	<0,0001
Mes parto	70	<0,0001
Año de parto	533	<0,0001
Tipo de parto	577	<0,0001
Estadio de lactancia	28877	<0,0001
Tamaño del hato	1207	<0,0001

Número de parto

En cuanto al factor de Número de Parto, se observó inicialmente que la mayoría de las lactancias analizadas corresponden a animales de 1 a 3 partos (Figura 3). En relación a la incidencia de LP, se observa una tendencia a mayores incidencias de LP en las lactancias más avanzadas. La diferencia entre la mayor incidencia (parto 6: 8,3%) y la menor (parto 2: 5,9%) fue de 2,4%. Los resultados concuerdan con lo reportado por González (1993) quien expresa que entre más partos tenga una vaca, se disminuye la altura entre los talones, por lo que la carga ejercida sobre ellos es cada vez mayor y la presión sobre la superficie palmar es irregular. Por el contrario Offer et al. (2000) mencionan que las vacas de primera lactancia, principalmente en la época del peri parto, sufren mayor presentación de lesiones podales comparado con vacas multíparas. Ramos (2012) determinó que las vacas primíparas tuvieron mayor probabilidad de padecer lesiones podales que las vacas de más de un parto.

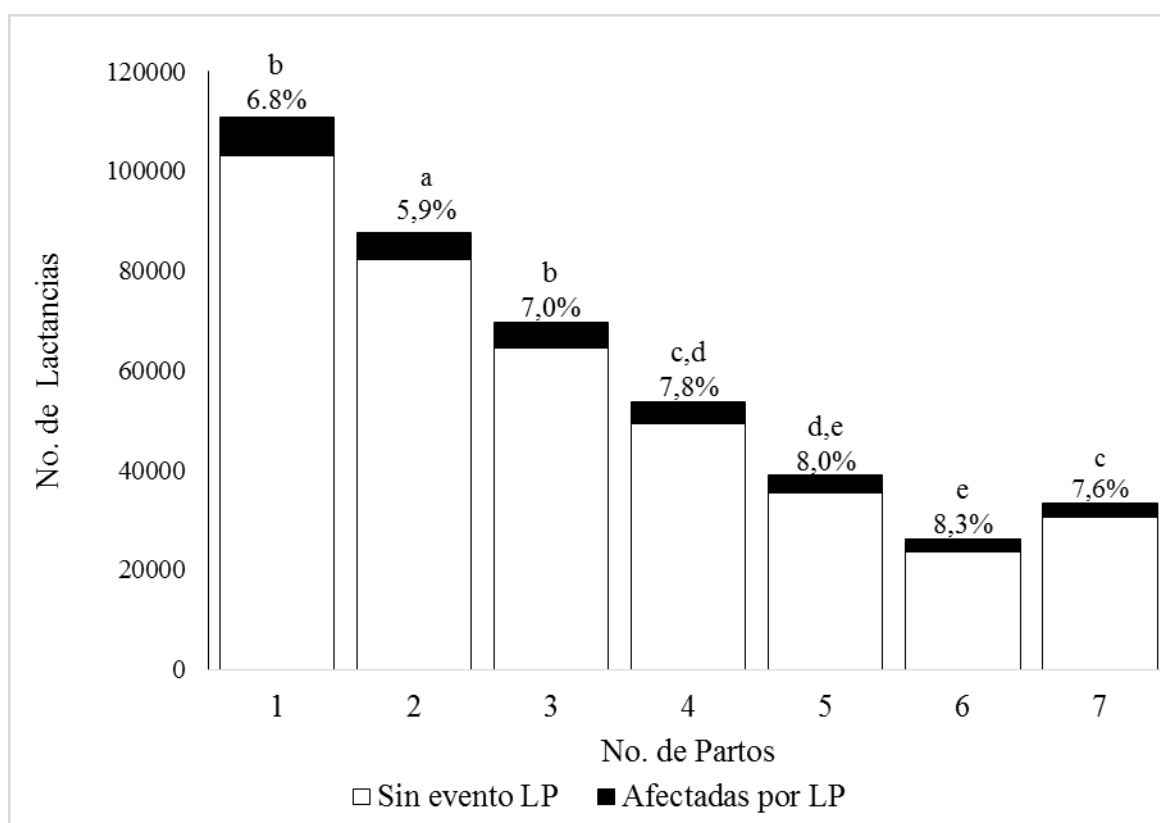


Figura 3. Distribución de lactancias Sin evento vs afectadas por LP en función del número de parto de las vacas.

Zona agroecológica

En cuanto a la zona agroecológica se observó que la mayoría de las lactancias analizadas provienen de las zonas agroecológicas bosque muy húmedo tropical, bosque muy húmedo pre-montano (Figura 4). En relación a la incidencia de LP, se observan diferencias significativas entre zonas, con mayores incidencias de LP en la zona bosque húmedo pre-montano. La diferencia entre la mayor incidencia (bh-p: 10,6%) y la menor (bmh-m: 2,8%) fue de 7,8%. Los resultados concuerdan con lo planteado en hatos neozelandeses donde la presencia de LP se asoció con alta humedad ambiental (Tranter y Morris, 1991). Blowey (2005) plantea que la humedad implica una disminución en la resistencia mecánica de la pezuña, lo que predispone a un desgaste excesivo de suela, aumentando las posibilidades de penetración de la misma, lo que conlleva a cojeras en los bovinos. Williams et al. (1986), en el Reino Unido, determinó que el clima húmedo fue un factor de riesgo significativo para las LP en los hatos lecheros manejados en pasturas.

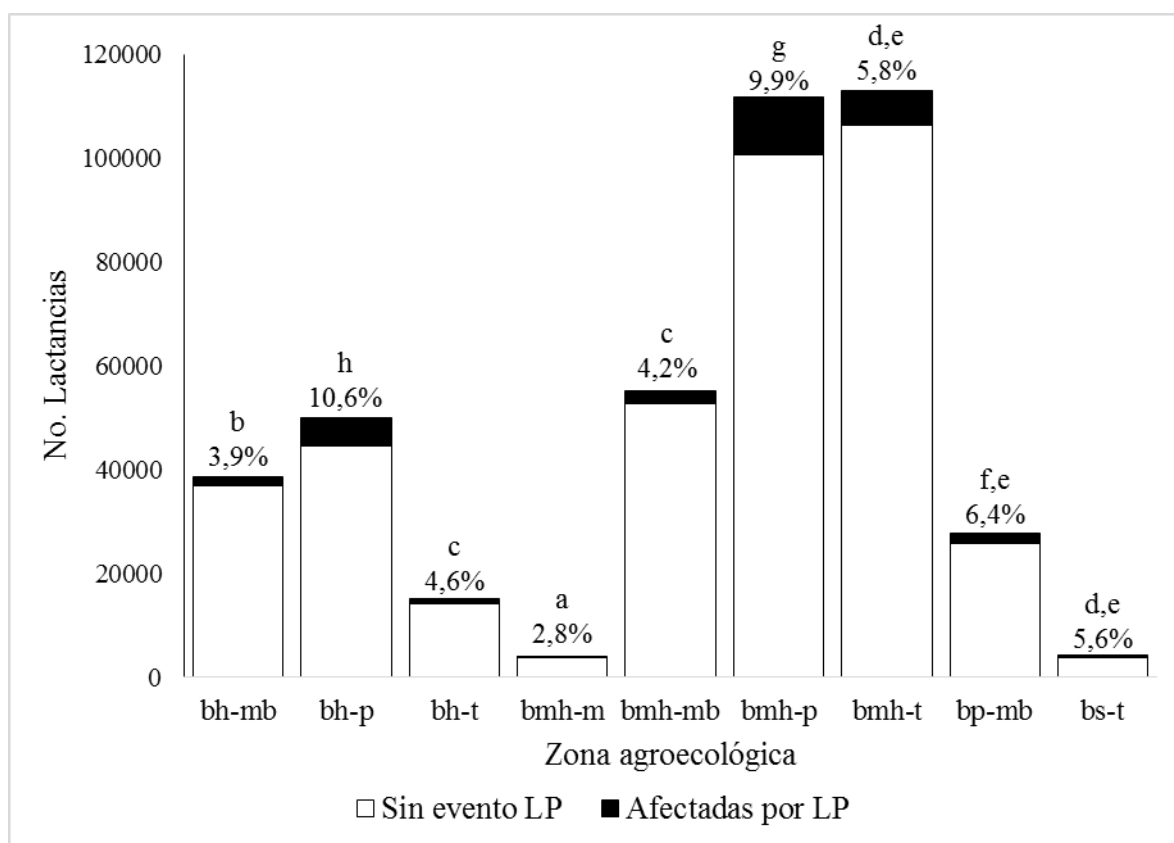


Figura 4. Distribución de lactancias Sin evento vs Afectadas por LP en función de la zona agroecológica.

Raza

En relación al factor racial se observó que la mayoría de las lactancias analizadas provenían de los grupos Holstein, Jersey y el cruce entre ambas (Figura 5). En relación a la incidencia de LP, se observan diferencias significativas y mayores incidencias de LP en vacas de la raza Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo. La diferencia entre la incidencia mayor (09_PS8: 18,3%) y la menor (OTROS: 5,1%) fue de 13,2%. Esto concuerda con lo planteado por Olivieri y Rutter (2005) donde plantea que las vacas de raza Holstein son más predispuestas a sufrir cojeras que la raza Jersey. De igual forma todas las razas bovinas que tengan una disminución del ángulo dorsal o pezuñas muy cortas son propensas a sufrir lesiones podales.

Es probable que la alta incidencia encontrada para los grupos Pardo Suizo y Holstein×Pardo Suizo en el presente estudio esté sesgada por la información de un solo hato de gran tamaño que concentró el 17,1% de los eventos de LP observados y que está conformado mayormente por las razas mencionadas.

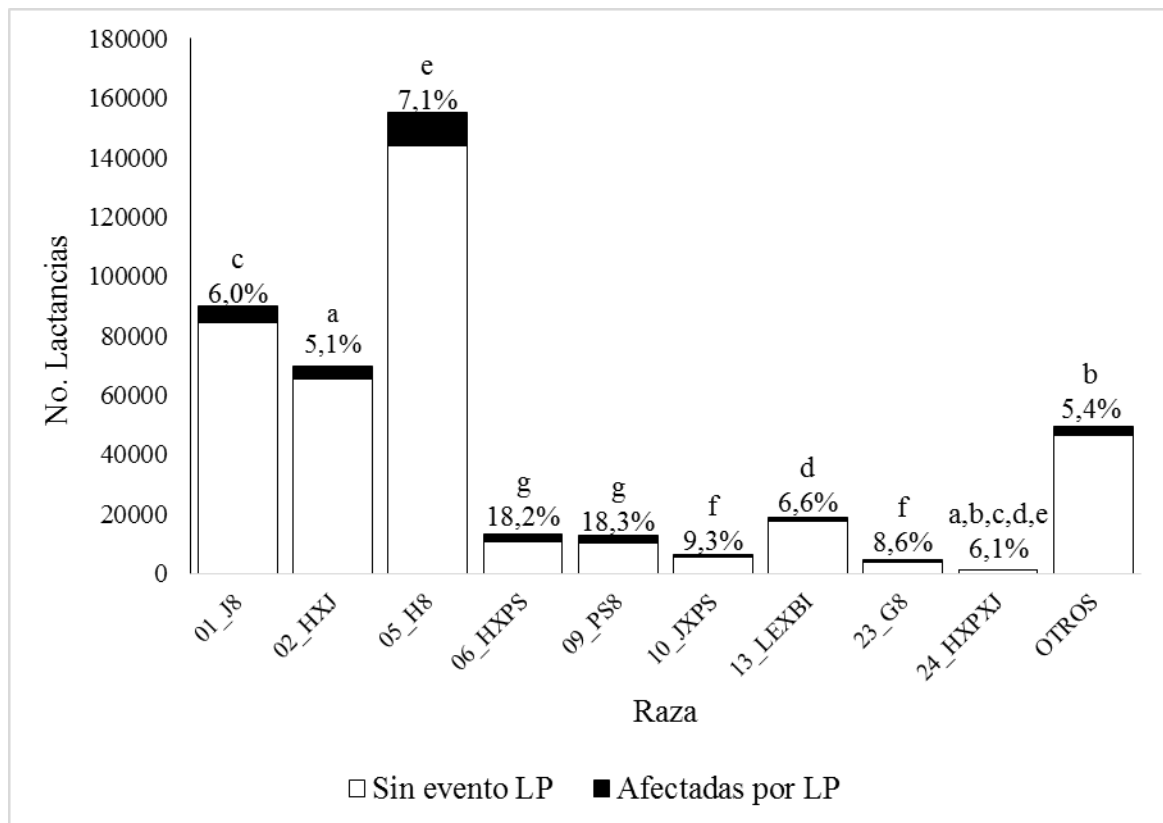


Figura 5. Distribución de lactancias Sin evento vs Afectadas por LP en función de la raza.

Mes de parto

En cuanto al factor Mes de parto, se observó que la mayoría de las lactancias analizadas corresponden a los meses de octubre a enero (Figura 6). En relación a la incidencia de LP, se observan una tendencia a mayores incidencias de LP en los meses de abril hasta setiembre, que son meses de alta humedad en el país. La diferencia entre la incidencia mayor (Jun: 7,5%) y la menor (Feb: 6,6%) fue de 0,9%.

Los resultados se relacionan con lo planteado por Greenough (2009), donde expone que la excesiva humedad del suelo provoca un desgaste más rápido y deja predispuesta la pezuña al daño mecánico. Jubb y Malmo (1991), así como Eddy y Scott (1980), plantean que la mayor incidencia de lesiones podales ocurre en épocas lluviosas y grandes brotes de LP aparecen luego de grandes lluvias.

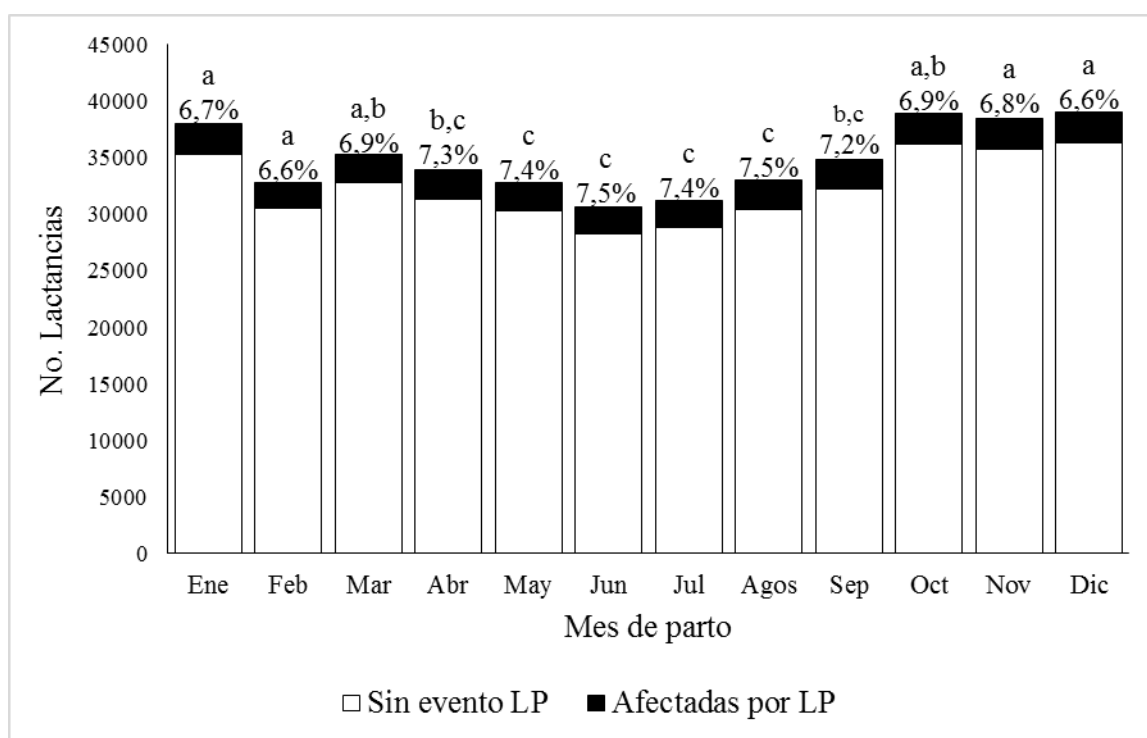


Figura 6. Distribución de lactancias Sin evento vs Con evento de LP en función del mes.

Año de parto

En cuanto al factor año de parto, se observó inicialmente que la mayoría de los partos analizados corresponden al periodo ≥ 2010 (Figura 7). En relación a la incidencia de LP, se observan diferencias significativas y una tendencia a mayores incidencias de LP en partos reportados en los años de 1995 a 1999. La diferencia entre la incidencia mayor (1995-1999: 8,8%) y la menor (parto ≥ 2010 : 6,1%) fue de 2,7%. Estas diferencias pueden estar relacionadas a variaciones en la cantidad de los hatos monitoreados a lo largo del tiempo. Es importante mencionar además que en este periodo de tiempo hubo afectaciones causadas por fenómenos climáticos (muchas lluvias), lo que también pudo afectar la incidencia de lesiones podales (IMN, 2008).

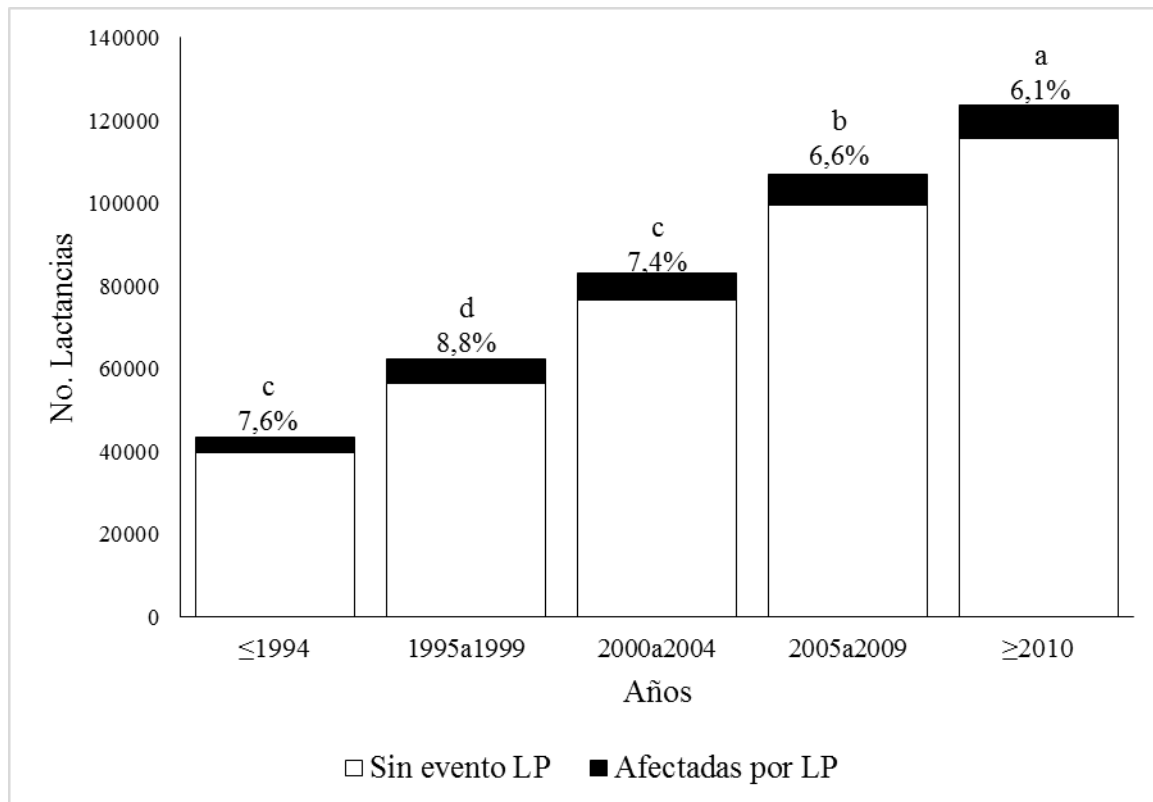


Figura 7. Distribución de lactancias Sin evento vs Afectadas por LP en función del año de parto.

