

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Relación de 17 características físicas del ganado lechero con su productividad en sistemas de producción láctea en pastoreo en las faldas del Volcán Poás, Costa Rica.

Juan Manuel Villalobos Álvarez

Tesis presentada para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

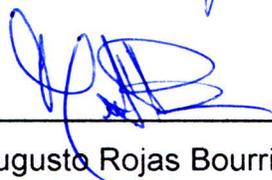
2015

Esta tesis fue aceptada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.



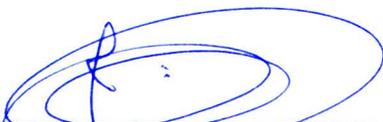
Ing. Rodolfo WingChing Jones, M.Sc.

Director de tesis



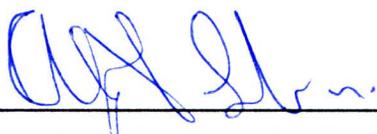
Ing. Augusto Rojas Bourrillon, M. Sc.

Miembro del tribunal



Ing. Jorge Alberto Elizondo Salazar, Ph. D.

Miembro del tribunal



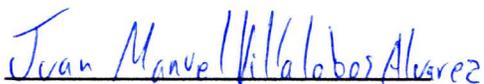
Ing. Alejandro Saborío Montero, Lic.

Miembro del tribunal



Ing. Andrea Brenes Soto M. Sc.

Directora de Escuela



Juan Manuel Villalobos Álvarez

Sustentante

Resumen

La evaluación y análisis de las características físicas de las vacas y su relación con los parámetros productivos y reproductivos de los sistemas de producción lechera ubicados en las faldas del Volcán Poás es importante porque permite conocer las variables físicas a considerar para descarte voluntario. Para tal fin se recopiló la información de 1260 vacas de las razas Holstein y Jersey, se elaboró una base de datos con información de cada animal con variables productivas (Producción diaria por vaca y Producción por lactancia ajustada a 305 días) y reproductivas (Intervalo entre partos, Días abiertos, Días post parto al primer servicio y Servicios por concepción). Luego se evaluaron físicamente todos los animales y estos datos también ingresaron a la base de datos y así poder analizar la influencia de las características físicas sobre la producción y reproducción. Por medio del análisis de varianza para la comparación de promedios, las correlaciones fenotípicas entre características físicas y las variables reproductivas y productivas todas fueron cercanas a cero. El modelo de regresión no utilizó categorización de las variables independientes, y la selección de variables fue por el método de stepwise. Este análisis de regresión muestra que en la raza Jersey la estatura, las patas traseras vistas desde atrás, la ubre delantera y la altura de la ubre trasera son las variables físicas que influyen el intervalo entre partos. Mientras que para el tiempo entre el parto y el primer servicio es la colocación de pezones delanteros, y en el caso del tiempo entre el parto y concepción la mayor influencia se da por la estatura y el largo de los pezones. La producción de leche a 305 días se ve afectada por la angulosidad, profundidad corporal, ancho de la ubre trasera y colocación de pezones delanteros, mientras que la producción diaria se afecta por la posición de los pezones delanteros también. El intervalo entre partos para las vacas Holstein se ve más afectado por el ángulo de anca, ligamento central y colocación de los pezones traseros, mientras que los días necesarios para el primer servicio post parto son influenciados por angulosidad, curvatura de las patas, ligamento central, profundidad

de ubre y colocación de pezones delanteros, mientras que el periodo parto-concepción está influenciado principalmente por la fortaleza, curvatura de las patas, patas vistas de atrás y el ángulo de la pezuña. La fortaleza afecta la cantidad de servicios necesarios para la concepción en esa misma raza. En el área de producción de la Holstein en una lactancia la angulosidad, profundidad corporal, ubre delantera, ancho de ubre trasero y la profundidad de ubre son las variables físicas de mayor influencia, mientras que en la producción diaria es el ángulo de pezuña.

Con el análisis multivariado (componentes principales) se pudo sintetizar la información y encontrar correlaciones de características físicas entre sí, y agrupar características de ubre entre sí y diferenciarlas de las de patas por ejemplo.

Es importante considerar el uso de diferentes variables físicas para realizar un descarte voluntario de animales.

Las correlaciones fenotípicas obtenidas en las razas Jersey y Holstein son cercanas a cero, indicando que hay poca asociación directa entre ellas.

Para las vacas Jersey el intervalo entre partos recibe más influencia de la estatura, las patas vistas de atrás, la ubre delantera, y la altura de la ubre trasera. La producción a 305 días recibe mayor influencia del ancho trasero de ubre, angulosidad, profundidad corporal, la colocación de pezones delanteros.