Tipo de parto

En cuanto al factor tipo de parto, se observó inicialmente que la mayoría de las lactancias analizadas corresponden a animales que han tenido partos normales (Figura 8). En relación a la incidencia de LP, se observan diferencias significativas y una tendencia a mayores incidencias de LP en animales con partos anormales. La diferencia entre ambos grupos fue de 5%. Esto concuerda con lo reportado por González (1993) planteando que las vacas que han padecido partos distócicos o gemelares pueden presentar más problemas de LP por laminitis y otras patologías en comparación con el resto del hato.

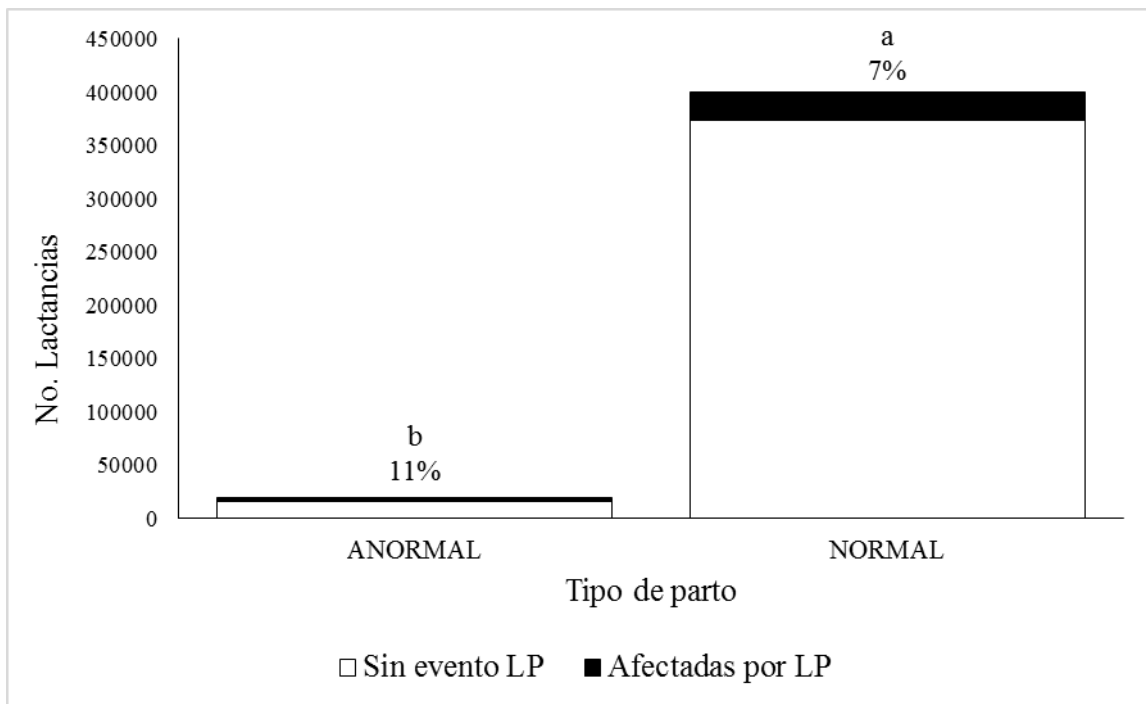


Figura 8. Distribución de lactancias Sin evento vs Con evento de LP en función del tipo de parto.

Estadio de la lactancia

En cuanto al factor estadio de la lactancia, se observó que la mayoría de las lactancias analizadas se encontraban entre los meses 9 a 11 posparto, debido a que se trata mayormente de lactancias terminadas de duración en el tiempo estándar (Figura 3). En relación a la incidencia de LP, se observaron diferencias significativas, con una tendencia a mayores incidencias de LP en el periodo inicial de lactancia, entre los meses 1 a 3. La diferencia entre la mayor incidencia (mes 2: 24,0%) y la menor (mes 15: 1,5%) fue de 22,5%. Los resultados concuerdan con lo reportado en Nueva Zelanda donde la mayor ocurrencia de lesiones podales ocurrió antes de los 110 días posparto (Margerison y López, 2011). Díaz et al. (2011), reportaron que vacas en sus primeros 110 días de lactancia tienen 1,68 más probabilidades de padecer LP que vacas entre los 111 y 210 días de lactancia.

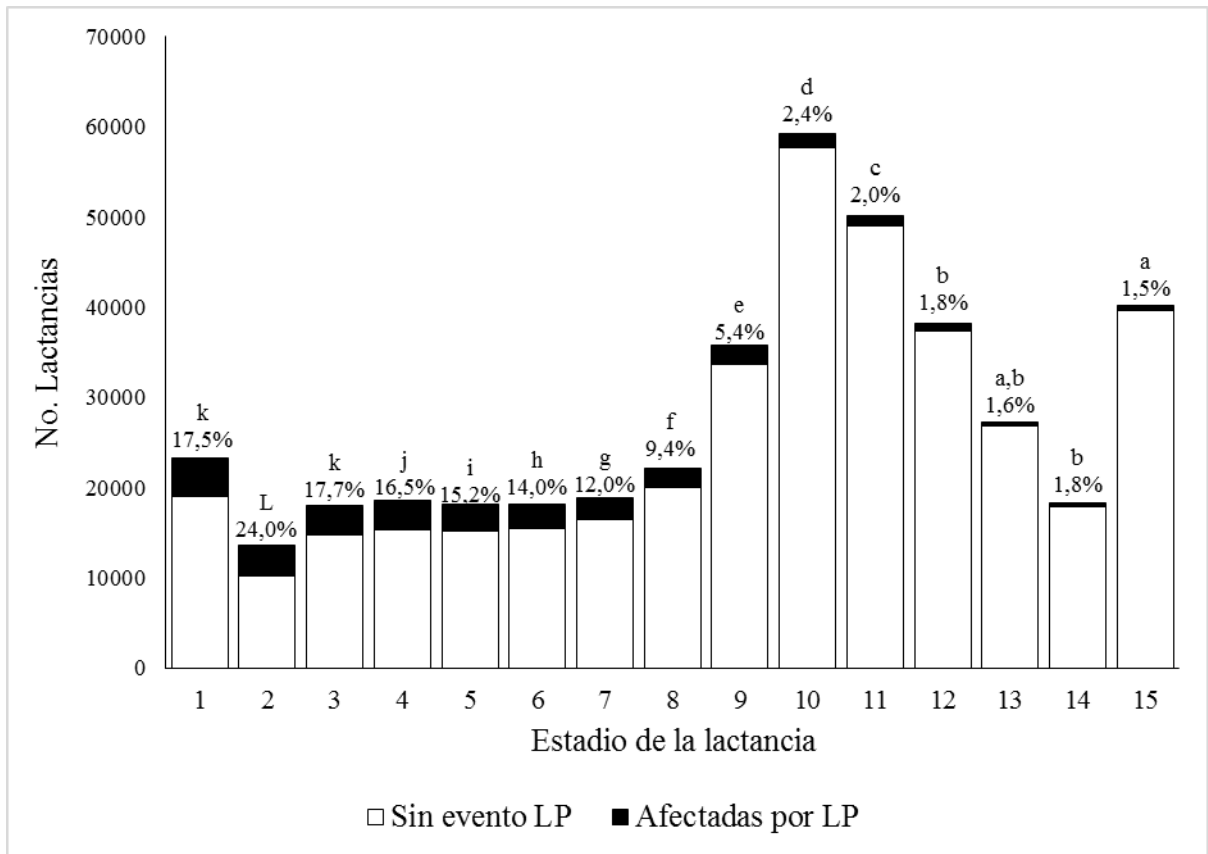


Figura 9. Distribución de lactancias Sin evento vs Afectadas por LP en función del estadio de la lactancia.

Tamaño del hato

En cuanto al factor tamaño del hato en producción, se observó inicialmente que la mayoría de las lactancias analizadas provienen de animales ubicados en hatos de mayor tamaño (Figura 3). En el presente estudio, esto se debe a que gran parte de los datos provienen de unos pocos hatos de gran tamaño. En relación a la incidencia de LP, se observan diferencias significativas y una tendencia a mayores incidencias de LP en las vacas que provienen de hatos grandes. La diferencia entre la mayor incidencia (tamaño 6: 8,2%) y la menor (tamaño 1: 3,8%) fue de 4,4%. Los resultados concuerdan con lo planteado por Rebhoun (1995) donde expresa que los hatos lecheros grandes tienen más problemas podales que los medianos y/o pequeños. Greenough (2009) expone que el mayor aumento de la incidencia de lesiones podales ocurre en rodeos lecheros de alta producción con manejo intensivo y que los problemas pueden estar ligados al mayor confinamiento que se da en este tipo de explotaciones.

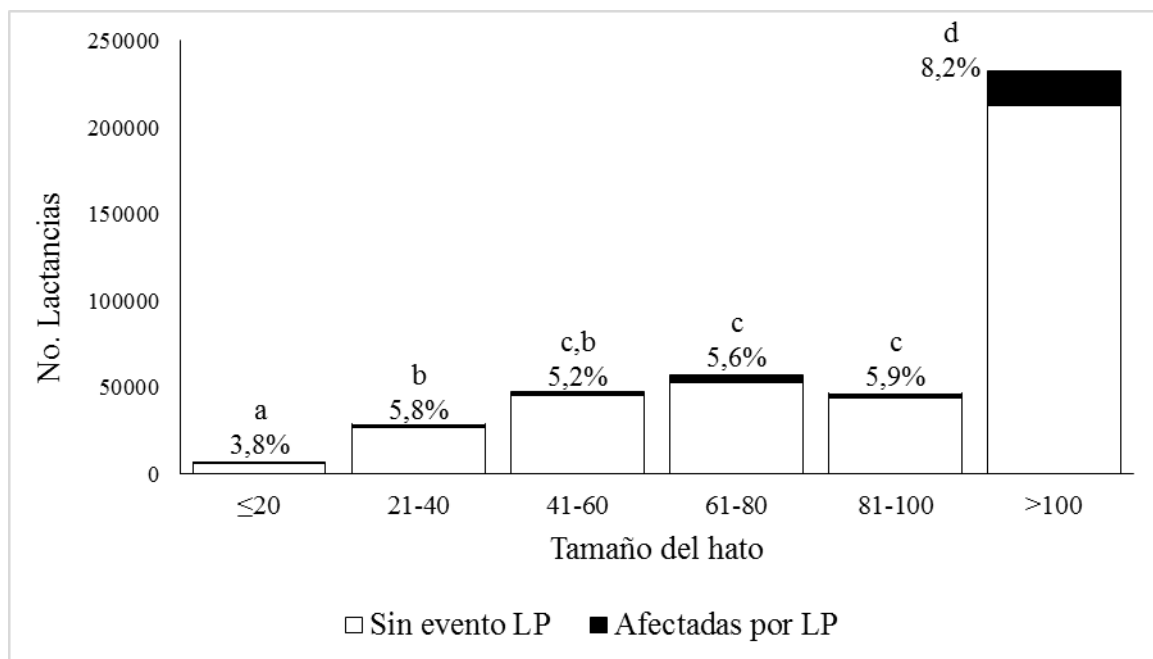


Figura 10. Distribución de lactancias Sin evento vs Afectadas por LP en función del tamaño del hato en producción.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio a pesar de provenir de un estudio observacional con posible subregistro del evento, demuestran que la incidencia de lesiones podales (LP) en hatos lecheros de Costa Rica es alta.

En el caso de FR los estimados se encuentran dentro de los rangos reportados por estudios previos, mientras que para TI tienden a ser menores, lo cual puede estar ligado, en parte, a que en el presente estudio se realizó un mayor periodo de seguimiento.

Las patologías más comunes causantes de LP en los hatos estudiados son alteraciones de la línea blanca, laminitis y úlcera de la suela.

El número de parto, la zona, la raza, el mes de parto, el año de parto, el tipo de parto, el estadio de la lactancia y el tamaño del hato, son factores que tienen relación altamente significativa con la aparición de las LP en el ganado lechero.

Se observaron mayores incidencias de LP en vacas con mayor número de partos, zonas bosque húmedo pre montano y bosque muy húmedo pre montano, raza Pardo Suizo, meses de mayo a setiembre, periodo 1995 a 1999, tipo de parto anormal, estadios iniciales de la lactancia (meses 1 a 4), y hatos de mayor tamaño.

Es importante confirmar las asociaciones encontradas mediante metodologías más precisas tales como modelos mixtos lineales de regresión logística, que permitan el análisis simultáneo de múltiples efectos (fijos y/o aleatorios) y que permitan obtener estimados ajustados de riesgo relativo a sufrir eventos de LP.

Los resultados obtenidos denotan que la problemática de las lesiones podales requiere de mayor atención en los hatos analizados. Esto implica un mayor esfuerzo en las áreas de prevención, detección y control de este tipo de afecciones, con el fin de prevenir y reducir el alto impacto que ejerce sobre la productividad de las explotaciones lecheras.

LITERATURA CITADA

- Acuña, R., D. Alza, J. Borges, K. Norlund, y J. Ramos. 2004 Cojeras del bovino: fisiopatología y profilaxis. Buenos Aires, República de Argentina. <http://www.intermedica.com.ar> (Consultado 09 Sep. 2015).
- AFIMILK. 2015. Salud de vacas lecheras. <http://www.afimilk.com/es/needs-solutions/cows/health> (Consultado 09 Sep. 2015).
- Bargai, U. 2000. Lameness in a dairy herd: an epidemiologic model. *The Compendium of Continuing Education. Food Animal Practice.*2:58-67.
- Blowey, R. 2004. Lameness in the foot. *Bovine Medicine.* Oxford, Blackwell Science. pp 417-420.
- Cano, C. 1999. Alteraciones del aparato locomotor de los bovinos. *Memorias del XXIII Congreso Nacional de Buiatría.* Aguascalientes, Ags. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, México D.F. p.475-482.
- Clarkson, M., D. Downham, W. Faull, J. Hughes, F. Manson, J. Merrit, R. Murray, W. Russell, J. Sutherst, y W. Ward. 1996. Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. *Vet. Rec.* 138:563-567.
- Cook, N. 2003. Prevalence of lameness among dairy cattle in Wisconsin as a function of housing type and stall surface. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 223: 1324-1328.
- Chesterton, N. 2006. Lameness under grazing conditions. En: *Proceedings of the XIV International Meeting Lameness in Ruminants,* Colonia, Uruguay. p. 138-141.
- Claves, J. 2009. Organización y análisis de un sistema de registros de enfermedades del peripato en vacas lecheras: su incidencia e impacto económico sobre las empresas. <http://www.infortambo.com.ar/admin/upload/arch/Claves>
- Dewes, H. 1978. Some aspects of lameness in dairy herds. *N Z. Vet. J.* 26:147-148.
- Díaz Lira, C., N. López-Villalobos, y J. Margerison. 2011a. Incidence and factors affecting lameness in NZ dairy cattle. En: *Proceeding of a 16th Symposium and 8th Conference Lameness in Ruminants Lameness.* B 5.3, p. 49.
- Margerison, J., y C. López. 2011. Survey of individual cow records to identify factors associated with lameness in three farms in New Zealand. En: *Proceeding of a 16th Symposium and 8th Conference Lameness in Ruminants Lameness.* B 5.4, p. 50.

- Eddy, R., y C. Scott. 1980. Some observations on the incidence of lameness in dairy cattle in Somerset. *Vet. Rec.* 106:140-144.
- Escobar, C. 1993. Prevalencia de patologías podales claudicantes en vacas lecheras de alta producción en confinamiento permanente, en la comuna de San Carlos, VIII Región. Memoria de titulación, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Concepción Chile.
- Flor, E. 2006. Claudicaciones en vacas de rebaños lecheros de la Décima Región Chile: prevalencia, lesiones y factores de riesgo. Tesis Magíster, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile.
- Flor, E., y N. Tadich. 2013. Lesiones pódales en la vaca lechera. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile. Chile. http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad/pezunas/58-vaca_lechera.pdf (Consultado 10 Jun. 2015).
- Greenough, P. 2009. Laminitis y claudicaciones en bovinos: cómo encarar esta problemática. 1. ed. Inter-Medica S.A.I.C.I. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina. p. 304.
- González, A. 1993. Cojeras en vacuno lechero. *Mundo Ganadero*. Ministerio de Agricultura. España.
- Green, L.E., V.J. Hedges, Y.H. Schukken, R.W. Blowey, y A.J. Packington, 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *J. DairySci* 85: 2250–2256.
- Harris, D.J., C.D. Hibburt, G.A. Anderson, y P.J. Younis. 1988. The incidence, cost and factors associated with foot lameness in dairy cattle in south-western Victoria. *Aust Vet J*; 65:171-176.
- Hernández, J., J. Shearer, y D. Webb. 2001. Effect of lameness on the calving-to-conception interval in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 218: 1611-1614.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN).2008.El clima, su variabilidad y cambio climático en Costa Rica. San José Costa Rica.
- Jubb, T., y J. Malmo. 1991. Lesions causin glameness requiring veterinary treatment in pasture-fed dairy cows in east Gippsland. *AustralianVet.J.* 68:21-24.

- Molina, L., A. Carvalho, E. Facury, P. Ferreira, y V. Ferreira. 1999. Prevalência e classificação das afecções podais em vacas lactantes na bacia leiteira de Belo Horizonte, Brasil. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 29:905-909.
- Noordhuizen, J.P.T.M., y J. Buurman. 1984. Veterinary automated management and production control program for dairy farms (VAMPP). The application of MUMPS for data processing. *Vet. Q.* 6: 66-72.
- Offer, J., y D. McNulty. 2000. Observations of lameness, hoof conformation and development of lesions in dairy cattle over four lactations. *Vet. Rec.* 147:105-109.
- Olivieri, G., y B. Rutter. 2005. Afecciones podales en bovinos. Buenos Aires, Argentina. <http://www.produccion-animal.com.ar> (Consultado 09 Jun. 2015).
- Parker Gaddis, K.L., J.B. Cole, J.S. Clay, y C. Maltecca. 2012. Incidence validation and relationship analysis of producer-recorded health event data from on-farm computer systems in the United States. *J. Dairy Sci.* 95:5422-5435.
- Pérez, E., M.T. Baayen, E. Capella, y H. Barkema. 1989. Development of a livestock information system for Costa Rica. In: H. Kuil; R. W. Palin; and J. E. Huhn (ED). *Livestock Production and Diseases in the Tropics. Proc. IV Internl. Conf. Inst. Trop. Vet. Med. Utrecht; The Netherlands;* pp. 221-224.
- Ramos, J.M. y R. Acuña, R. 2004. Laminitis en bovinos lecheros, descripción de un brote. XXXII Jornadas Uruguayas de Buiatría. p. 186-187.
- Ramos, J.M. 2012. Factores de riesgo para la enfermedad podal en sistemas de producción de leche pastoriles y cortisol como indicador de estrés en la enfermedad podal. Tesis presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Magister en Ciencias Agrarias Opción Ciencia Animal. Universidad de la República. Uruguay.
- Rebhon, W. *Enfermedades del ganado vacuno lechero.* 1995. Zaragoza España; 1995. p. 489 – 493.
- Rothman K., S. Greenland, y T. Lash. 2008. *Modern epidemiology*, 3.ed. Williams & Wilkins, Philadelphia, 758 p.
- Rowlands, G.J. y S. Lucey. 1986. Changes in milk yield in dairy cows associated with metabolic and reproductive disease and lameness. *Prev. Vet. Med.* 4: 205–222.

- Sanders, A.H., J.K. Shearer, y A. De Vries. 2009. USA. Seasonal incidence of lameness and risk factors associated with thin soles, white line disease, ulcers and sole punctures in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 92:3165-3174,
- Tadich, N., E. Hettich, y G. van Schaik. 2005. Prevalencia de cojeras en vacas de 50 rebaños lecheros del sur de Chile. *Arch. Med. Vet.* 37: 29-36.
- Tadich, N. 2008. Claudicaciones en la vaca lechera y su relación con el bienestar animal. Instituto de Ciencias Clínicas Veterinarias, Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Austral de Chile. República de Chile. REDVET. 10:2-12 http://www.medicinaveterinaria.cl/bienestaranimal/material_informativo/index.htm (Consultado 10 Jun. 2015).
- Tranter, P., y R. Morris. 1991. A case study of lameness in three dairy herds". *N. Z. Vet. J.* 39: 88 – 96.
- Vermunt, J., y T. Parkinson. 2002. Claw lameness in dairy cattle: New Zealand based research. *N. Z. Vet. J.* 50:88-89.
- Warnick, L.D., D. Janssen, C.L. Guard, y Y.T. Gröhn. 2001. USA. The effect of lameness on milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84: 1988–1997.
- Warnick, L.D., K.D. Pelzer, A.W. Meadows, K.A. di Lorenzo, y W.D. Whittier. 1995. The relationship of clinical lameness with days in milk, lactation number, and milk production in a sample of Virginia dairy herds. *J. Dairy Sci.* 78(Suppl. 1):169-173.
- Williams, L.A., C.J. Rowlands, y A.M. Russell. 1986. Effect of wet weather on lameness in dairy cattle. *Vet Rec.* 18: 259-261.
- Zwald, N.R., K.A. Weigel, Y. M. Chang, R. D. Welper, y J. S. Clay. 2004. Genetic selection for health traits using producer-recorded data. I. incidence rates, heritability estimates, and sire breeding values. *J. Dairy Sci.* 87:4287–4294.

CAPÍTULO 2

FACTORES DE RIESGO PARA LESIONES PODALES EN GANADO LECHERO DE COSTA RICA

Marvin Jaroht Solano López

FACTORES DE RIESGO PARA LESIONES PODOALES EN GANADO LECHERO DE COSTA RICA

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de factores genéticos y ambientales sobre la ocurrencia de lesiones podales (LP) en ganado lechero de Costa Rica. Se analizó información histórica proveniente de 358 hatos, 130 844 vacas y 417 895 lactancias. Se identificaron 21 682 vacas afectadas y 29 434 lactancias con al menos un caso LP. Inicialmente, los eventos de LP fueron analizados mediante un modelo de regresión logística que consideró efectos fijos de zona, hato dentro de zona, número de parto, tipo de parto, tipo racial, año y mes de parto, estadio de la lactancia y tamaño del hato; además del efecto aleatorio de la vaca. Todos los factores, con excepción del tipo de parto, presentaron efecto altamente significativo sobre LP. Los grupos de mayor propensión a sufrir eventos de LP fueron las vacas de 4 partos (OR=1,29), de la zona bosque húmedo pre-montano (OR=1,76), de razas Holstein (OR=1,77), durante el mes de marzo (OR=1,20), en el periodo 1995 a 1999 (OR=1,73), en segundo mes de lactancia (OR=22,2) y procedentes de hatos con más de 100 vacas (OR=1,22). Diferencias de hasta 30% en probabilidad de ocurrencia de LP se detectaron entre hatos. Los eventos de LP se analizaron además con dos modelos genéticos animales: lineal (asumiendo distribución normal) y de umbral (asumiendo distribución binomial). Los estimados de heredabilidad para LP obtenidos por ambos modelos fueron bajos, con valores de $0,02 \pm 0,002$ y $0,05 \pm 0,005$ para los modelos lineal y de umbral, respectivamente; mientras que los estimados de repetibilidad fueron $0,03 \pm 0,001$ y $0,05$, respectivamente. Los valores de cría para propensión a LP oscilaron entre $-0,05$ y $0,12$ según el modelo lineal y entre $-0,50$ y $0,99$ según el modelo de umbral. Los resultados pueden ser utilizados para el desarrollo de programas preventivos que permitan reducir la incidencia de LP en los hatos lecheros.

Palabras claves: Factores de riesgo, lesiones podales, vacas lecheras, regresión logística, heredabilidad.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of genetic and environmental factors on the occurrence of foot injuries (FI) in Costa Rican dairy cattle. Historical data from 358 herds, 130 844 cows and 417 895 lactations were analyzed. A total of 21 682 affected cows and 29 434 lactations with at least one FI case were identified. Initially, FI events were analyzed using a logistic regression model that considered fixed effects of zone, herd within zone, calving number, calving status, race type, year and month of calving, lactation stage, and herd size; besides the random effect of the cow. All factors, except the calving status, had a highly significant effect on FI. The groups with the highest propensity to suffer FI events were cows in the fourth calving (OR =1.29), from the pre-montane wet forest zone (OR=1,76), Holstein breed (OR=1,77), in the period 1995 to 1999 (OR=1,73), in the second month of lactation (OR=22,2) and from herds with more than 100 cows (OR=1,22). Differences up to 30% in probability of occurrence of FI were detected between herds. FI events were also analyzed with two animal genetic models: linear (assuming normal distribution) and threshold (assuming binomial distribution). The heritability estimates for FI obtained by both models were low, with values of $0,02 \pm 0,002$ and $0,5 \pm 0,005$, for the linear and threshold models, respectively; while the repeatability estimates were $0,03 \pm 0,001$ and $0,05$, respectively. Breeding values for FI propensity ranged from -0,05 to 0,12 according to the linear model and from -0,50 to 0,99 according to the threshold model. The results can be used for the development of preventive programs to reduce the incidence of FI in dairy farms.

Key words: Risk factors, foot injuries, dairy cows, logistic regression, heritability.

INTRODUCCIÓN

Las lesiones podales (LP) afectan particularmente al ganado lechero, causando alteraciones en la locomoción de los animales en diferentes grados de dificultad. Esta situación impide el logro de un pastoreo efectivo, ya que los animales caminan y se alimentan menos, permanecen más tiempo echados y pierden peso, lo que disminuye el nivel y la calidad de su producción láctea, afectando además la eficiencia reproductiva y el manejo general del hato lechero (Gómez et al., 2010). Además causa efecto negativo sobre el bienestar animal, debido al dolor causado por estas lesiones (González, 1993).

Desde un enfoque económico, las LP de los bovinos tienen un fuerte impacto negativo sobre la rentabilidad de las empresas lecheras, tanto por la reducción en producción, como por los costos de tratamiento y descarte prematuro de animales de alto mérito genético (Rebhon, 1995; Booth et al., 2004; Amory et al., 2008).

Las LP en vacas lecheras se pueden deber a traumas, infecciones, deficiencias nutricionales o desórdenes metabólicos. La incidencia en el rebaño puede variar con la edad y la raza de las vacas, el terreno, condiciones climáticas y el manejo del hato (Harris et al., 1988; Rowlands y Lucey, 1986). Otros factores tales como la estación del año, la etapa de la lactancia y la conformación de la pezuña contribuyen a la incidencia de las LP (Vermunt, 1992; Green et al., 2002).

Por su etiología las LP son entendidas como un problema a nivel de hato, surgiendo como consecuencia de la interacción de diferentes factores de riesgo, que al alcanzar un punto crítico desencadenan la enfermedad (Shearer et al., 2005). Es importante conocer todos estos factores que influyen sobre la estructura y función de la pezuña, para identificar medidas generales que conduzcan a mejoras efectivas para reducir la incidencia de la enfermedad.

En este sentido se ha reportado que los factores genéticos pueden influir sobre la incidencia de LP. Por ejemplo se menciona que vacas de raza Holstein están más predispuestas a sufrir LP que vacas de la de raza Jersey, de igual forma todas las razas bovinas que tengan una disminución del ángulo dorsal o pezuñas muy cortas son propensas a sufrir LP (Olivieri y Rutter, 2005). Para ilustrar esto Boettcher et al. (1998) reportó valores de heredabilidad para problemas podales de 0,10 a partir de un modelo lineal y 0,22 a partir de un modelo de umbral. Por otra parte, se han reportado heredabilidades 0,07 para ángulo podal, 0,17 calidad de hueso y 0,11 para la posición de

patas posteriores (Rutter, 2009), Koenig et al. (2005), obtuvieron datos de heredabilidad de 0,07 para dermatitis digital, 0,09 para ulceración de suela, 0,10 para trastornos de pared, y 0,12 para hiperplasia interdigital y Rutter (2009) estimó heredabilidades de 0,07 para ángulo podal, 0,17 para calidad de hueso y 0,11 para la posición de patas posteriores.

En un estudio previo utilizando análisis bivariados (capítulo 1, esta tesis) se identificó asociación significativa entre eventos de LP y los factores: número de parto, zona, raza, año y mes de parto, tipo de parto, estadio de la lactancia y tamaño del hato. Por lo que el presente estudio pretende confirmar el efecto de estos factores de riesgo mediante el uso de modelos de regresión logística y estimar parámetros genéticos de heredabilidad y repetibilidad para eventos de LP dentro de la población local.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuente de información

Se utilizó la información disponible en la base de datos VAMPP (Noordhuizen y Buurman 1984; Pérez et al., 1989) del proyecto CRIPAS, abarcando el periodo entre 01/01/1985 a 29/02/2016.

Se obtuvieron los archivos de datos en formato ASCII conteniendo todas las variables concernientes al presente estudio, principalmente: variables del hato (identificación, zona agroecológica) y variables de las hembras bovinas (identificación y genealogía, tipo racial, fechas de nacimiento y partos, fechas de eventos de lesiones podales y códigos asociados al diagnóstico).

Diseño del estudio

La presente investigación utilizó un diseño de estudio observacional longitudinal histórico. Al ser un estudio observacional, para efecto de identificación de los casos se dependió de la información disponible en las base de datos. Partiendo de esta limitante, se identificaron como casos (evento=1) las LP reportados a lo largo de la vida productiva de la vaca, a partir de su primer parto.

Se incluyeron solamente los primeros eventos de lesiones podales (LP) ocurridos dentro de cada lactancia. A nivel de hato se realizó una preselección en función de la consistencia en el registro de los eventos de LP. Se seleccionaron los hatos con al menos 1 año de seguimiento en VAMPP, al menos 5 animales por año bajo monitoreo continuo en VAMPP, y con una incidencia mínima de LP de 1%.

Modelo estadístico de regresión

El análisis de los factores potencialmente asociados a la ocurrencia de LP se hizo mediante un modelo de regresión logística (Kleinbaum y Klein, 2010), utilizando el módulo para modelos lineales mixtos generalizados (GLIMMIX), implementado en el programa estadístico SAS (SAS Inst. 2009).

El modelo evaluado se describe a continuación:

$$\text{Logit}P(LP=1|X) = \beta_0 + \beta_1ZA + \beta_2HA(ZA) + \beta_3AP + \beta_4MP + \beta_5RA + \beta_6NP + \beta_7TP + \beta_8TH + \beta_9EL + an + \zeta \quad [1]$$

Dónde:

$\text{Logit}P(LP=1|X)$ = Probabilidad de ocurrencia de un evento de lesiones podales (0: No evento, 1= Evento).

β_0 = Intercepto.

ZA = Efecto ambiental fijo de Zona Agroecológica: Bh (T,MB o P), Bmh (T, M, MB o P), Bs (T, MB).

$HA(ZA)$ = Efecto ambiental fijo de hato de procedencia (1,2...n), anidado dentro de Zona.

AP = Efecto ambiental fijo de año de parto (1985, 1986,...2015).

MP = Efecto ambiental fijo del mes de parto (Enero, Febrero,... Diciembre).

RA = Efecto fijo de grupo racial (Holstein, Jersey, Pardo Suizo,..... otros).

NP = Efecto fijo del número de parto (1, 2, 3, ..n).

TP = Efecto fijo del tipo de parto (Normal o Anormal: distócico, retención de placenta, gemelar)

TH = Efecto fijo del tamaño del hato, categorizado en grupos de ≤ 20 , 21-40, 41-60, 61-80, 81-100 y >100 .

EL = Efecto fijo de la Etapa de Lactancia (periodos mensuales, desde 1 hasta ≥ 15).

an = Efecto aleatorio de la vaca.

ζ = Efecto residual aleatorio (NID, 0, 1).

Con base en el modelo anterior se obtuvieron estimados de ajuste del modelo y estimados de significancia estadística para todos los efectos fijos evaluados. Para las diferentes categorías de los efectos fijos que resultaron significativos ($P < 0,05$), se calculó el “Odds Ratio” (OR) como medida de asociación para interpretar la propensión relativa a sufrir lesiones podales. Se obtuvieron además las Probabilidades Marginales (PM) de ocurrencia del evento de LP para cada categoría y se compararon y agruparon mediante pruebas T pareadas.

Estimación de parámetros genéticos

Para el análisis genético se utilizó solamente la información de las razas Holstein, Jersey y sus cruces. Se eliminó el efecto zona pero se mantuvo el efecto fijo de hato. Además se agregaron al modelo [1] los siguientes factores aleatorios:

hs = Efecto aleatorio de la interacción de hato \times semental. Se requirió un mínimo de 3 hijas para cada semental evaluado.

pe = Efecto aleatorio del ambiente permanente ligado a mediciones repetidas de LP en una misma hembra.

Para la estimación de la heredabilidad, el efecto aleatorio de la vaca (an) se ligó a una matriz de parentesco construida a partir de la información genealógica disponible en la base de datos VAMPP. En la genealogía se incluyó hasta un máximo de 10 generaciones de ancestros. Este modelo modificado corresponde a un Modelo Animal Multirracial con Repetibilidad (Van Radden et al., 2007) y fue resuelto utilizando el programa ASREML (Gilmour et al., 2009), asumiendo dos distribuciones diferentes para el evento analizado: distribución normal (modelo Lineal) y distribución binomial (modelo de Umbral).

Los parámetros de heredabilidad (h^2) y repetibilidad (r) se obtuvieron a partir de los componentes de varianza para efectos aleatorios obtenidos del modelo anterior, utilizando las siguientes fórmulas:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_F^2}$$

$$r = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{ap}^2}{\sigma_F^2}$$

Dónde:

h^2 = Índice de heredabilidad,

r = Índice de repetibilidad,

σ_a^2 = Varianza genética aditiva,

σ_{ap}^2 = Varianza atribuida a ambiente permanente,

σ_F^2 = Varianza fenotípica.

Se obtuvieron además los estimados de valores de cría (Mejores Estimadores Lineales Insesgados / BLUP, por sus siglas en ingles) para los animales dentro de la población y sus correspondientes valores de confiabilidad, mediante la fórmula:

$$Conf_i = \sqrt{\left(1 - \frac{s_i^2}{(1 + F_i)\sigma_A^2}\right)}$$

Dónde:

$Conf_i$ = Valor de confiabilidad para el BLUP del i-ésimo individuo,

S_i = Error estándar reportado para el BLUP del i-ésimo individuo,

F_i = Coeficiente de consanguinidad del i-ésimo individuo,

σ_A^2 = Varianza genética obtenida a partir de la matriz de parentescos (A).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizados los procedimientos de edición y la aplicación de los criterios de inclusión se contó con un total de 417 895 lactancias procedentes de 130 844 vacas en 358 hatos. Se contabilizaron 21 682 vacas y 29 434 lactancias con al menos un caso de lesión podal.

El modelo de regresión logística convergió satisfactoriamente. El valor obtenido para el estadístico (Chi-Cuadrado Generalizado/ Grados de libertad) fue 1,12, esto denota un ajuste adecuado, sin existir evidencia marcada de sobre dispersión de residuales.

Los resultados del modelo indicaron que todos los factores de riesgo evaluados, excepto el tipo de parto, se asociaron de forma significativa ($P < 0,001$) con la ocurrencia de LP (Tabla 1).

Tabla 1. Valores F y P asociados a factores riesgo que inciden sobre la ocurrencia de lesiones podales en ganado lechero de Costa Rica, obtenidos del análisis de regresión logística.

<u>Factor Evaluado</u>	<u>Grados de Libertad</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor P</u>
Zona	8	6,9	<0,0001
Finca dentro de Zona	349	42,6	<0,0001
Número de Parto	6	26,4	<0,0001
Tipo racial	9	50,7	<0,0001
Tipo de Parto	1	1,43	0,232
Mes de parto	11	7,2	<0,0001
Año de parto	4	158,3	<0,0001
Estadio de la lactancia	14	1403,3	<0,0001
Tamaño del hato	5	3,7	0,0027
Vaca (aleatorio)		1,12±0,002*	

*Componente de varianza (y error estándar) reportado para el efecto aleatorio

Cabe notar que el factor tipo de parto fue significativo en los análisis bivariados realizados previamente (capítulo 1, esta tesis). Sin embargo, una desventaja de los análisis bivariados es que se ignoran otros posibles efectos que pueden interactuar con el

tipo de parto. En un modelo multivariado estas relaciones se consideran de manera más adecuada.

Seguidamente se discuten los hallazgos para cada uno de los factores que presentaron efecto significativo.

Zona agroecológica

Las zona en que se presentó mayor propensión a lesiones podales fue el bosque húmedo premontano (bh-p), mientras que la de menor propensión fue el bosque muy húmedo montano (bmh-m, Figura 1). Las probabilidades marginales (PM) de LP oscilaron entre 0,021 (bmh-m) y 0,037 (bh-p, Tabla 2). La única diferencia significativa ($P < 0,05$) fue entre la zona bh-p y todas las demás zonas, con excepción de bs-t.

En el caso de la zona (bh-p), la mayor propensión podría estar asociada a la mayor precipitación y humedad, lo cual se ha asociado con una disminución de la resistencia mecánica de la uña, favoreciendo un mayor desgaste y la posibilidad de penetración por cuerpos extraños, ya que después de lluvias abundantes aumenta el riesgo de la LP (Vermunt y Parkinson, 2002). La zona bh-p se encuentra mayormente en las regiones socioeconómicas Huetar Norte y Central, que incluyen las provincias de Alajuela, Heredia, San José y Cartago (Vargas et al., 2013).

En cuanto al OR y PM obtenidos para la zona bosque seco-tropical (bs-t) el resultado es menos confiable, ya que se observa un amplio intervalo de confianza, producto de la menor cantidad de fincas e información disponible en dicha zona, por lo que deben ser interpretados con precaución.