El intervalo entre partos de las vacas Holstein tiene mayor influencia del ángulo del anca, el ligamento central de la ubre y la colocación trasera de los pezones. La producción láctea en 305 días recibe más influencia de la angulosidad, profundidad de ubre, ancho de la ubre trasera, profundidad corporal y la ubre delantera.

En la raza Jersey se obtuvieron 3 componentes principales, donde uno se asocia a características de ubre, otro al cuerpo y el último a producción de leche y ubres. Las vacas Holstein presentaron 4 componentes principales: ubres, patas y pezuñas, lechero y corporal-patas.

Dedicatoria

A Dios.

Por darme día a día la salud, la sabiduría y la fuerza para lograr llegar hasta este punto de mi formación profesional.

A mis padres.

Por haberme apoyado cada instante de este proceso, por tenerme paciencia cuando no los comprendí, por enseñarme los valores importantes en la vida y compartir conmigo los momentos malos y los éxitos en mi proceso educativo.

A mi esposa.

Por ser mi compañera desde hace años, ayudarme y apoyarme en el proceso de educación universitaria y más aún por la paciencia.

A mis hijos, María Belén, Juan Manuel y José Ignacio.

A ellos de manera muy especial, para darles el ejemplo de lo importante que es el trabajo duro y que no importa si el camino es largo y difícil, se debe llevar a un buen final.

Agradecimientos

A Dios por darme la sabiduría y oportunidad para llegar a esta etapa de mi educación.

A mi familia por apoyarme y darme lo mejor de cada uno, para lograr superar todos los años de educación con éxito.

Al M.Sc. Rodolfo WingChing por ser un apoyo incondicional en este trabajo final de graduación.

Al Lic. Alejandro Villavicencio y los productores de leche de la zona del Volcán Poás, por ayudarme a procesar y conseguir los datos necesarios para este trabajo.

A la Universidad de Costa Rica y la Escuela de Zootecnia, que me dieron los mejores años educativos de mi vida.

Al personal Impulso Pecuario S.A. y Select Sires Inc. por permitirme utilizar su equipo, programas y plataforma tecnológica.

Índice

Contenido

Resumen	iii
Dedicatoria	v
Agradecimientos.....	vi
Índice.....	vii
Índice de cuadros	x
Índice de figuras	xiv
I. Introducción	17
Objetivos	19
General:	19
Específicos:.....	19
II. Revisión de literatura	20
2.1 Características físicas de importancia económica	23
2.1.2 Angulosidad o carácter lechero (DF).....	27
2.1.3 Fortaleza (SR)	28
2.1.4 Capacidad corporal (BD).....	29
2.1.5 Ángulo de anca (RA).....	30
2.1.6 Ancho de anca (RW).....	31
2.1.7 Ligamento anterior de la ubre (ubre delantera) (FU)	32
2.1.8 Colocación de pezones delanteros (TP)	32
2.1.9 Colocación de pezones traseros (RTP).....	33
2.1.10 Altura de la ubre trasera (RUH).....	34
2.1.11 Ancho de la ubre trasera (RUW)	35
2.1.12 Ligamento central de la ubre (US).....	36
2.1.13 Profundidad de la ubre (UD)	37
2.1.14 Angulo de la pezuña (FA)	38
2.1.15 Patas traseras vista lateral (curvatura de las patas) (LG).....	39
2.1.16 Patas traseras vistas desde atrás (LRV)	39
2.1.17 Medida de los pezones (TL).....	40
2.2 Longevidad y rentabilidad	40