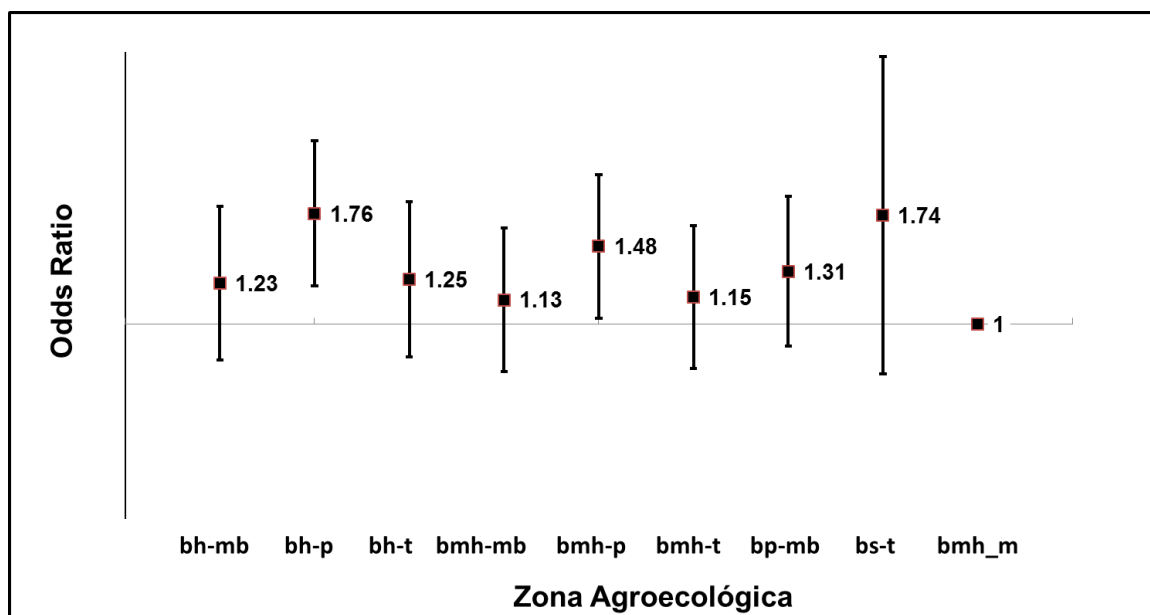


Figura1. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de lesiones podales en función de la zona agroecológica.

Tabla 2. Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para diferentes zonas agroecológicas.

Zona	Probabilidad Marginal*	Intervalo de Confianza 95%	
		Límite Inferior	Límite Superior
bh-p	0,037 a	0,033	0,042
bs-t	0,036 ab	0,018	0,073
bmh-p	0,031 b	0,028	0,035
bp-mb	0,028 b	0,024	0,032
bh-t	0,027 b	0,022	0,032
bh-mb	0,026 b	0,022	0,031
bmh-t	0,024 b	0,022	0,027
bmh-mb	0,024 b	0,021	0,027
bmh-m	0,021 b	0,015	0,030

*Probabilidades marginales con misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0,05$)

Número de parto

Con respecto al número de parto se observa que las vacas más propensas a LP fueron aquellas con 4 partos, mientras que las menos propensas fueron las de 2 y 7 partos (Figura 2). Las probabilidades marginales de LP (Tabla 3) oscilaron desde 0,024 (7 y más partos) hasta 0,031 (parto 4). La probabilidad de contraer lesiones podales aumentó de manera consistente hasta los partos 4 y 5, después tienden estabilizarse. Las tendencias en los OR y PM mostraron patrones concordantes, con una marcada mayor propensión para vacas con 4 partos y menor para vacas de 2 y 7 partos, mientras que los demás partos no difieren significativamente entre sí.

Los resultados concuerdan de forma parcial con lo descrito por Solano et al. (2015), quienes refieren que la cojera aumentó conforme la parición. La prevalencia más baja de cojera (14 y 18%) se produjo en vacas de primer y segundo parto, respectivamente, mientras que las vacas con cuatro o más partos tuvieron una prevalencia de 32%. En dicho estudio la prevalencia más alta (38%) fue para las vacas con 7 o más partos. Según Espejo et al. (2006) y Sarjokari et al. (2013), las vacas más viejas, son más grandes, están predispuestas a la recaída con ciertas lesiones en los pies porque han estado expuestas por mayores intervalos de tiempo en comparación con las vacas más jóvenes. Se sugiere además que a mayor número de partos, existe una disminución en el grosor de la zona amortiguadora, lo que causa lesiones en los pies tales como úlceras de la suela y enfermedad de la línea blanca (González, 1993; Espejo et al., 2006; Bicalho et al., 2009).

En el presente estudio las vacas más viejas (7 o más partos) no presentaron la mayor incidencia de cojera. Esto puede deberse a un sesgo de selección (Tu y Greenwood, 2012), es decir las vacas que tienden a ser más afectadas y reincidentes en la enfermedad por lo general son descartadas antes de llegar a partos avanzados, mientras que las vacas menos afectadas tienden a permanecer más tiempo en el hato.

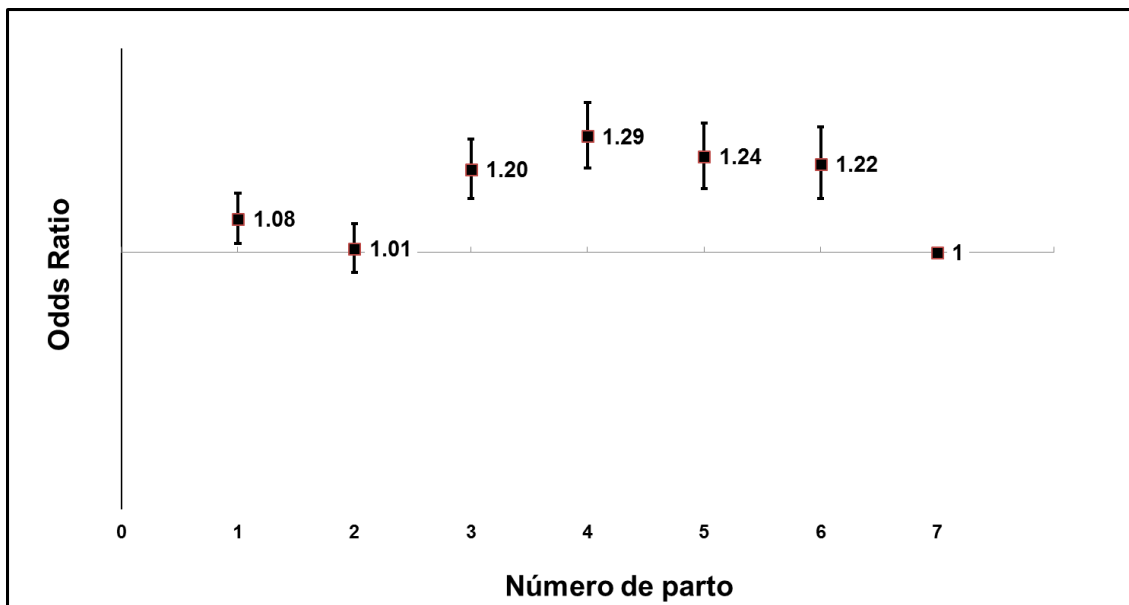


Figura 2. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de lesiones podales en función del número de parto.

Tabla 3. Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para el número de parto.

Numero de parto	Probabilidad Marginal*		Intervalo de Confianza 95%	
			Límite Inferior	Límite Superior
4	0,031	a	0,028	0,035
5	0,030	ab	0,027	0,034
6	0,030	ab	0,026	0,033
3	0,029	b	0,026	0,033
1	0,026	c	0,024	0,029
2	0,025	d	0,022	0,028
7	0,024	d	0,022	0,027

*Probabilidades marginales con misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0,05$)

Tipo racial

En cuanto al factor racial, el grupo más propenso a sufrir LP fue la raza Holstein (OR: 1,77), mientras que el grupo menos propenso fue el conformado por los cruces de *Bos taurus* × *Bos indicus* (Figura 3). Entre las 2 razas lecheras más comunes en Costa Rica, se observa que la Holstein presenta una mayor propensión que la Jersey. Las probabilidades de LP (Tabla 4) oscilaron entre 0,022 (LE×BI) y 0,038 (Holstein). Las tendencias en los OR y PM mostraron patrones concordantes, con una marcada mayor propensión para la raza Holstein y menor para *Bos taurus* × *Bos indicus*.

Un resultado interesante fue que la PM del grupo Holstein×Jersey es igual al de Jersey, lo que sugiere que existe un efecto marcado de heterosis para este rasgo, es decir la propensión a LP del cruce es menor que el promedio de las razas paternas. El porcentaje de heterosis basado en estas PM es de 20,6% $[(0,025-0,315)/0,315]$. En el caso del cruce Holstein×Pardo Suizo el efecto también es favorable, pero mucho menos marcado, con un estimado de heterosis de 3%.

Los resultados concuerdan con lo expuesto por Ranjbar et al. (2016), quienes reportaron que las probabilidades de aparición de cojeras en hatos con predominancia de raza Holstein (OR: 1) tendieron a ser mayores que hatos con razas combinadas (OR: 0,77). En otros estudios las vacas Jersey y ganado cruzado tenían un menor riesgo de cojera en comparación con las vacas Holstein (Alban, 1995; Baranski et al, 2008; Barker et al., 2010).

Pinsent (1981) menciona que las pezuñas del ganado lechero Holstein-Friesian están más predispuestas a daños con respecto a las pezuñas más pequeñas, duras y compactas de la raza Jersey. En rodeos lecheros neozelandeses la alta incidencia de LP se vinculó a una menor pigmentación de pezuña, lo cual es más común en ganado Holstein-Friesian que en Jersey (Chesterton et al., 1989). Otro factor que puede influir es el mayor tamaño y peso de las vacas Holstein. Se menciona que por cada 100 kg de incremento en el peso vivo se aumentan 1,9 veces los cuadros clínicos de LP (Well, 1993).

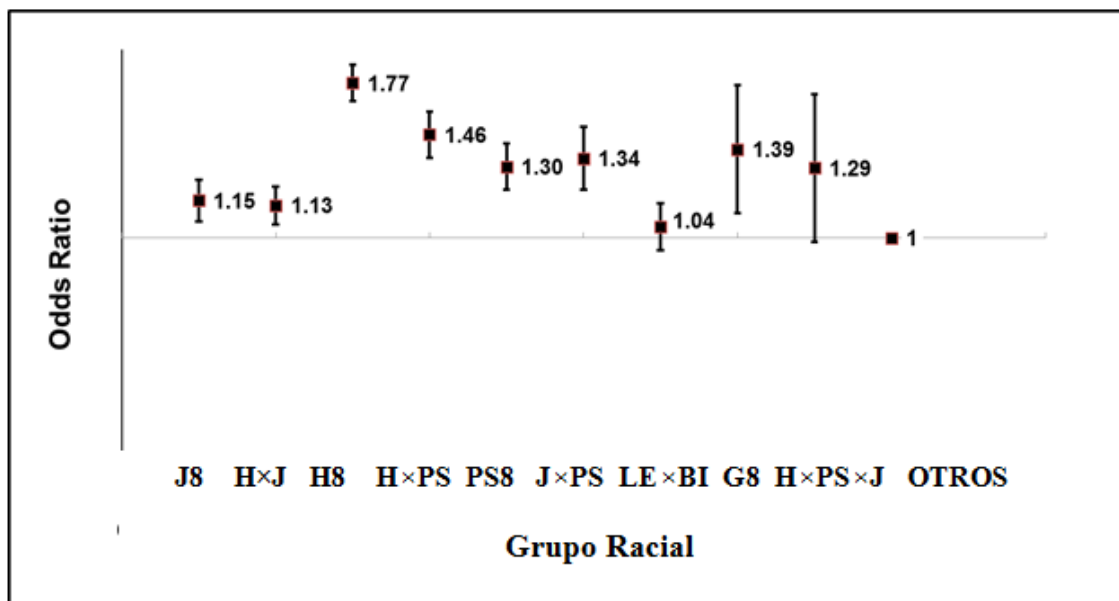


Figura 3. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de lesiones podales en función de la raza.

Tabla 3. Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para diferentes razas.

<u>Grupo racial</u>	<u>Probabilidad</u>		<u>Intervalo de Confianza 95%</u>	
	<u>Marginal*</u>		<u>Límite Inferior</u>	<u>Límite Superior</u>
Holstein	0,038	a	0,035	0,042
Holstein×Pardo Suizo	0,032	b	0,028	0,036
Guernsey	0,030	bc	0,024	0,039
Jersey×PardoSuizo	0,029	bc	0,025	0,034
Pardo Suizo	0,028	bc	0,025	0,032
Holstein×PardoSuizo×Jersey	0,028	bcd	0,021	0,038
Jersey	0,025	cd	0,023	0,028
Holstein×Jersey	0,025	cd	0,022	0,028
<i>Bos taurus</i> × <i>Bos indicus</i>	0,023	d	0,020	0,026
Otros grupos	0,022	d	0,020	0,025

*Probabilidades marginales con misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0,05$)

Mes de parto

En cuanto a los meses de parto (Figura 4), se observó que las vacas que paren en los meses de abril, mayo y junio están más propensas a presentar LP, mientras que las que paren en octubre y noviembre son menos propensas. Las probabilidades marginales de LP oscilaron entre 0,025 (Noviembre y Diciembre) y 0,030 (Abril, Junio y Agosto). Las tendencias en los OR y PM mostraron patrones concordantes, conformándose 4 grupos de medias homogéneas con diferencias significativas solamente entre las PM de los extremos.

La razón por la cual los animales que parieron en los meses de marzo, abril, mayo y junio fueron más propensos a LP podría estar asociada al incremento en el patrón de lluvias a la entrada de la época lluviosa. Esto se relaciona con lo planteado por Greenough (2009) quien expone que la excesiva humedad del suelo provoca un desgaste más rápido y deja predispuesta la pezuña al daño mecánico. Esta tendencia ha sido reportada también en otros estudios (Eddy y Scott, 1980; Jubb y Malmo, 1991).

Cabe aclarar que las vacas paridas en octubre tendrán su pico de producción para el mes de diciembre aproximadamente, momento en el cual el patrón de lluvias es menor en la mayor parte del país.

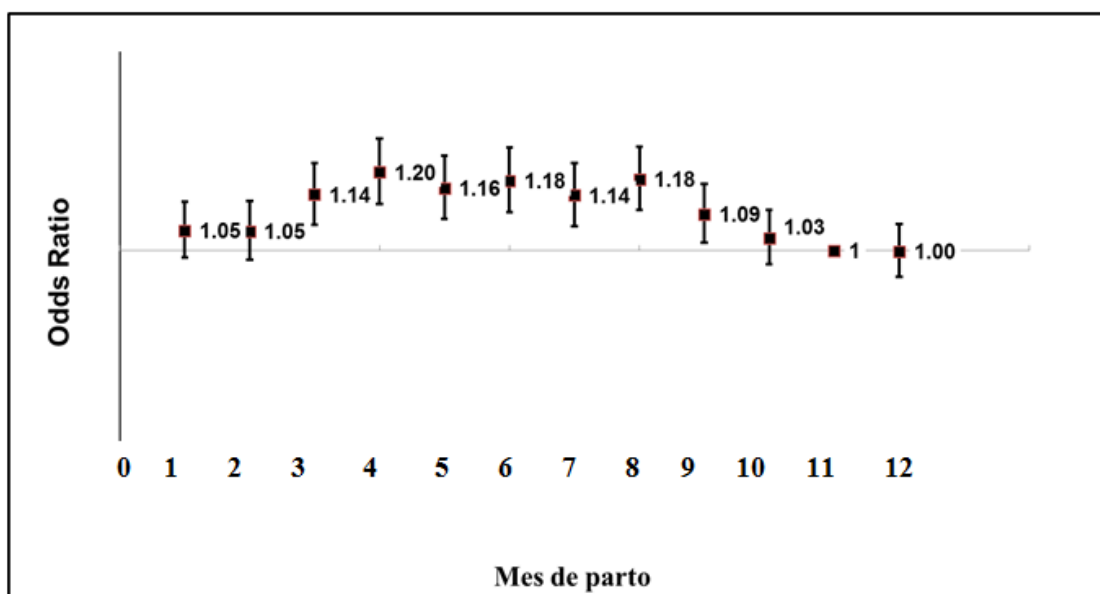


Figura 4. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de lesiones podales en función del mes de parto.

Tabla 4. Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para el mes de parto.

<u>Mes de parto</u>	<u>Probabilidad Marginal*</u>	<u>Intervalo de Confianza 95%</u>		
		<u>Límite Inferior</u>	<u>Límite Superior</u>	
Abril	0,030	a	0,027	0,034
Agosto	0,030	ab	0,027	0,033
Junio	0,030	ab	0,026	0,033
Mayo	0,029	ab	0,026	0,033
Marzo	0,029	ab	0,026	0,032
Julio	0,029	abc	0,026	0,032
Septiembre	0,028	bc	0,025	0,031
Enero	0,027	cd	0,024	0,030
Febrero	0,027	cd	0,024	0,030
Octubre	0,026	cd	0,023	0,029
Noviembre	0,025	d	0,023	0,029
Diciembre	0,025	d	0,023	0,028

*Probabilidades marginales con misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0,05$)

Año de parto

En cuanto al año de parto (Figura 5), la mayor propensión a LP se observó en las vacas que parieron entre los años de 1995 a 1999 y la menor en vacas paridas ≥ 2010 . A partir del 2000 la tendencia es decreciente observándose una reducción marcada en el periodo más reciente. Las tendencias en PM (Tabla 6) mostraron un patrón similar, con una marcada mayor propensión para vacas con partos de 1995-1999 y menor para vacas que paren ≥ 2010 . Las probabilidades marginales de LP oscilaron entre 0,020 (≥ 2010) y 0,034 (1995-1999) con diferencias significativas ($P < 0,05$) entre todas las medias.

Estas variaciones en el tiempo pueden estar ligadas a varios factores, tanto climáticos como de manejo. En primer lugar debe considerarse que la población de hatos no fue uniforme a lo largo del periodo analizado, sino que fue en aumento con el paso del tiempo. Los factores climáticos también pueden sufrir cambios notables entre distintos años o periodos. Es importante mencionar que en el periodo (1995-1999) ocurrieron afectaciones causadas por fenómenos climáticos relacionados con alta pluviosidad, lo que indica que la humedad presente en estos periodos pudo ser un factor predisponente para las altas incidencias de LP (IMN, 2008).

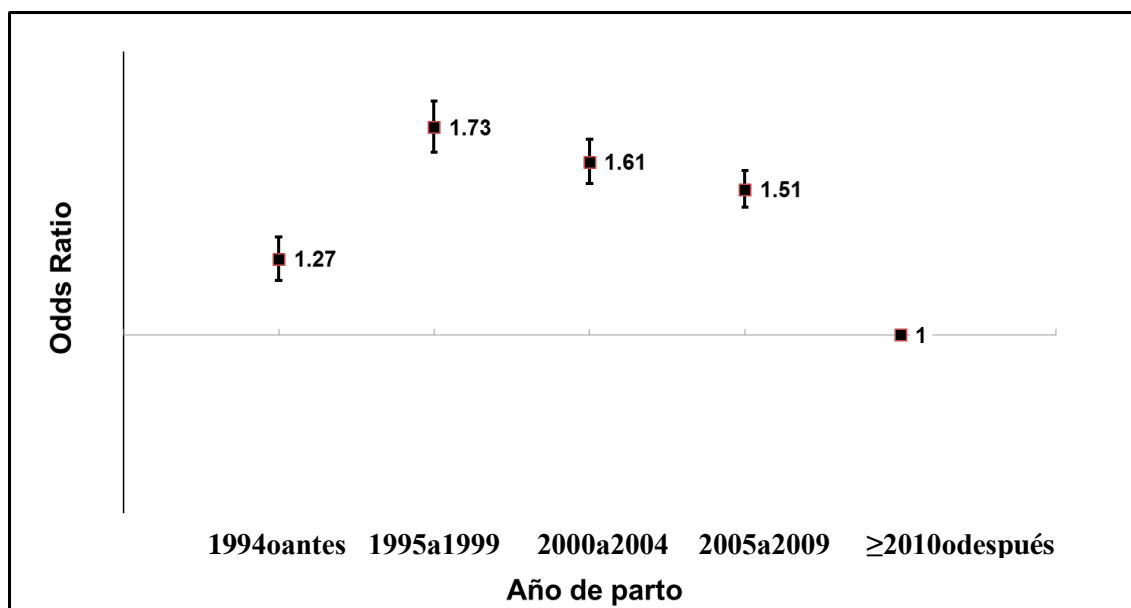


Figura 5. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de lesiones podales en función del año de parto.

Tabla 5. Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para el año de parto.

Año de parto	Probabilidad		Intervalo de Confianza 95%	
	Marginal*		Límite Inferior	Límite Superior
1995a1999	0,034	a	0,031	0,038
2000a2004	0,032	b	0,029	0,036
2005a2009	0,030	c	0,027	0,034
≤ 1994	0,025	d	0,023	0,028
≥2010	0,020	e	0,018	0,022

*Probabilidades marginales con misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0,05$)

Etapas de lactancia

En términos de periodo de la lactancia la propensión a primeros eventos de LP fue acentuadamente mayor en el segundo mes posparto (Figura 6). La reducción en la propensión es consistente conforme aumentan los días posparto, mientras que tiende a estabilizarse después del día 300. A partir de esta etapa una gran parte de las vacas están secas y en la mayoría de los casos reducen marcadamente su desplazamiento dentro de la finca, por lo que están menos propensas a sufrir LP por trauma.

Las probabilidades marginales de LP (Tabla 8) oscilaron entre 0,006 (mes quince) y 0,123 (segundo mes posparto). Las tendencias en los OR y PM mostraron patrones concordantes, con una marcada mayor propensión para vacas con dos meses post parto y menor para vacas en el mes 13 post parto. Las diferencias entre los distintos meses fueron significativas ($P < 0,05$) en su mayoría, hasta el mes 10, a partir del cual es prácticamente de 0.

Los resultados concuerdan con lo reportado por García y Hahn (2009) quienes encontraron que las LP ocurren, en promedio, a los 72,6 días post parto. De igual forma, en Nueva Zelanda la mayor ocurrencia de LP se dio antes de los 110 días posparto (Margerison y López, 2011).

Generalmente, en este periodo la vaca alcanza su pico de producción, por lo que se requiere de un periodo adecuado de adaptación al alto consumo de concentrado. De lo contrario puede darse un consumo excesivo de carbohidratos solubles y proteína, así como una inadecuada relación fibra/concentrado (Ramos, 2006). El desbalance anterior pueden provocar la aparición de acidosis ruminal o láctica, con aumento de la carga metabólica, alteración de la microcirculación sanguínea a nivel del corion de la pezuña y afectación de las células queratogénicas, lo que a su vez puede originar tejido córneo de mala calidad y una mayor predisposición del animal a sufrir una LP (Vermunt, 1992). Así mismo se menciona que los cambios del puerperio y el inicio de la actividad ovárica en las vacas conllevan a una mayor interacción con el resto del hato, así como a mayor estrés (cambios de comportamiento y suspensión del apetito). En esta etapa las vacas se montan entre sí, lo que puede ser un factor que determine la aparición de LP ya que los pisos e instalaciones pueden no ser los más adecuados y el animal sufre desgastes en la pezuña que pueden conllevar a la aparición de LP (Cedillo, 2011; Greenough, 2009).

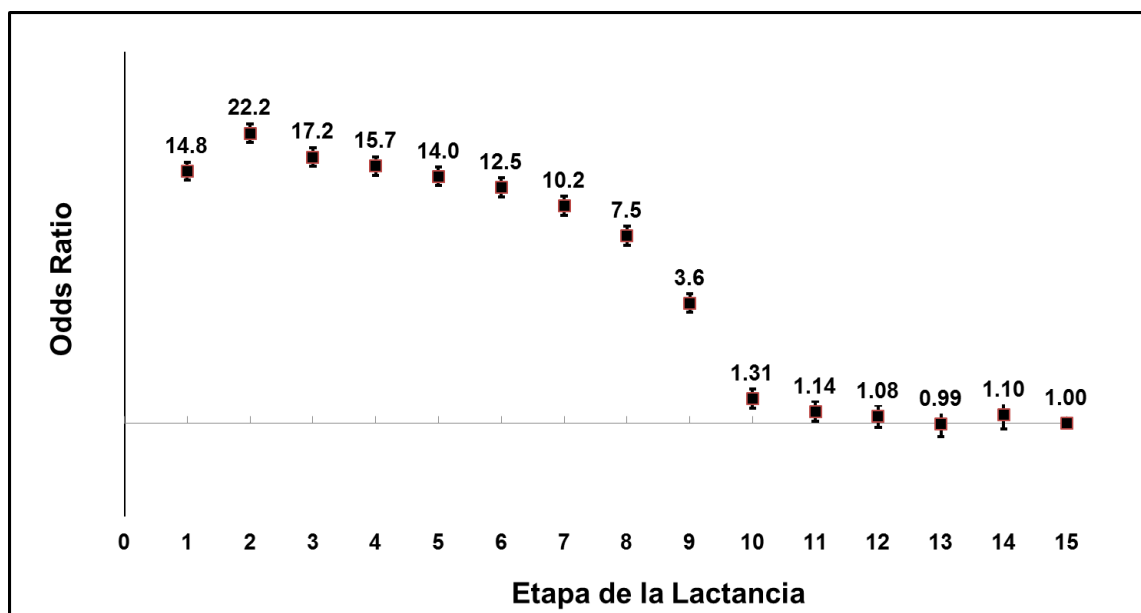


Figura 6. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de Lesiones Podales en función del estadio de la lactancia.

Tabla 6. Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para el estadio de la lactancia

<u>Estadio de la lactancia</u>	<u>Probabilidad Marginal*</u>		<u>Intervalo de Confianza 95%</u>	
			<u>Límite Inferior</u>	<u>Límite Superior</u>
2	0,123	a	0,112	0,136
3	0,098	b	0,088	0,109
4	0,090	c	0,081	0,100
1	0,085	c	0,077	0,095
5	0,081	d	0,073	0,090
6	0,073	e	0,065	0,081
7	0,061	f	0,054	0,068
8	0,045	g	0,040	0,050
9	0,022	h	0,020	0,025
10	0,008	i	0,007	0,009
11	0,007	j	0,006	0,008
14	0,007	j	0,006	0,008
12	0,007	j	0,006	0,008
15	0,006	j	0,005	0,007
13	0,006	j	0,005	0,007

*Probabilidades marginales con misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0,05$)

Tamaño del hato

En cuanto al tamaño del hato la propensión de eventos de LP tendió a ser mayor en hatos más grandes (>60 vacas), mientras que el grupo menos propenso fue el conformado por hatos de 21-40 vacas (Figura 7). Las probabilidades marginales de LP oscilaron entre 0,025 (hatos de 21-40) y 0,031 (hatos de ≥ 100) (Tabla 9), con diferencias significativas solamente entre las PM extremas.

Los resultados concuerdan con lo planteado por Rebhon (1995) donde expresa que los hatos lecheros grandes tienen más problemas podales que los medianos y/o pequeños. Solano et al. (2015), reportaron prevalencias de cojera de 24 y 19%, en hatos con ≤ 100 y > 100 vacas, respectivamente ($P < 0,001$). Greenough (2009), expone que el mayor aumento de la incidencia de LP ocurre en rodeos lecheros de alta producción con manejo intensivo y que los problemas fueron el resultado de un mayor confinamiento y de un aumento del tamaño del hato. Es posible que la mayor densidad poblacional en hatos intensivos promueva una mayor interacción entre las vacas y una menor disponibilidad de espacio para el descanso, principalmente en ambientes estabulados, lo que a su vez dificulta la detección y manejo adecuado de la LP en su etapa temprana.

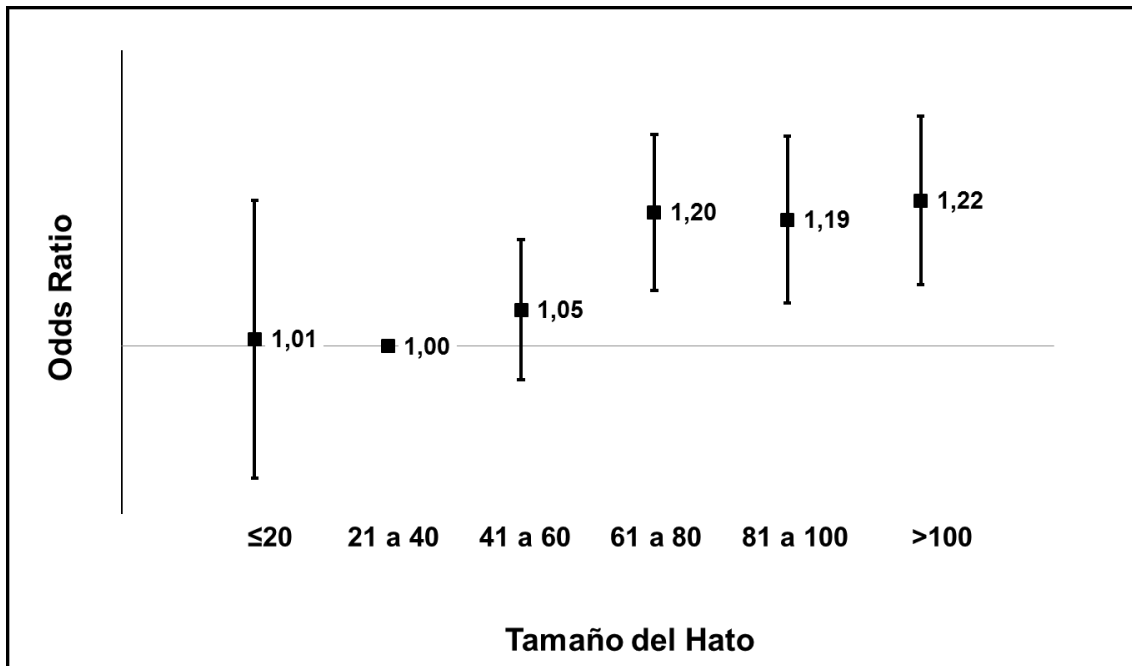


Figura 7. Odds Ratio (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de lesiones podales en función del tamaño del hato.

Tabla 7. Probabilidades marginales de ocurrencia de lesiones podales (con intervalos de confianza 95%) para el tamaño del hato.

Tamaño de Hato	Probabilidad Marginal*		Intervalo de Confianza 95%	
			Límite Inferior	Límite Superior
>100	0,031	a	0,027	0,035
61-80	0,030	a	0,027	0,034
81-100	0,030	a	0,026	0,034
41-60	0,026	ab	0,023	0,030
≤20	0,025	ab	0,021	0,031
21-40	0,025	b	0,022	0,029

*Probabilidades marginales con misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0,05$)

Hato dentro de zona

En la Figura 8 se muestran la PM de ocurrencia de eventos de LP para todos los hatos dentro de cada zona agroecológica. Es importante señalar que las zonas de bosque muy húmedo montano bajo, bosque muy húmedo premontano y bosque húmedo tropical son las zonas en donde se concentran el mayor número de hatos, mientras que en las demás el número es reducido. Es importante notar además las marcadas diferencias existentes entre hatos, tanto de distintas zonas como de la misma zona agroecológica, lo que sugiere que este factor es probablemente el que mayor impacto ejerce sobre la incidencia de LP. Se observan hatos con probabilidades mayores a 0,30, esto denota una muy alta afectación, aunque la gran mayoría presentan PM menores del 5%. Estas diferencias pueden estar ligadas a factores como el manejo, la infraestructura o el microambiente de cada hato.

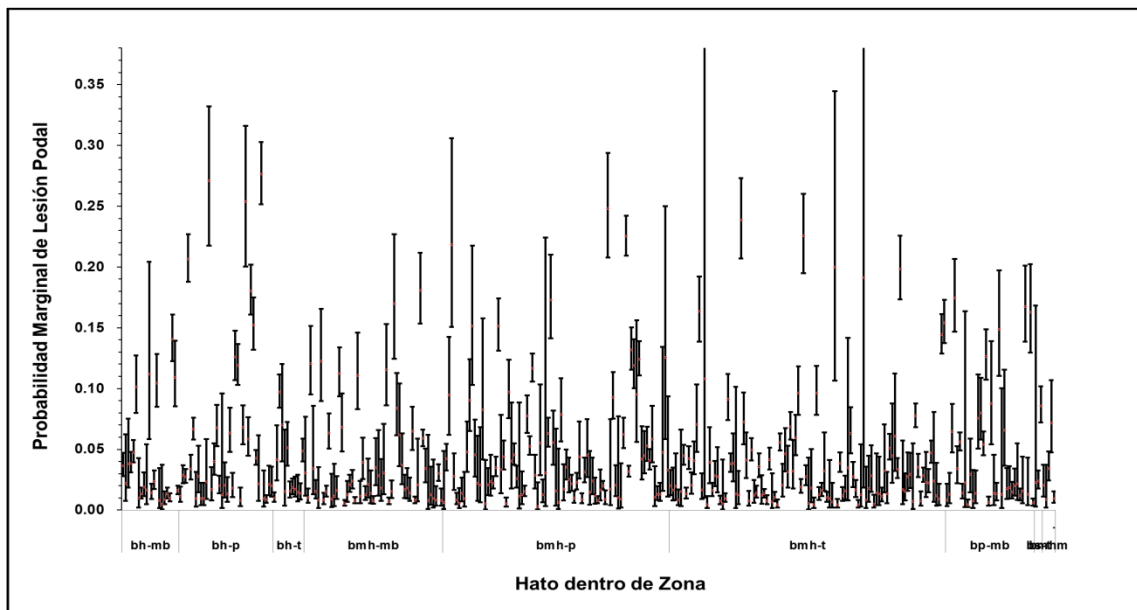


Figura 8. Probabilidades marginales (con intervalos de confianza 95%) para la ocurrencia de lesiones podales en función de la finca dentro de la zona agroecológica.

La alta variabilidad entre hatos sugiere el impacto marcado que tienen las prácticas de manejo; así como las circunstancias específicas de cada sistema de producción sobre la incidencia de LP. En países donde se realiza pastoreo durante todo el año, las LP en vacas de lechería están muy asociadas a la distancia, la calidad y el diseño de los caminos (Leonard et al., 1994), factores que son particulares de cada hato. En hatos con confinamiento parcial o total de las vacas por largos períodos de tiempo también

aumenta la presentación de LP (Greenough, 2009). La frecuencia del recorte de pezuñas y la forma de conducir los animales hasta el ordeño son también ejemplos de factores específicos de cada hato. En el presente estudio, existen además diferencias marcadas en el nivel de registro del evento entre distintos hatos, lo cual sin duda también influye en estos resultados.

Estimación de parámetros genéticos

Para el análisis genético se contó con un total de 320 923 partos de 98 215 vacas de razas Holstein, Jersey y Holstein×Jersey procedentes de 357 hatos. La incidencia de LP en este conjunto de datos fue de 6,33%. El archivo genealógico incluyó un total de 110 495 individuos que abarcaron un máximo de 10 generaciones. Se identificaron un total de 24 334 animales consanguíneos con un promedio de 2,1% (DE 2,9) de consanguinidad.

En la tabla 10 se resumen los componentes de varianza obtenidos a partir de la solución del modelo genético, tanto lineal como de umbral, y los estimados de heredabilidad y repetibilidad para propensión a LP derivados a partir de estos componentes.

Tabla 8. Componentes de varianza para efectos aleatorios y parámetros genéticos derivados según el modelo animal Lineal (distribución normal) y de Umbral (distribución Binomial).

<u>Componente de Varianza</u>	<u>Lineal</u> (Distribución Normal)	<u>Umbral</u> (Distribución Binomial)
Animal(<i>an</i>)	0,0011	0,1902
Ambiente Permanente(<i>pe</i>)	0,0005	0,0000*
Hato×semental(<i>his</i>)	0,0022	0,5525
Residual	0,0475	3,2899
Fenotípica (<i>vf</i>)	0,0513	4,0326
Heredabilidad(<i>an/vf</i>)	0,02±0,0020	0,05±0,005
Repetibilidad[<i>(an+pe)/vf</i>]	0,03±0,0016	0,05

*El componente de ambiente permanente fue fijado a un valor límite de 0 por el algoritmo PQL utilizado por ASREML para resolución de modelos con distribución binomial

El modelo lineal convergió de manera adecuada y resultó en estimados congruentes para todos los componentes, mientras que el modelo de umbral presentó problemas para la estimación del componente de ambiente permanente (pe), el cual es fijado por el algoritmo PQL a un valor límite de 0, incongruente con las expectativas.

En relación a los problemas de estimación, se ha mencionado que la técnica PQL puede generar sesgos de estimación para algunos tipos de modelos mixtos lineales generalizados (Gilmour et al. 2009; Jang y Lim 2009). Para datos agrupados de manera binaria con grupos pequeños en tamaño, los sesgos de estimación pueden sobrepasar el 50% (Breslow y Lin, 1995; Goldstein y Rasbash, 1996; Rodriguez y Goldman, 2001; Waddington et al. 1994).

Los estimados de heredabilidad y repetibilidad están por debajo de los reportados por otros estudios. Boettcher et al. (1998), reportó valores de heredabilidad para problemas podales de 0,10 y 0,22 usando un modelo lineal y de umbral respectivamente, así mismo Weber et al. (2013) reportaron heredabilidad para cojeras de 0,15 y 0,22, a partir de la utilización de un modelo lineal y de umbral respectivamente.

Koenig et al. (2005), obtuvieron datos de heredabilidad para diferentes afecciones podales, encontrando valores de 0,07 para dermatitis digital, 0,09 para ulceración única, 0,10 para trastornos de pared, y 0,12 para hiperplasia interdigital. Rutter (2009), estimó heredabilidades para características fenotípicas relacionadas con las LP, encontrando valores de 0,07 para ángulo podal, 0,17 para calidad de hueso y 0,11 para la posición de patas posteriores.

Una de las razones para la baja magnitud de los parámetros genéticos obtenidos en el presente estudio puede ser la gran heterogeneidad de condiciones ambientales presentes a nivel local, lo que reduce la proporción de varianza genética aditiva en relación a la varianza fenotípica. En otros estudios realizados a nivel local con rasgos productivos y reproductivos (Vargas y Gamboa, 2008; Mora et al., 2015; Saborío et al., 2015), los estimados de heredabilidad también tienden a ser menores a los reportados para poblaciones con sistemas lecheras más intensivos.

Valores de cría y confiabilidad

La Tabla 11 muestra los promedios de valores de cría y confiabilidad para propensión a LP obtenidos a partir de los modelos genéticos evaluados. Como se observa, a pesar de que el estimado de h^2 fue bajo, existe un rango bastante amplio de variación en

los valores de cría, desde un mínimo de -0,05 hasta un máximo de +0,12, en el caso del modelo lineal, es decir diferencias genéticas en propensión a LP de hasta 0,17.

Por otra parte, las confiabilidades obtenidas son relativamente bajas, debido a que existe poca información para el rasgo en cuestión. La confiabilidad varió principalmente en función del número de registros de LP y el número de partos disponibles por vaca.

Los valores de cría para el modelo lineal fueron superiores para la raza Holstein (0,007), lo que nos indica que es la raza con mayor propensión genética a sufrir LP mientras que los cruces de Holstein × Jersey fueron los menos propensos a sufrir el evento (0,003).