2.3 Relación de las características de tipo y la producción de los animales según el tipo de instalaciones y manejo	44
2.3.1 Importancia de la salud de las patas y pezuñas en relación con la rentabilidad de las vacas lecheras	45
2.3.2 Importancia del nivel del anca en la reproducción de las vacas lecheras.....	46
2.3.3 Efecto de la ubre y descripción corporal en la vida productiva	47
2.4 Programa de evaluación lineal.....	50
III. Materiales y métodos	52
3.1 Descripción de la zona de estudio y climatología.....	52
3.2 Descripción de las fincas	52
3.3 Técnica de evaluación lineal de las características de conformación y tipo.....	54
3.4 Análisis estadístico.....	56
IV. Resultados y discusión.....	61
4.1 Correlaciones fenotípicas de las características de tipo (variables independientes) con variables productivas y reproductivas (dependientes)	61
4.2 Análisis de varianza o comparación de promedios	67
4.2.1 Efecto de la finca, edad del animal y número de lactancias sobre las variables productivas y reproductivas analizadas	67
4.2.2 Efecto de las características de cuerpo sobre variables productivas y reproductivas en estudio.....	71
4.2.3 Efecto de las características de ubre sobre variables productivas y reproductivas en estudio.....	74
4.2.4 Efecto de las características de patas y pezuñas sobre las variables reproductivas en estudio.....	78
4.3 Análisis de regresión.....	81
4.3.1 Características físicas con mayor influencia en el Intervalo entre Partos (IEP)	81
4.3.2 Características físicas con mayor influencia en el Intervalo parto – primer servicio (P1SR).....	83
4.3.3 Características físicas con mayor influencia en el Intervalo parto – concepción....	85
4.3.4 Características físicas con mayor influencia en el número de servicios necesarios para la concepción.....	86
4.3.5 Características físicas con mayor influencia en la producción de leche en una lactancia corregida a 305 días	87
4.3.6 Características físicas con mayor influencia en la producción de leche diaria.....	90

4.4 Análisis multivariado	91
V. Conclusiones	96
5.1 Variables a considerar para descarte voluntario	96
5.1.1 Características corporales	96
5.1.2 Características de ubre	96
5.1.3 Características de patas y pezuñas	97
Literatura citada.....	99

Índice de cuadros

Cuadro	Título	Página
1	Importancia económica relativa de las características físicas para el cálculo del índice de características funcionales (FTI) en la raza Jersey.	22
2	Variables y medidas analizadas para el componente corporal en el sistema de clasificación para la raza Jersey.	23
3	Variables y medidas analizadas para el componente de patas en el sistema de clasificación para la raza Jersey.	24
4	Variables y medidas analizadas para el componente de ubre en el sistema de clasificación para las razas Jersey.	24
5	Variables y medidas analizadas para el componente corporal en el sistema de clasificación para la raza Holstein.	25
6	Variables y medidas analizadas para el componente de patas en el sistema de clasificación para la raza Holstein.	25
7	Variables y medidas analizadas para el componente de ubre en el sistema de clasificación para la raza Holstein.	26
8	Medias del puntaje en escala 1 al 10 (+- desviación estándar) de algunas características de patas y pezuñas para los diferentes sistemas de estabulado	45
9	Correlaciones genéticas (desviación estándar en los paréntesis) de las características físicas de cuerpo con producción de leche y peso corporal	49

Cuadro	Título	Página
10	Correlaciones genéticas (desviación estándar en los paréntesis) de las características de ubre con producción de leche, peso corporal y células somáticas.	50
11	Comparación de diversos programas utilizados para evaluar las características físicas de los animales de razas lecheras, para recomendación de sementales para el mejoramiento genético	51
12	Información productiva y reproductiva de las fincas utilizadas en esta investigación	I 54
13	Variables ordinales de cuerpo con su abreviatura y grado de agrupamiento según puntaje	58
14	Variables ordinales de patas y pezuñas con su abreviatura y gado de agrupamiento según puntaje	58
15	Variables ordinales de ubre con su abreviatura y grado de agrupamiento según puntaje	59
16	Correlaciones fenotípicas obtenidas entre las características físicas y los parámetros productivos y reproductivos analizados para la raza Jersey	65
17	Correlaciones fenotípicas obtenidas entre las características físicas y los parámetros productivos y reproductivos analizados para la raza Holstein	66

Cuadro	Título	Página
18	Resumen de datos productivos y reproductivos por finca, edad y lactancia para vacas de la raza Jersey	70
19	Resumen de datos productivos y reproductivos por finca, edad y lactancia para vacas de la raza Holstein	71
20	Características físicas de cuerpo y su influencia en la reproducción y producción de las vacas Jersey	73
21	Características físicas de cuerpo y su influencia en la reproducción y producción de las vacas Holstein	74
22	Características físicas de conformación de ubre y su influencia en la reproducción y producción de las vacas Jersey.	77
23	Características físicas de conformación de ubre y su influencia en la reproducción y producción de las vacas Holstein	78
24	Características físicas de conformación de patas y pezuñas y su influencia en la reproducción y producción de las vacas Jersey	80
25	Características físicas de conformación de patas y pezuñas y su influencia en la reproducción y producción de las vacas Holstein	80
26	Características físicas con mayor influencia en el intervalo entre partos para la raza Jersey	82