Los resultados del modelo umbral fueron similares, siendo la raza Holstein (0,10) la más propensa a LP y el cruce Holstein×Jersey (0,03) la menos propensa genéticamente a sufrir el evento. Es importante mencionar que la raza Holstein fue la raza predominante en los hatos analizados.

Tabla 9. Promedio (X), Mínimos (Min) y Máximos (Max) de valores de cría y confiabilidad para propensión a lesiones podales para vacas con al menos un parto, en la población total y por grupo racial, según los modelos lineal y de umbral.

Estimado	n	Modelo Lineal (distribución Normal)			Modelo de Umbral (distribución Binomial)		
		<u>X</u>	<u>Mín</u>	<u>Máx</u>	<u>X</u>	<u>Mín</u>	<u>Máx</u>
General	98215						
Valor de cría		0,005	-0,05	0,12	0,07	-0,50	0,99
Confiabilidad		0,346	0,13	0,69	0,24	0,01	0,65
Jersey	26994						
Valor de cría		0,003	-0,05	0,12	0,06	-0,49	0,90
Confiabilidad		0,365	0,14	0,69	0,25	0,007	0,65
Holstein×Jersey	22360						
Valor de cría		0,002	-0,04	0,10	0,03	-0,367	0,84
Confiabilidad		0,301	0,13	0,59	0,19	0,007	0,53
Holstein	48861						
Valor de cría		0,007	-0,05	0,11	0,10	-0,446	1,00
Confiabilidad		0,356	0,13	0,62	0,26	0,007	0,60

En la Figura 9 se observa la distribución de los valores de cría para LP obtenidos a partir de los modelos comparados. La correlación entre estimados de ambas distribuciones fue alta ($r=0,93$; $P<0,01$) lo que indica que ambos métodos producen resultados consistentes y similares, así mismo se ratifica una importante variabilidad genética para las LP dentro de la población analizada.

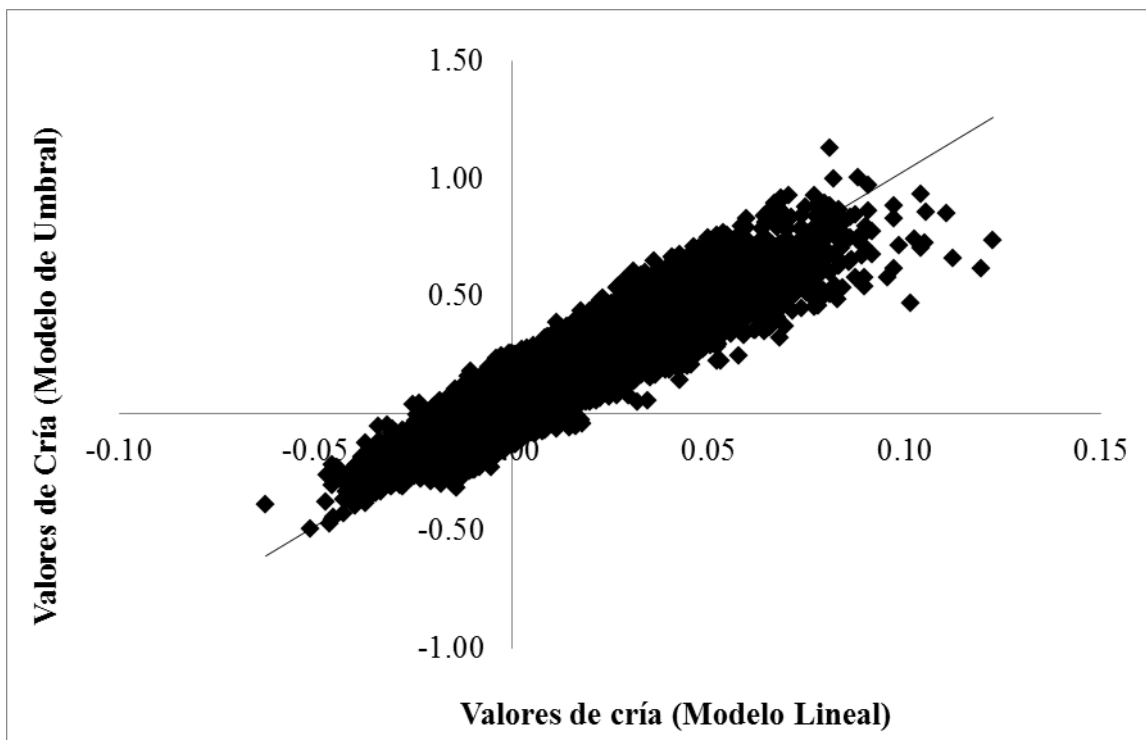


Figura 10. Diagrama de dispersión de valores de cría para propensión a lesiones podales estimados a partir de un modelo Lineal con distribución Normal vs. Un modelo de Umbral con distribución Binomial, con línea de ajuste por regresión lineal.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio demuestran la importancia de factores ligados a la vaca y su entorno en la frecuencia de eventos de lesiones podales (LP) dentro de los hatos lecheros de Costa Rica.

El número de parto, la zona, la raza, el mes de parto, el año de parto, el estadio de la lactancia y el tamaño del hato en producción fueron identificados como factores de riesgo para la aparición de LP. La variación entre hatos y entre individuos (vacas) también fue significativa.

Los grupos más propensos a sufrir eventos de LP lo constituyeron las vacas con 3 hasta 6 partos, de la zona bosque húmedo pre-montano, de razas Holstein o Holstein×Pardo Suizo, durante los meses de marzo a julio, en el periodo 1995 a 1999, en estadios iniciales de la lactancia y procedentes de hatos de mayor tamaño.

Los parámetros de heredabilidad y repetibilidad para LP en los hatos lecheros de Costa Rica, presentan valores relativamente bajos. Esto significa que los factores ambientales deben ser prioritarios en la prevención de estas enfermedades. Sin embargo, debido a la alta incidencia e impacto económico que tienen las LP es necesario considerar también el componente genético. Los valores de cría obtenidos mostraron variabilidad genética considerable para propensión a LP en ganado lechero, lo que puede ser explotado mediante el descarte de los animales más propensos.

El modelo a utilizar y la distribución asumida de los datos en la determinación de los parámetros genéticos de heredabilidad y repetibilidad influyen sobre la magnitud de dichos parámetros. Por lo tanto la interpretación de estos resultados debe realizarse con conocimiento del modelo genético y la distribución utilizada.

El modelo lineal basado en la distribución normal produjo estimados de componentes de varianza más estables, mientras que el modelo de umbral resultó en un estimado de cero para el componente de ambiente permanente, lo cual no parece ser razonable en vista del rasgo que se analiza. Una posible causa asociada a este problema radica en algunas limitaciones del algoritmo (PQL) utilizado para estimar dichos componentes.

LITERATURA CITADA

- Alban, L. 1995. Lameness in Danish dairy cows: Frequency and possible risk factors. *Prev. Vet. Med.* 22: 213–225.
- Amory, J., Z. Barker, J. Wright, S. Mason, R. Blowey, y L. Green. 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: 381–391.
- Baranski, W., T. Janowski, y S. Zdunczyk. 2008. Incidence of reproduction disorders, clinical mastitis and lameness in cross-breed HF x BW cows and Jersey cows maintained in the same conditions. *Med. Weter.* 64: 1201–1204.
- Barker, Z., K. Leach, H. Whay, N. Bell, y D. Main. 2010. Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *J. Dairy Sci.* 93: 932–941
- Bergsten, C. 2003. Causes, Risk Factors, and Prevention of Laminitis and Related Claw Lesions. *Acta Vet.* 98: 157–166.
- Bicalho, R., V. Machad, y L. Caixeta. 2009. Licking in dairy cattle: Is it a debilitating disease or debilitated cattle disease? A cross-sectional study of the prevalence of lameness and the thickness of the digital pad. *J. Dairy Sci.* 92 :175–184
- Boettcher, P., J. Dekkers, L. Warnick., y S. Wells. 1998. Genetic analysis of clinical lameness in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81:1148–1156.
- Booth, C., L. Warnick, T. Gröhn, D. Maizon, C. Guard, y D. Janssen. 2004. Effect of lameness on culling in dairy cows. *J Dairy Sci.* 87:4115–4122.
- Breslow, N., y X. Lin. 1995. Bias correction in generalized linear mixed models with a single component of dispersion. *Biometrika.* 82:81–91.
- Cedillo, G. 2011. Laminitis bovina. Tesis médico veterinario zootecnista. Universidad de Cuenca. Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3048/1/mv165.pdf> (Consultado 10 Jun. 2015).
- Chesterton, R., D. Pfiffer, R. Morris, y C. Tanner. 1989. Environmental and behavioural factors affecting the prevalence of foot lameness in New Zealand dairy herds – a case control study. *New Zealand. Vet. J.* 37:135–142.

- Eddy, R., y C. Scott. 1980. Some observations on the incidence of lameness in dairy cattle in Somerset. *Vet. Rec.* 106:140-144.
- Espejo, L., M. Endres, y A. Salfer. 2006. Prevalence of lameness in high-yielding Holstein cows housed in freestall stables in Minnesota. *J. Dairy Sci.* 89:52-58.
- García, D., y M. Hahn. 2009. Lesiones Podales. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela.
- Gilmour, A., R. Gogel, B. Cullis, y R. Thompson. 2009. ASReml User Guide. Release 3.0 VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK.
- Goldstein, H., y J. Rasbash. 1996. Improved approximations for multilevel models with binary response. *JR Stat Soc.* 159:505-513.
- Gómez, C., R. Berisso, y O. Confalonieri. 2010. Patologías en rodeos lecheros, Tesis para optar el grado de Médico Veterinario. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- González, A. 1993. Cojeras en vacuno lechero. *Mundo Ganadero*. Ministerio de Agricultura. España.
- Green, L., V. Hedges, Y. Schukken, R. Blowey, y A. Packington, 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85: 2250–2256.
- Greenough, P. 2009. Laminitis y claudicaciones en bovinos: cómo encarar esta problemática. 1. ed. Inter-Medica S.A.I.C.I. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina. p. 304.
- Harris, D.J., C.D. Hibbert, G.A. Anderson, y P.J. Younis. 1988. The incidence, cost and factors associated with foot lameness in dairy cattle in south-western Victoria. *Aust. Vet. J.* 65:171-176.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). El clima, su variabilidad y cambio climático en Costa Rica. 2008. San José Costa Rica.
- Jang, W., y J. Lim. 2009. A numerical study of PQL estimation biases in generalized linear mixed models under heterogeneity of random effects. *Commun Stat B-Simul.* 38: 692-702.
- Jubb, T., y J. Malmo. 1991. Lesions causing lameness requiring veterinary treatment in pasture-fed dairy cows in east Gippsland. *Australian Vet. J.* 68:21-24.

- Kleinbaum, D., y M. Klein. 2010. Logistic regression a self-learning text. Statistics for biology and health. 3. ed. Springer, New York, USA. 709 p.
- Koenig, S., A. Sharifi, H. Wentrot, D. Landmann, M. Eise, y H. Simianer. 2005. Genetic parameters of claw and foot disorders estimated with logistic models. *J. Dairy Sci.* 88: 3316–3325.
- Leonard, F., J. O'Connell, y K. O'Farrell. 1994. Effect of different housing conditions on behaviour and foot lesions in Friesian heifers. *Vet. Rec.* 134:490-494.
- Margerison, J., y C. López. 2011. Survey of individual cow records to identify factors associated with lameness in three farms in New Zealand. En: *Proceeding of a 16th Symposium and 8th Conference Lameness in Ruminants Lameness.* B 5.4, p. 50.
- Mora, G., B. Vargas, J. Romero, y J. Camacho. 2015. Factores de riesgo para la incidencia de mastitis clínica en ganado lechero de Costa Rica. Tesis presentada como uno de los requisitos para obtener el título de *Magister Scientiae* en Producción Animal Sostenible. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Noordhuizen, J.P.T.M., y J. Buurman.1984. Veterinary automated management and production control program for dairy farms (VAMPP). The application of MUMPS for data processing. *Vet. Q.* 6: 66-72.
- Olivieri, G., y B. Rutter. 2005. Afecciones podales en bovinos. Buenos Aires, Argentina. <http://www.produccion-animal.com.ar> (Consultado 09 Jun. 2015).
- Pinsent, P. 1981 “The management and husbandry aspects of foot lameness in cattle”. 16:61-64
- Pérez, E., M.T. Baayen, E. Capella, y H. Barkema. 1989. Development of a livestock information system for Costa Rica. In: H. Kuil; R. W. Palin; and J. E. Huhn (ED). *Livestock Production and Diseases in the Tropics.* Proc. IV Internl. Conf. Inst. Trop. Vet. Med. Utrecht; The Netherlands; pp. 221-224.
- Ranjbar, S., A.Rabiee, A. Gunn, y J. Casa. 2016. Identification of risk factors associated with lameness in pasture-based dairy herds. *J. DairySci.* 99: 495-7505.
- Rebhon, W. 1995. Enfermedades del ganado vacuno lechero. Zaragoza España; 1995. p. 489 – 493.
- Rodríguez, G., y N. Goldman. 2001. Improved estimation procedures for multilevel models with binary response: A case study. *JR Stat Soc.* 164: 339-355.

- Rowlands, G., y S. Lucey. 1986. Changes in milk yield in dairy cows associated with metabolic and reproductive disease and lameness. *Prev. Vet. Med.* 4: 205–222.
- Rutter, B. 2009. Importancia del pie bovino en el tambo. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Buenos Aires, Argentina. ISSN 0327-8093.
- Saborio, A., B. Vargas, J. Romero, y J. Camacho. 2015. Efecto de factores genéticos y ambientales sobre la ocurrencia de la hipocalcemia clínica en ganado lechero de Costa Rica. Tesis presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Magister Scientiae en Producción Animal Sostenible. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Sarjokari, K., K. Kaustell, T. Hurme, T. Kivinen, A. Peltoniemi, H. Saloniemi, y P. Rajala. 2013. Prevalence and risk factors for lameness in isolated free stables in Finland. *Livest. Sci.* 156: 44-52.
- SAS INST. INC. 2009. SAS/STAT® User's guide: Statistics; Version 9.2. Cary; NC, USA.
- Shearer, J., S. Van Amstel, y A. González. 2005. Manual de cuidado de las pezuñas en bovinos. Wisconsin, USA.
- Solano, L., H. Barkema, E. Pajor, S. Mason, S. LeBlanc, J. Zaffino, C. Nash, D. Haley, E. Vasseur, J. Pellerin, A. de Passillé, y K. Orsel. 2015. Prevalence of lameness and associated risk factors in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall stables. *J. Dairy Sci.* 98:6978 - 6991
- Van Raden, P., M. Tooker, J. Cole, G. Wiggans, y J. Megonigal. 2007. Genetic Evaluations for Mixed-Breed Populations. *J. Dairy Sci.* 90:2434–2441.
- Vargas, B., y G. Gamboa. 2008. Tendencias genéticas, interacción genotipo×ambiente y consanguinidad en poblaciones Holstein y Jersey de Costa Rica. *Tec. Pecu. Mex.* 46:371-386.
- Vargas., O. Solís, F. Sáenz, y H. León. 2013. Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica mediante análisis multivariado. *Agron. Mesoam.* 24:257-275.
- Vermunt, J. 1992. Subclínical laminitis in dairy cattle. *N. Z. Vet. J.* 40:133-138.

- Vermunt, J., y T. Parkinson. 2002. Claw lameness in dairy cattle: New Zealand based research. *N. Z. Vet. J.* 50:88-89.
- Waddington, D., S.Welham, A. Gilmour, y R. Thompson. 1994. Comparisons of some glmm estimators for a simple binomial model.*StatComput.* 30: 13-24.
- Weber, A., E. Stamer, W. Jungeny, y G. Thaller.2013. Genetic parameters for lameness and claw and leg diseases in dairycows.*J. DairySci.* 96: 8-10.
- Well, S. 1993. Individual cow risk factors for clinical lameness in lactating dairy cows.*Prev. Vet. Med.* 17:95-109
- Tu, Y., y D. Greenwood.2012. *Modern Methods for Epidemiology.* Springer Science Business Media Dordrecht.

CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados de este estudio presentaron una visión general sobre los posibles factores ambientales y genéticos de riesgo asociados con la aparición de lesiones podales (LP) en los hatos lecheros de Costa Rica. Las frecuencias relativas de LP fueron de 7% y 16,7% por lactancia y por vaca, respectivamente. A pesar de que existe subregistro del evento, estas frecuencias son altas y tienen un fuerte impacto sobre el bienestar animal y la rentabilidad de los hatos lecheros.

Se pudo determinar que las patologías más comunes corresponden a alteraciones de la línea blanca, laminitis y úlcera de la suela.

Se demostró la importancia de factores ligados a la vaca y su entorno en la frecuencia de eventos de LP dentro de los hatos lecheros. El número de parto, la zona, la raza, el mes de parto, el año de parto, la etapa de la lactancia y el tamaño del hato en producción fueron identificados como factores de riesgo para la aparición de LP en los hatos lecheros de Costa Rica.

Los grupos de mayor propensión a sufrir eventos de LP fueron las vacas de 4 partos (OR: 1,29), de la zona bosque húmedo pre-montano (OR: 1,76), de razas Holstein (OR: 1,77), durante el mes de marzo (OR: 1,20), en el periodo 1995 a 1999 (OR: 1,73), en segundo mes de lactancia (OR: 22,2) y procedentes de hatos con más de 100 vacas (OR: 1,22).

En el presente estudio se identifica un alto impacto de la variable hato. Generalmente, esta variable va ligada a diferentes prácticas de manejo que varían ampliamente entre hatos. Diferencias mayores a 30% en frecuencia del evento se detectaron entre hatos. Esto significa que las condiciones particulares de cada hato en gran parte relacionadas con el manejo, juegan un papel muy importante en esta enfermedad.

Se observaron mayores incidencias de LP en vacas con mayor número de partos, en zonas de bosque húmedo pre montano/bosque húmedo montano, en las raza Pardo Suizo y Holstein, en los meses de marzo a setiembre, periodo de años de 1995 a 1999, estadios iniciales de la lactancia (meses 1 a 4) y en hatos de mayor tamaño.

Los parámetros de heredabilidad y repetibilidad para LP en los hatos lecheros de Costa Rica presentan valores relativamente bajos. Esto significa que los factores

ambientales deben ser prioritarios en la prevención de estas enfermedades. Sin embargo, debido a la alta incidencia e impacto económico que tiene las LP es necesario considerar también el componente genético. Los valores de cría obtenidos mostraron variabilidad genética considerable para propensión a LP en ganado lechero, lo que puede ser explotado mediante el descarte de los animales más propensos.

El modelo lineal basado en la distribución normal produjo estimados de componentes de varianza más estables, mientras que el modelo de umbral resulta en un estimado de cero para el componente de ambiente permanente, lo cual no parece ser razonable en vista del rasgo que se analiza. Una posible causa asociada a este problema fenómeno radica en las limitaciones del algoritmo (PQL) utilizado para estimar dichos componentes.

RECOMENDACIONES GENERALES

- Para lograr un mayor control de las enfermedades podales es necesario que los productores realicen una mejor detección, registro y diagnóstico de todos los eventos de lesiones podales que ocurren en el hato. Es importante que se realice un diagnóstico apropiado, preferiblemente por un profesional capacitado, con el fin de crear un perfil de la problemática específica existente para cada finca. Esto permite monitorear el comportamiento de la enfermedad en distintas razas, épocas, años o fases de lactancia. También permite identificar las vacas más susceptibles a padecimientos de cojeras. En función de la problemática detectada para cada hato, es posible poner en prácticas medidas de control más eficientes. Se han desarrollado guías y recomendaciones generales (ver anexo 1) para controlar y reducir la incidencia de LP a nivel de hato
- A nivel poblacional, es importante promover el uso de razas que demuestren una mayor adaptabilidad a las condiciones de producción locales y reforzar las medidas de vigilancia y prevención en aquellas razas que se han identificado como más propensas (p.e Holstein).
- Se debe promover la selección como herramienta para lograr animales más sanos. En relación a LP, se pueden utilizar toros de IA que sean mejoradores para rasgos relacionados con conformación de patas. Entre los rasgos más importantes están: Ángulo del Pie, Vista de los miembros posteriores desde atrás y conformación de los miembros posteriores (Angulo del tarso).
- Las vacas que muestran alta susceptibilidad a LP o que presentan problemas evidentes de locomoción, deberán ser eliminadas paulatinamente del hato. En este sentido se han desarrollado sistemas de clasificación basados en escalas de locomoción (Sprecher et al., 1997), donde se asignan puntuaciones (Escala de 1 hasta 4) según desviaciones de su columna y posición de sus miembros. Esta clasificación puede ser considerada a la hora de optimizar la selección o el descarte.
- La elección del adecuado biotipo animal y raza para cada sistema de producción se presenta como un factor clave en la determinación de la salud y bienestar del rodeo y definirá el potencial productivo del sistema.

ANEXOS

Anexo 1. Medidas preventivas más importantes para control de LP a nivel de hato

- Realizar recorte funcional para balancear pezuña medial y lateral (cada 6 meses y obligatoriamente antes de cambiar de categoría).
- Inspección diaria de todo el hato, mediante índice de Locomoción 1-5 de Sprecher (Sprecher, 1997) y así identificar inmediatamente nuevas vacas afectadas.
- Mantenimiento de vías de acceso, principalmente en épocas lluviosas. El ancho de los caminos debe ser adecuado a la densidad de vacas: <120 vacas: 5 metros, 120-150 vacas: 5,5 metros, 250-350: 6 metros, 350-450 vacas: 6,5 metros. Para la capa superficial del camino lo ideal es una mezcla de grava, arena y arcilla, y que los caminos tengan una pendiente adecuada (2-3%) y estén sobre la capa de suelo del entorno.
- Optimizar la densidad animal en establos (1,3-1,5 m² por vaca).
- Mantener condiciones adecuadas en establos, limpieza con desinfectantes (Sulfato de cobre 5-10%, Formalina al 5%, Sulfato de cobre seco).
- Implementar el uso de pediluvios efectivos, tomando en cuenta el ambiente y la salud ocupacional. De igual manera, mantener un ambiente limpio y seco en los galerones y corrales (3,5 metros de largo y 1 a 2 metros de ancho por 12 a 15 centímetros de profundidad).
- Uso de pisos con una buena tracción, se debe perfilar los pisos cuando están frescos con rastrillos para mejorar el agarre y evitar que las vacas se resbalen y las plataformas de ordeño deben tener un desnivel del 1,5% para evitar la acumulación de suciedad.
- El ganado no debe de pasar por más de tres horas diarias sobre pisos duros de cemento o de lastre en salas de espera, sí es así, se debe pensar en la opción de colocar alfombras de hule, diseñadas para su uso en ganado de leche, a fin de mejorar ese confort.
- Optimización de prácticas de alimentación. Principalmente en la primera fase de lactancia se deben evitar raciones con alto contenido de carbohidratos fácilmente fermentables.
- Concientización del personal. Se debe evitar manejos bruscos, movilización apresurada, uso de perros, motocicletas, etc. Implementar manejo cuidadoso y

paciente de los animales, evitar ruidos súbitos y fuertes ya que provocan estrés en las vacas, se debe capacitar al personal sobre la importancia de la enfermedad.

Anexo 2. Guía de formato. Revista Agronomía Mesoamericana.

DIRECTRICES PARA AUTORES/AS

INSTRUCTIVO PARA LOS AUTORES

La revista Agronomía Mesoamericana dio inicio durante la XXXV Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA) efectuada en Honduras en 1989. Nació con el objetivo de difundir los resultados de investigación que se exponen durante cada reunión anual. El primer volumen se publicó y distribuyó en 1990, durante la XXXVI Reunión del PCCMCA en El Salvador. Actualmente tiene como objetivo difundir información científica, mediante la publicación de artículos, comunicaciones cortas, notas técnicas, análisis y comentarios, informaciones técnicas y revisiones bibliográficas; relacionada con las ciencias agroalimentarias y realizada en cualquier parte del mundo, con importancia para zonas tropicales y subtropicales, especialmente Mesoamérica y El Caribe.

Con base en las normas de la revista Agronomía Mesoamericana, los autores de los trabajos científicos, cuentan con los siguientes derechos sobre los escritos: presentarlo en público, preparar trabajos derivados, reproducirlos y distribuirlos. Los usuarios pueden mencionar la información de los trabajos (siempre y cuando se indique la cita correspondiente, de otro modo se comete plagio) cuando se hace con propósitos específicos en la enseñanza y la investigación.

La fecha de recibido del trabajo se dará a partir del cumplimiento del Instructivo a los Autores y la Guía Formato, los cuales se pueden solicitar a los correos electrónicos pccmca@gmail.com o pccmca@ucr.ac.cr; o bien puede consultarlos en la revista electrónica en la dirección <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>

Todos los trabajos sometidos a publicación en la revista Agronomía Mesoamericana solo podrán ingresar por la revista electrónica, los autores deben suscribirse en la dirección <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/user/register>. Además, los trabajos deben ser originales, inéditos y no podrán ser propuestos total o parcialmente a otra revista. Toda publicación será divulgada en formatos físicos y electrónicos, incluido Internet, con base en la normativa de divulgación y cesión de derechos por parte de los autores.

La revista *Agronomía Mesoamericana* no realiza cobro alguno por los conceptos de envíos, edición y publicación. Los encargados de revisar cada trabajo serán al menos dos expertos o pares árbitros externos, con experiencia en la temática; estos se seleccionan con base en su formación académica y publicaciones en revistas científicas.

Los árbitros analizarán los trabajos para determinar la validez de los objetivos propuestos, la metodología empleada y los resultados obtenidos, así como su impacto o aporte a la ciencia. Se les dará un mes para emitir los resultados de la revisión. Si este proceso se atrasa, se enviarán a otros especialistas y se le indicará al autor(es) si están de acuerdo en esperar más tiempo o podrán retirar su trabajo del proceso de edición. Una vez que el trabajo es aprobado, se envía la versión final a los autores para que lo revisen y den su aprobación en plazo máximo de cinco días hábiles.

El Consejo Editorial se reserva el derecho de clasificación de los trabajos, según el impacto y contenido de los mismos.

Tipos de publicaciones aceptadas a partir del volumen 28(2) del 2017

- **Artículo:** proviene de una investigación profunda y detallada, con avances en el conocimiento, es novedoso, con todos los elementos de un artículo, incluidos título, nombre completo de los autores con sus respectivas afiliaciones, resumen y su “abstract”, debidamente traducido, palabras clave, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones y literatura citada (no debe omitir las citas relevantes y recientes). Debe incluir un número apropiado de cuadros y figuras relevantes y sustanciosas que demuestren la profundidad del estudio y resalten los méritos del trabajo para su publicación en una revista indizada. Es un texto de carácter académico que exige el cumplimiento de normas específicas tanto en su estructura general como en su contenido. Estos aspectos fundamentales están determinados por el tipo de lectores y por el medio de divulgación. El uso de vocabulario especializado y el tono formal en que se escribe, facilita el acceso a la información y por consiguiente, su comprensión. Debe estar cuidadosamente redactado para evitar cambios de tema innecesarios, para lograr expresar de un modo claro y sintético lo que se pretende comunicar, y para que se incluyan las citas y referencias indispensables. Debe integrar todo lo investigado y no fraccionarlo para originar dos o más publicaciones. Los artículos no pueden tener una extensión mayor a treinta páginas en Word.

- **Revisiones bibliográficas:** son recopilaciones y síntesis del conocimiento existente en un campo específico de interés en las ciencias agrícolas para el área mesoamericana. No pueden tener una extensión mayor a treinta páginas en Word. El Consejo Editorial Nacional e Internacional puede solicitar revisiones bibliográficas a autores de reconocida trayectoria en el campo correspondiente, y con antecedentes de investigación y publicaciones arbitradas en el mismo. No se descartan las revisiones sometidas a consideración por los propios autores, en estos casos, se recomienda enviar una solicitud por escrito, en la que se resuman los objetivos y los alcances de la revisión bibliográfica propuesta. Algunos ejemplos son:

Sánchez, N., y Jiménez V. 2010. Técnicas de conservación *in vitro* para el establecimiento de bancos de germoplasma en cultivos tropicales. Agron. Mesoam. 21:193-205

Azofeifa, B., A. Paniagua, y A. García. 2014. Importancia y desafíos de la conservación de Vainilla spp (Orquidacea) en Costa Rica. Agron. Mesoam. 25:189-202.

- **Notas técnicas:** Se refieren a la publicación del desarrollo de técnicas o metodologías innovadoras preferiblemente, o su adaptación, modificación, promoción y divulgación de carácter científico, de interés para la región mesoamericana. Entre ellas métodos de mejoramiento, análisis estadísticos, aparatos o instrumentos de campo, invernadero o laboratorio. También hacen referencia a reportes de significado, urgencia e interés, pero deben contener resultados preliminares relevantes. Se valorará el carácter didáctico de estas publicaciones en el contexto mesoamericano. No pueden tener una extensión mayor a veinte páginas en Word. Puede abordar los resultados de un ensayo práctico ante un problema muy concreto, fundamentado en procedimientos de uso general en el ejercicio de la profesión. La Discusión en una nota técnica puede tomar un tono más expositivo (cualitativo) que crítico, mientras que en un artículo formal, esta es una sección relevante y representativa del trabajo (cualitativo si las variables lo permiten y por lo general cuantitativo). Algunos ejemplos son:

Blanco, F.A. 2001. Métodos apropiados de análisis estadísticos subsiguientes al análisis de varianza (ANDEVA). Agron. Costarricense 25:53-60. Gallo, K.P., y C.S.T. Daughtry. 1986. Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies. Agron. J. 78:752-756.

Khanizadeh, S., D. Buszard, y C.G. Zarkadas. 1995. Misuse of Kjeldahl method for estimating protein content in plant tissues. *HortScience* 30:1341-1342.

O'Reilly, E., y J. Lanza. 1995. Fluorescamina: a rapid and inexpensive method for measuring total aminoacids in nectar. *Ecology* 76:2656-2660.

Lacroix, C.R., y J. MacIntyre. 1995. New techniques and applications for epillumination light microscopy. *Can. J. Bot.* 73:1842-1847.

Meyer, W.S., D.C. Reicosky, H.D. Barrs, y G.S.G. Shell. 1987. A portable chamber for measuring canopy gas exchange of crops subject to different root zone conditions. *Agron J.* 79:181-184.

Stanhill, G. 1992. Accuracy of global radiation measurements at unattended, automatic weather stations. *Agric. For. Meteorol.* 61:151-156.

Bottomley, P.A., H.H. Rogers, y S.A. Prior. 1993. NMR imaging of root water distribution in intact *Vicia faba* L. plants in elevated atmospheric CO₂. *Plant Cell Environ.* 16:335-338.

- **Análisis y comentarios:** es el análisis de una situación específica, realizada por un especialista con reconocida trayectoria en el campo y con publicaciones relevantes en revistas indexadas. Puede contener datos, puntos de vista, opiniones, y debe incluir una revisión de literatura apropiada para la naturaleza y la extensión de esta modalidad de publicación. Además, puede incluir observaciones personales. No pueden tener una extensión mayor a veinte páginas en Word. Su formato consiste de una introducción, el desarrollo temático, y la revisión bibliográfica. Algunos ejemplos son:

Rosas, J.C. 2001. Aplicación de metodologías participativas para el mejoramiento genético de frijol en Honduras. *Agron. Mesoam.* 12:219-228.

Córdova H., S. Castellanos, H. Barreto, y J. Bolaños. 2002. Veinticinco años de mejoramiento en los sistemas de maíz en Centroamérica: logros y estrategias hacia el año 2000. *Agron. Mesoam.* 13:73-84.

Espinosa, A., M.A. López, N. Gómez, E. Betanzos, M. Sierra, B. Coutiño, R. Aveldaño, E. Preciado, y A.D. Terrón. 2003. Indicadores económicos para la producción y uso de semilla mejorada de maíz de calidad proteínica (QPM) en México. *Agron. Mesoam.* 14:105-116.

Autoría

El autor debe indicar en una carta que el trabajo es original, que no se ha publicado ni sometido a publicación en otras revistas, excepto en forma de resumen o como parte de una conferencia, opinión, o tesis, y no estar bajo edición en otra revista científica. Debe ceder los derechos de publicación a Agronomía Mesoamericana, responsabilizándose por el contenido de su trabajo e indicar además que ha sido aprobado por los demás coautores. Se debe incluir el nombre completo de los autores con sus respectivas afiliaciones, incluyendo la ciudad, país donde se ubica el centro laboral. La información se debe presentar de lo general a lo específico; por ej. Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, Centro de Investigación en Nutrición, San José, Costa Rica.

Como autores se considerarán los que participaron en grado suficiente para asumir la responsabilidad pública del contenido del trabajo. Es autor el que intervino en forma esencial en: a) la concepción y el diseño del estudio, obtención de los datos, o el análisis y la interpretación de los mismos; b) la redacción del trabajo o la revisión crítica de una parte sustancial de su contenido intelectual; y c) la aprobación final de la versión que será publicada. Los requisitos a, b y c tendrán que cumplirse simultáneamente. La participación exclusivamente en la obtención de fondos, datos o la coordinación del trabajo y la supervisión general del grupo de investigación, no justifica la autoría (se tomó parte de las indicaciones a los autores de la revista Colombia Médica <http://colombiamedica.univalle.edu.co/informacion.html>)

Los trabajos sometidos a publicación deben contar con la autorización de la institución o empresa donde se efectuó la investigación. Además se asumirá que todos los autores participaron en la elaboración, y autorizaron someterlo a publicación.

El autor principal debe indicar si su trabajo lo considera un artículo, nota técnica, análisis y comentarios o revisión bibliográfica; sin embargo, la decisión sobre su ubicación se tomará con base en el arbitraje efectuado y el acuerdo de los miembros del Consejo Editorial Nacional e Internacional. Se podrá rechazar de oficio todo trabajo de campo con un solo periodo de evaluación (época o año), sobre cultivos ampliamente estudiados y sobre una temática ya conocida (Como ejemplo: épocas de siembra, distancias de siembra, fertilización NPK) o si la investigación tiene más de diez años de haberse concluido.

Política de detección de plagio

La revista Agronomía Mesoamericana utiliza el sistema Turnitin[®] para detección de plagio. En caso de considerarse que el trabajo presenta reproducción total o parcial de

otras investigaciones se seguirá el debido proceso; para lo que se le dará la oportunidad al autor(es) para que aporte(n) prueba(s) de descarga o corrija(n) el trabajo; posteriormente, el Comité Editorial realizará una valoración de la prueba y correcciones y tomará la decisión de rechazar o continuar el proceso de edición del trabajo.

Comunicación con los autores en el proceso de edición

Se dará un período de cinco días hábiles para el envío de las correcciones. Si luego del periodo dado no hubiera respuesta, se procederá en primera instancia a dejarlo fuera del proceso de edición, y posteriormente pasados los 30 días hábiles, a rechazar el trabajo bajo la premisa de no acatamiento a las directrices de la revista. Cuando finalice el diagramado con las correcciones del autor, se le devolverá de nuevo para que efectúe la revisión final e indique vía carta o vía correo electrónico al Editor que está de acuerdo con la versión final o indicar las observaciones de forma. El tiempo de respuesta del autor deberá ser de un máximo de cinco días hábiles, después del cual se podrá aprobar su publicación o suspender su proceso de edición.

Nombres de productos

No se acepta el uso de nombres comerciales en plaguicidas, equipos o alimentos, con excepción a formulaciones particulares que puedan afectar los resultados. Los plaguicidas se deben escribir con el nombre común seguido del químico entre paréntesis.

Diccionario de referencia

El diccionario de referencia en español será el de la Real Academia Española (<http://www.rae.es/obras-academicas/diccionarios/diccionario-de-lalengua-espanola>). Los números arábigos se emplearán para todos con dos o más dígitos, y para las unidades de medida. Se escribirán en palabras si es la primera de una oración, o si es menos de 29 y no indica una medida.

Distribución de la revista: versiones impresas y electrónicas

Solo se distribuirán impresos a los centros de documentación y bibliotecas. En cada Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA), se incluirá en la memoria USB que distribuye el Comité Organizador con información del evento, una copia de los dos últimos volúmenes de la revista.

Formato para cada sección de los trabajos

Solo se aceptarán trabajos preparados en Microsoft Word, con tipografía Arial, tamaño 11, a espacio y medio, márgenes superior e inferior de 1” e izquierdo y derecho de 1,2”.

Se envían a la revista electrónica, suscribiéndose como autor en la dirección <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/user/register>. Deben basarse en las siguientes instrucciones de formato:

- **TÍTULO:** El título debe ser conciso y no debe exceder de catorce palabras. Indicar si el trabajo fue parte de una tesis, proyecto, etc. Se sugiere evitar el uso de nombres científicos en el título cuando el nombre común es muy conocido (frijol, maíz, papa, tomate, etc.). Se deberá usar el nombre científico solo cuando el nombre común no es conocido o puede variar entre países (nombres de malezas, hongos, insectos, etc.).

Evitar las siguientes palabras: “Estudios de”, “Investigaciones en”, “Observaciones acerca de”, y otras palabras similares. No incluya generalidades que no contribuyen con la utilidad del título. “Ejemplo: Estudios de poblaciones de malezas en el Valle Central”. No emplear abreviaturas.

Como referencia al título debe indicarse si el trabajo forma parte de un proyecto de investigación y/o tesis, además del ente que lo financia o la institución donde se efectuó, incluyendo el lugar y país.

- **TÍTULO RESUMIDO:** para encabezado de página, no debe ser mayor de ocho palabras.
- **AUTORES:** Debe incluir el nombre completo y apellidos (sin abreviaturas). Si el autor decide solo incluir un apellido debe indicarlo cuando envía el trabajo. Al pie de página debe incluirse la dirección postal y correo electrónico de todos los autores, e indicar la institución donde laboran. El primer autor se considerará el de mayor aporte a la investigación que dio origen al trabajo sometido a publicación. El número total de autores no deberá ser mayor de seis.
- **RESUMEN:** Iniciar con una breve introducción, seguido del objetivo principal del trabajo. Luego indicar el sitio del evento, lugar, país, periodo de ejecución, la metodología empleada y los principales resultados y conclusiones acordes con el título y objetivo del trabajo, no dejar la interpretación al lector. Al igual que todo el texto del trabajo el resumen debe escribirse en pretérito. Se debe omitir las siglas o abreviaturas

poco conocidas, así como su uso excesivo. No incluir referencias o citas bibliográficas, figuras o cuadros, y abreviaturas no contenidas en ninguna normativa internacional y que no se les haya indicado previamente su significado. El tamaño máximo será de 250 palabras (con base en el contador de palabras de Word) a espacio seguido y en un solo párrafo. Debe incluirse el título dentro del conteo de palabras.