Cuadro	Título	Página
27	Características físicas con mayor influencia en el intervalo entre partos para la raza Holstein	83
28	Características físicas con mayor influencia intervalo parto-primer servicio para la raza Holstein	84
29	Características físicas con mayor influencia en el intervalo parto-primer servicio para la raza Jersey	84
30	Características físicas con mayor influencia en el intervalo parto-concepción para la raza Jersey	85
31	Características físicas con mayor influencia en el intervalo parto-concepción para la raza Jersey	85
32	Características físicas con mayor influencia en el número de servicios para la concepción en la raza Holstein	87
33	Características físicas con mayor influencia en la producción de leche en una lactancia corregida a 305 días para la raza Holstein	88
34	Características físicas con mayor influencia en la producción de leche en una lactancia corregida a 305 días para la raza Jersey	88
35	Característica física con mayor influencia en la producción de leche diaria corregida para la raza Holstein	90
36	Característica física con mayor influencia en la producción de leche diaria corregida para la raza Jersey	91
37	Correlaciones lineales entre las variables observadas y los tres componentes principales extraídos para la raza Jersey	94
38	Correlaciones lineales entre las variables observadas y los tres componentes principales extraídos para la raza Holstein	94

Índice de figuras

Figura	Título	Página
1	Descripción del aporte porcentual de cada componente en la fórmula del TPI actual de los animales Holstein	21
2	Descripción del aporte porcentual de cada componente en la fórmula del TPI (raza Holstein) para el año 2000	21
3	Vista lateral y trasera para la determinación del carácter lechero, observar las costillas y el área del cuello	27
4	Animal con adecuada separación y ángulo de costillas. Ejemplo de buen carácter lechero	28
5	Punto de medición de la amplitud de pecho	28
6	Ejemplo de animal Holstein con adecuada fortaleza	29
7	Vista lateral de la profundidad corporal, diferencia en el área abdominal y el costillar	29
8	Vaca Holstein rojo con extrema profundidad corporal, amplia cavidad abdominal y costillar	30
9	Ángulo de anca, diferentes niveles de las puntas del anca con respecto a la cadera	31
10	a)Representación gráfica del ancho de anca. b)Punto de medición del ancho del anca	31
11	Fortaleza del ligamento anterior. Ejemplo de ligamento anterior muy fuerte	32

Figura	Título	Página
12	Colocación de pezones delantera	33
13	Ejemplo de colocación delanteros abiertos	33
14	Diagrama de la colocación de pezones traseros	34
15	Diagrama de la altura de la ubre trasera, según la distancia del tejido superior secretor de leche con respecto a la vulva	35
16	Diagrama del ancho de la ubre posterior, medida en la parte superior del tejido secretor de leche, según tres diferentes grados, angosta, intermedia y ancha.	35
17	Diagrama del ligamento central de la ubre, según su grado de fortaleza, débil, intermedio y fuerte	36
18	Ejemplar de la raza Holstein con ligamento central considerado muy fuerte	37
19	Grado de profundidad de la ubre, según ubicación del piso de la ubre con respecto al corvejón	38
20	Grados del ángulo de la pezuña utilizados en la evaluación de animales lecheros, bajo, intermedio o alto según su ángulo respecto al suelo	38
21	Diferentes grados de la vista lateral de patas traseras según su curvatura: rectas, intermedia y curva	39
22	Patas traseras vista posterior, según colocación de los cascos y corvejones	40

Figura	Título	Página
23	Diagrama del largo de los pezones delanteros, cortos, adecuados y largos según su longitud	40
24	Promedio del intervalo entre partos (días) en relación al puntaje del nivel del anca (1= alto, 5= nivelada, 9= bajo)	47
25	Proporción de la varianza en función del número de componentes principales (Comp) seleccionados para la raza Jersey (superior) y la raza Holstein (inferior)	92

I. Introducción

La relación entre las características físicas de las vacas lecheras y su producción y reproducción ayuda con el descarte voluntario de animales. Una adecuada selección de las características físicas permite escoger un tipo de animal que sea adecuado al sistema, donde el animal se adapte a un medio ambiente específico, para lograr una producción de mayor rentabilidad, por el mayor tiempo posible. Con esta investigación se pretende solventar el problema de la especulación de las características físicas que debe tener una vaca para ser una rentable productora de leche. La conformación deseable de una vaca lechera debe incluir las características físicas asociadas con alta producción de leche por un largo periodo de tiempo, que le permita tener una vida productiva libre de problemas (Stamschror et al. 2000).

La escogencia de la zona del Volcán Poás como el área donde se evaluó los animales, favorece porque la mayoría de las empresas lecheras ubicadas en esta área, cuentan con sistemas de producción que consisten en pastoreo y suplementación, en general el pastoreo se realiza en repastos de Kikuyo (*Kikuyuocloa clandestinum*) en asociación con trébol blanco (*Trifolium spp.*), además suplementan a los animales con el alimento balanceado, minerales y otros como melaza, levadura, entre otros.