- **ABSTRACT:** Traducción al inglés del RESUMEN, incluyendo título del trabajo.
- **PALABRAS CLAVE:** Se deben incluir un mínimo de cuatro palabras claves en español e inglés, pueden ser palabras compuestas y estas no deben figurar en el título. El objetivo es su uso en indización y selección de la información bibliográfica. Como referencia se puede consultar AGROVOC Thesaurus de la FAO (http://www.fao.org/aims/ag_intro.htm?searchtext=) y el tesoro agrícola de la National Agricultural Library de United States Department of Agriculture (<http://agclass.nal.usda.gov/>). No incluir palabras generales como: rendimiento, variables, planta, diferenciación, trópico, cultivos, etc.
- **ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS:** La revista Agronomía Mesoamericana, solo aceptará la normativa oficial del sistema internacional de pesos y medidas, así como lo indicado para tal efecto por la Real Academia Española (ejemplo: para la separación de los decimales se empleará la coma siempre y cuando el trabajo sea en español). Como referencias se dan las siguientes citas:

-

El Sistema Internaciones de Unidades. 2008. 2 Ed. Oficina Internacional de Pesas y Medidas. Organización Intergubernamental de la Convención del Metro. Centro Español de Metrología. Madrid, España. NIPO: 706-08-006-3. <http://www.cem.es/sites/default/files/siu8edes.pdf>

Nava J., F. Pezet, y I. Hernández. 2001. El Sistema Internacional de Unidades. Los Cués, Aro., México. <http://satori.geociencias.unam.mx/LGM/Unidades-CENAM.pdf>

Carazo, M. 1987. Sistema internacional de pesos y medidas. 2 Ed. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

- **INTRODUCCIÓN:** Debe incluir el propósito de la investigación, los antecedentes más relevantes y el objetivo concreto. Importancia del problema dentro del marco de estudio, limitaciones de la investigación. Toda información debe estar respaldada con

citas bibliográficas, que sean de fácil acceso mediante centros de documentación, bibliotecas o Internet. Si son más de dos autores se pone et al. después del primer apellido. Ej. a) "...la metodología propuesta por Gómez et al.". b)... Este método fue similar al de otros autores (Hartman, 1974; Jackson et al., 1977). Toda mención de especies vegetales o animales debe incluir su nombre científico, y cuando es parte de lo que se estudia en el trabajo, se debe indicar además su clasificación biológica. Toda indicación posterior de un nombre científico se hará con solo la inicial del género más la especie. Todo nombre científico deberá ir en letra cursiva (revisar terminología en: International Association for Plant Taxonomy iapt, Código Internacional de Nomenclatura Botánica). Los nombres genéricos que se usan como vernaculares no llevan mayúscula: ejemplo frijol, maíz, etc. No incluir cuadros ni figuras.

- **MATERIALES Y MÉTODOS:** Son los elementos básicos de la investigación y los que generan los resultados. Los materiales (suelos, plantas, semillas, vacas, cabras, etc.) deben estar claramente descritos (Análisis físico, químico y tipo de suelo). Descripción de la variedad de planta empleada y su origen. Características del animal empleado, que incluya su origen, tipo, edad, etc. Los métodos deben indicar claramente las variables que se pretende medir y su precisión, por lo que se debe incluir el diseño experimental, unidad experimental, método de muestreo y tipo de análisis estadístico. Descripción de los tratamientos y variables evaluadas. Prácticas culturales y del manejo del experimento. Además el lugar donde se efectuó la investigación, el periodo (s) y condiciones climáticas, si procede.
- **RESULTADOS:** Deben ser lo más resumidos y claros posible. Se debe iniciar con el principal resultado obtenido según el objetivo propuesto en la investigación. Se presentan los datos derivados de la aplicación de la metodología de una manera clara, ordenada y completa, pero a la vez concisa, basados en comprobaciones y no suposiciones, deben ser expresados por separado en figuras o cuadros (incluir en un archivo adicional los datos que los originaron para efecto del diagramado). No se debe repetir en el texto la información contenida en los cuadros o figuras. La información obtenida del análisis de varianza, se describirá en el texto. Se debe mostrar solo lo más importante, no dejar al lector la interpretación y el resumen de los datos de la investigación.
- **DISCUSIÓN:** Se analiza la información obtenida. Se debe explicar la importancia de comparar con otros estudios similares e indicar porqué hubo o no diferencias

significativas. Al comparar los resultados con los de otras investigaciones similares, se debe interpretar y aclarar a qué se debieron las similitudes o diferencias obtenidas (p. ej. debido al sitio, la genética, metodología empleada, etc.). Se debe discutir el significado de los resultados y desarrollar aquellos no esperados o contradictorios. Puede proponerse estudios de seguimiento relacionados a lo obtenido en la investigación. No se acepta proponer recomendaciones comerciales basadas en un trabajo muy específico.

- **CONCLUSIONES:** Se deben presentar las conclusiones con una redacción clara y concisa, indicando las pruebas que respaldan cada una de ellas. Deben ser consistentes con los objetivos de la investigación y responden a ellos. No se permite resumir resultados, ni presentar una repetición de lo desarrollado en el trabajo.
- **CUADROS, FIGURAS, FOTOS, DIBUJOS Y MAPAS:** Deben tener un título tanto en inglés como en español, que los explique por sí solos, independiente del texto. Se debe identificar claramente la información brindada, Lugar (es) donde se realizó, además del periodo o año de ejecución. Como figura se entenderá las imágenes, fotos, dibujos y mapas. Los cuadros y figuras se deben presentar preferentemente en formato simple y comprensible, en lugar de uno complicado, de difícil interpretación, o basado en la información general obtenida sin un adecuado proceso de síntesis (es el autor quien debe analizar y resumir la información obtenida). Se debe escoger la forma que mejor comunique los resultados obtenidos y no se debe repetir la información en cuadros y figuras. Las fotos deben enviarse en archivo separado, con una resolución mínima de 300 dpi y en formato JPG, EPS o TIFF. Deben ser legibles. Los cuadros, figuras, fotos o mapas deben aparecer inmediatamente después de que se les mencione. Bajo ninguna circunstancia se aceptarán anexos o apéndices. Evitar el uso de abreviaturas en los títulos de cada columna en los cuadros. Todo tipo de abreviaturas incluidas en el cuerpo del cuadro o en una figura, con excepción de las de uso universal, deberán ser aclaradas al pie del cuadro o figura.

La numeración de los cuadros y figuras (incluidas las fotografías) se elaboran en forma independiente para cada uno de ellos y con pocas excepciones se ubicarán en un espacio del ancho de una columna, por lo cual debe usar figuras y cuadros que se puedan reducir al ancho de la columna sin perder nitidez. No se deben enviar cuadros en formato de imagen.

- **LITERATURA CITADA:** Debe contribuir al conocimiento sobre el tema y ser lo más reciente posible, y de fácil acceso en centros de documentación, bibliotecas o Internet y estar redactadas con base en las normas de la Sociedad Americana de Agronomía (ASA, American Society of Agronomy, [https://www. agronomy.org/publications/style](https://www.agronomy.org/publications/style)). Toda referencia bibliográfica que se incluya en el texto (introducción, materiales y métodos o resultados y discusión) deberá aparecer en esta sección. Todas las citas deben incluir todos los autores, año de publicación, título completo del trabajo, e información del documento en que se publicó, edición, casa editora, lugar de publicación, volumen y número de páginas (cuando se refiera a un capítulo específico). Los nombres de los autores van con minúscula, primero el apellido y luego la inicial del nombre. Las comunicaciones personales no son parte de la literatura citada, por lo que se incluyen dentro del texto. Las citas obtenidas de Internet, deben ser preferentemente de publicaciones periódicas, revistas electrónicas o libros.

Cuando exista más de una cita correspondiente a un autor o grupo de autores con el mismo año de publicación, se debe colocar una letra a la par del año (a, b, c), así como diferenciarlo de la misma forma en el texto.

Ejemplos de redacción de referencias bibliográficas

Libros:

Carvajal, F. 1984. Cafeto: cultivo y fertilización. 2 ed. Instituto Internacional de la Potasa, Berna, Suiza.

Tesis:

Yah-Correa, E.V. 1998. Crio conservación de suspensiones celulares embriogénicas de Musa spp. iniciadas a partir de flores inmaduras. Tesis MSc., CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Congresos, Conferencias, Reuniones:

Alfaro, M., R. de Camino, M. I. Mora, y P. Oram., editores. 1993. Regional Workshop needs and priorities for forestry and agroforestry policy research in Latin America. IICA, San José, Costa Rica.

Contribución a una conferencia o simposio:

Dawson, J.C., y I. Goldringer. 2009. Direct or indirect selection in breeding for organic agriculture. En: H. Østergård, E.T. Lammerts van Bueren, y L. Bouwman-Smits,

editores, Proceedings of the BioExploit/Eucarpia Workshop on the Role of Marker Assisted Selection in Breeding Varieties for Organic Agriculture, Wageningen, the Netherlands. 25–27 February. BioExploit Project, Wageningen, the Netherlands. p. 15-18.

Revistas:

Shingh, C. K., y G. S. Grewal. 1998. Detection of rabies in central nervous system of experimentally infected buffalo calves. *Indian J. Anim. Sci.* 68:1242-1254.

Comunicaciones personales:

Se mencionan en el texto de la publicación, entre paréntesis.

Ejemplo: “Se utilizaron 20 microlitros (Rojas, comunicación personal, 2011) de una solución de bacterias de $0,5 \times 10^8$ UFC/ml (ensayo 1) y $1,5 \times 10^8$ UFC/ml (ensayo 2), los cuales contenían $1,0 \times 10^6$ y $3,0 \times 10^6$ UFC/camarón respectivamente”.

Documentos en línea:

Rummer, B., J.P. Prestemon, D. May, P. Miles, J. Vissage, y R. McRoberts. 2003. A strategic assessment of forest biomass and fuel reduction treatments in western states. USDA Forest Service, Research and Development. http://www.fs.fed.us/research/pdf/Western_final.pdf (Consultado 5 ene.2012).

Publicaciones periódicas en línea con DOI:

Kato, C., T. Nishimura, H. Imoto, y T. Miyazaki. 2011. Predicting soil moisture and temperature of Andisols under a monsoon climate in Japan. *VadoseZone J.* 10:541-551. doi:10.2136/vzj2010.0054.

Antes de enviar el trabajo, el autor debe verificar que cumplió con las normas de este instructivo.

Lista de comprobación para la preparación de envíos

Como parte del proceso de envío, los autores/as están obligados a comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

- Co-autores revisaron exhaustivamente todo el texto y lo aprobaron
- **Extensión del texto:**

Artículo. Máximo treinta páginas en el procesador de texto Microsoft Word en letra Arial tamaño 11, interlineado de 1,5. Márgenes superior e inferior de 2,54 cm (1 pulgada), los márgenes izquierdo y derechos de 3,05 cm (1,2 pulgadas).

Comunicación corta. Máximo veinte páginas con el mismo formato del artículo

- **El título:**

- Contiene máximo 14 palabras.
- Se hace referencia al pie de página, donde se indica si fue tesis, proyecto, etc.
- Se evita el uso de nombres científicos para cultivos comunes (papa, arroz, maíz, etc.).
- Utiliza subtítulos solo si la investigación continuará y se publicarán otros artículos.

- **Resumen:**

- Extensión máxima es de 250 palabras. Todo en un solo párrafo.
- No incluye introducción al tema ni citas bibliográficas
- El objetivo del trabajo (no incluye actividades ni procedimientos).
- El lugar y el periodo en el que se llevó a cabo el ensayo.
- Principal metodología.
- Énfasis en los principales resultados.

- **Abstract**

El abstract es una traducción fiel del resumen, e incluye el título del trabajo y las palabras claves traducidas al inglés (keywords).

- **Palabras clave y keywords**

Las palabras claves son palabras que no se repiten en el título. Sirven para identificar la temática; son un máximo de cinco palabras y pueden estar compuestas.

- **Título resumido**

Posee título resumido con un máximo de ocho palabras

- **Información de los autores:**

- Nombre completo.
- Dos apellidos (excepto si el autor solicita incluir un solo apellido o si son apellidos ingleses, chinos u otros).
- Correo electrónico, apartado postal.
- Institución o compañía en la que laboran (nombre completo, no siglas). Dirección física o postal.

- Máximo seis autores
- **Introducción:**

Incluye los antecedentes, objetivos y alcance del problema. Solo se acepta redacción temática específica a la investigación y respaldada por la literatura. No se acepta redacción donde la literatura se empleó como inicio de cada párrafo o para cada tema.

 - Frases tienen menos de 20 palabras.
 - Los párrafos tienen menos de 120 palabras.
 - Concordancia entre género y número.
 - Sin frases de circunloquio “más vale decir que ...“. “sin lugar a dudas podría llegar a afirmarse que ...“.
 - No incluye gerundios.
 - Incluye el propósito de la investigación.
 - Incluye la importancia del problema en el marco de estudio.
 - Antecedentes más relevantes. Deben tener relación entre el trabajo e investigaciones anteriores.
 - Incluye las limitaciones de la investigación.
 - La información está respaldada con base en las citas bibliográficas.
 - El objetivo del trabajo está al final (no incluye actividades ni procedimientos).
 - Incluye el nombre científico de todos los animales y plantas (en cursiva; buscar en International Association for Plant Taxonomy rapt. Código Internacional de Nomenclatura Botánica).
 - Incluye la clasificación biológica de todo animal o planta que formó parte de la investigación.
 - El nombre científico mencionado por segunda vez, solo presenta la inicial mayúscula del género separada con punto de la especie, que va en letra cursiva.
 - Nombres comunes sin mayúscula.
 - Citas redactadas con base en la normativa.
 - Todas las citas aparecen en la literatura citada.
- **Materiales y métodos:**
 - Incluye lugar, periodo época donde se llevó a cabo el trabajo.
 - Condiciones climáticas o ambientales, cuando son empleadas en los resultados o en la discusión.

- Análisis físico-químicos del suelo.
- Diseño experimental (número de repeticiones, unidad experimental).
- Descripción de los tratamientos y las variables evaluadas.
- Debe indicar cómo se efectuó las mediciones, los criterios empleados o citas bibliográficas sobre la metodología empleada en la medición de las variables. Incluye la descripción de las escalas empleadas.
- Especificaciones de equipo y materiales (no incluye marcas comerciales).
- Descripción de variedades o razas utilizadas (origen, tipo edad, etc.), y justificación de su empleo. Puede incluir citas bibliográficas sobre las variedades o razas.
- Prácticas culturales y manejo experimental.
- Método de muestreo.
- Análisis estadístico.
- Todas las citas aparecen en la literatura citada.
- **Resultados:**
 - Presentación de datos obtenidos (resumido, ordenado, preciso, claro y conciso).
 - Los cuadros y figuras están nombrados en el texto. DE PREFERENCIA EMPLEAR FIGURAS.
 - No se repite información en los cuadros, figuras y texto.
 - No presenta cuadros de gran tamaño (una hoja o más). Contienen toda la información para su interpretación (abreviaturas, tratamientos, estadística, etc.).
 - Los párrafos no son mayores de 22 líneas.
 - Verificada la puntuación y ortografía.
 - Expresión adecuada de las ideas.
 - No incluye cuadros del análisis de varianza. Describe en el texto la información obtenida de dichos análisis.
 - Las comunicaciones personales se colocan en el texto del documento únicamente.
 - Los cuadros y figuras tienen un título que explique su contenido independiente del texto.
 - Títulos de las columnas e hileras de los cuadros y figuras no incluyen abreviaturas.
 - Los títulos de los cuadros y las figuras tienen ubicación (lugar y país).
 - Los cuadros y las figuras tienen la fecha o año en que se efectuó la toma de los datos presentados.

- Los cuadros y figuras aparecen inmediatamente después de nombrarse por primera vez.
- Los títulos de los cuadros y figuras se presentan en inglés y en español.
- Los signos en los cuadros y figuras se explican cómo nota al pie del cuadro o figura.
- Los cuadros y figuras tienen numeración secuencial.
- Las abreviaturas y signos están redactados con base en el Sistema Internacional de Pesos y Medidas.
- Evita el inicio de un párrafo con frases como: “Como se observa en el cuadro...”. “En el cuadro...”. “En la figura...”.
- **Discusión**
 - Analiza los datos obtenidos.
 - Todas las citas se presentan en la literatura citada.
 - Los párrafos no son mayores de 22 líneas.
 - Verificada la puntuación y ortografía.
 - Expresión adecuada de las ideas.
 - Las comunicaciones personales se colocan en el texto del documento únicamente.
 - Las abreviaturas y signos están redactados con base en el Sistema Internacional de Pesos y Medidas.
 - Establece relaciones entre causas y efectos.
 - Aclara las limitaciones dentro de las cuales se desarrolló el experimento.
 - Se diferencia con otros experimentos similares anteriores.
 - Evita el inicio de un párrafo con frases como: “Como se observa en el cuadro...”. “En el cuadro...”. “En la figura...”.
 - Incluye aplicaciones prácticas y teóricas.
 - Se debe discutir el significado de los resultados y desarrollar aquellos no esperados o contradictorios.
 - No se acepta proponer recomendaciones comerciales basadas en un trabajo muy específico.
- **Conclusiones**
 - Se deben presentar las conclusiones con una redacción clara y concisa, indicando las pruebas que respaldan cada una de ellas.
 - Deben ser consistentes con los objetivos de la investigación y responden a ellos.

- No se permite resumir resultados, ni presentar una repetición de lo desarrollado en el trabajo.
- **Literatura citada:**
 - Es lo más reciente posible (de los diez últimos años), e incluye artículos clásicos en su temática.
 - Está ordenada alfabéticamente por apellido del autor.
 - Cuando hay varias referencias bibliográficas de un mismo autor se ordenan cronológicamente por año de publicación, si coinciden en año se debe agregar junto a este las letras a, b, c, ...
 - Dos o más referencias de un mismo autor en colaboración con otros autores, se ordenaron alfabéticamente bajo el apellido del primer autor.
 - El nombre de un mismo autor se repite cuando hay dos o más referencias. No sustituye el nombre por la línea. Si está acompañado de coautores, los nombres se registran nuevamente.
 - Sigue las normas de la ASA

Aviso de derechos de autor/a

1. Política propuesta para revistas de acceso abierto

Los autores/as que publiquen en esta revista aceptan las siguientes condiciones:

- Los autores/as conservan los derechos de autor y ceden a la revista el derecho de la primera publicación, con el trabajo registrado con la licencia de atribución de Creative Commons, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.
- Los autores/as pueden realizar otros acuerdos contractuales independientes y adicionales para la distribución no exclusiva de la versión del artículo publicado en esta revista (p. ej., incluirlo en un repositorio institucional o publicarlo en un libro) siempre que indiquen claramente que el trabajo se publicó por primera vez en esta revista.
- Se permite y recomienda a los autores/as a publicar su trabajo en Internet (por ejemplo en páginas institucionales o personales) antes y durante el proceso de revisión y

publicación, ya que puede conducir a intercambios productivos y a una mayor y más rápida difusión del trabajo publicado (vea [The Effect of Open Access](#)).

Declaración de privacidad

Los nombres y direcciones de correo-e introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines declarados por esta revista y no estarán disponibles para ningún otro propósito.

Cuotas de los autores/as

Esta revista cobra a los autores/as los precios que se muestran a continuación.

Envío	de	Artículos:	0,00	(USD)
-------	----	------------	------	-------

La Revista Agronomía Mesoamericana no cobra por concepto de envío de trabajos

Publicación	de	Artículos:	0,00	(USD)
-------------	----	------------	------	-------

La Revista Agronomía Mesoamericana no realiza cobro alguno por concepto de publicación.

© 2016 Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica y se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivar 3.0 Internacional. Para más información escribanos a pccmca@ucr.ac.cr