En el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, la zona en estudio se clasifica como Bosque Húmedo Subtropical (Holdridge 1967). Esta zona cuenta con una precipitación promedio de 3441 m.m. anuales y 17,2 grados Celsius de temperatura promedio anual, además la altitud va de los 1650 m.s.n.m. hasta los 2600 m.s.n.m. (Mena 2010).

Estas empresas lecheras cuentan con un grado de tecnificación similar y con el uso del programa de manejo de hatos lecheros VAMPP®. Este programa es el más utilizado en Costa Rica y el cual es de uso y actualización rutinaria, por lo que hay gran disponibilidad de datos de producción, necesarios para esta investigación.

El propósito de este estudio exploratorio es evaluar la relación entre las características físicas de conformación y los parámetros de reproducción y producción de las vacas Holstein y Jersey, para lograr obtener esa relación se realizó

un análisis de varianza para la comparación de promedios, un análisis de regresión lineal múltiple y un análisis de componentes principales. Para obtener la descripción física de cada animal, se procedió a evaluar o describir cada uno en 17 diferentes características físicas, en base a una escala del 1 al 9, según los parámetros establecidos por el programa Select Mating Service®.

Un ejemplo de la importancia de la descripción física de las vacas, es la conformación de las patas y pezuñas, ya que los problemas en ellas incrementan los costos y disminuye la producción láctea (Green et al. 2002). El desecho involuntario de animales debido a problemas de salud y bajo desempeño reproductivo es mayor para el 2003 en comparación a los años 90 (Dechow et al. 2004b).

La revisión de la información disponible en fincas y su asociación con las características físicas (de tipo y conformación) de los animales, va a permitir el desarrollo de un sistema de selección de animales para el descarte voluntario de los mismos para estos sistemas de producción, con la meta de optimizar el recurso animal y la productividad de las fincas.

Objetivos

General:

1. Evaluar caracteres de tipo y conformación y relacionarlos con la producción y reproducción de vacas Jersey y Holstein en la zona del Volcán Poás, Costa Rica

Específicos:

1. Asociar los caracteres de tipo y conformación medidos, con la información productiva y reproductiva proporcionada por los registros en finca.
2. Caracterizar el tipo y conformación de importancia en la producción de leche de vacas Jersey y Holstein.
3. Seleccionar las variables de tipo y conformación que optimizan el descarte voluntario del ganado lechero.

II. Revisión de literatura

Lograr hatos lecheros de vacas con el tipo y producción deseada por cada criador y productor, es un reto para los programas de selección genética. Estos programas están diseñados para aumentar los promedios de producción de leche por vaca, los cuales generan resultados que superan a la población evaluada. De manera involuntaria las características que afectan la funcionalidad de los animales y los costos de producción están correlacionadas de forma negativa con la producción de leche, como por ejemplo la fertilidad y la salud (Stevenson 2012). Debido a la disminución en la funcionalidad y la preocupación por el aumento en los costos de producción, la selección genética hace énfasis, en las características que mejoran la funcionabilidad y disminuye el interés en aquellas asociadas a la producción (Dechow et al. 2004b). Este nuevo enfoque del mejoramiento genético presenta limitantes, como la baja heredabilidad y la poca información disponible por lo que este tipo de selección es difícil de comparar con la selección enfocada a variables de producción (Boettcher 2005).

Un ejemplo de esto es la actual fórmula de Índice de Tipo y Producción (TPI) de la Asociación Holstein de los Estados Unidos de Norteamérica, la cual hace mayor énfasis a características como los componentes de ubre, patas y pezuñas, al igual que a la tasa de preñez de las hijas, en comparación al año 2000. Otro cambio importante en el TPI es la reducción del 27% en la importancia a la producción de sólidos y la introducción de la vida productiva con un 9%, demuestra el mayor interés de los criadores Holstein en animales longevos. Además, se incrementó el peso del tipo o conformación para así reflejar mejor el balance entre tipo y producción que buscan los criadores actualmente (Holstein Association 2011), para tener vacas con pocos problemas reproductivos y de salud, y buena longevidad. El incremento en la importancia de la conformación adecuada de patas y ubres, al igual que la fertilidad (tasa de preñez de las hijas), es apreciable en las Figuras 1 y 2, donde se muestran los componentes y su importancia relativa en la fórmula del TPI® para los años 2000 y 2011.

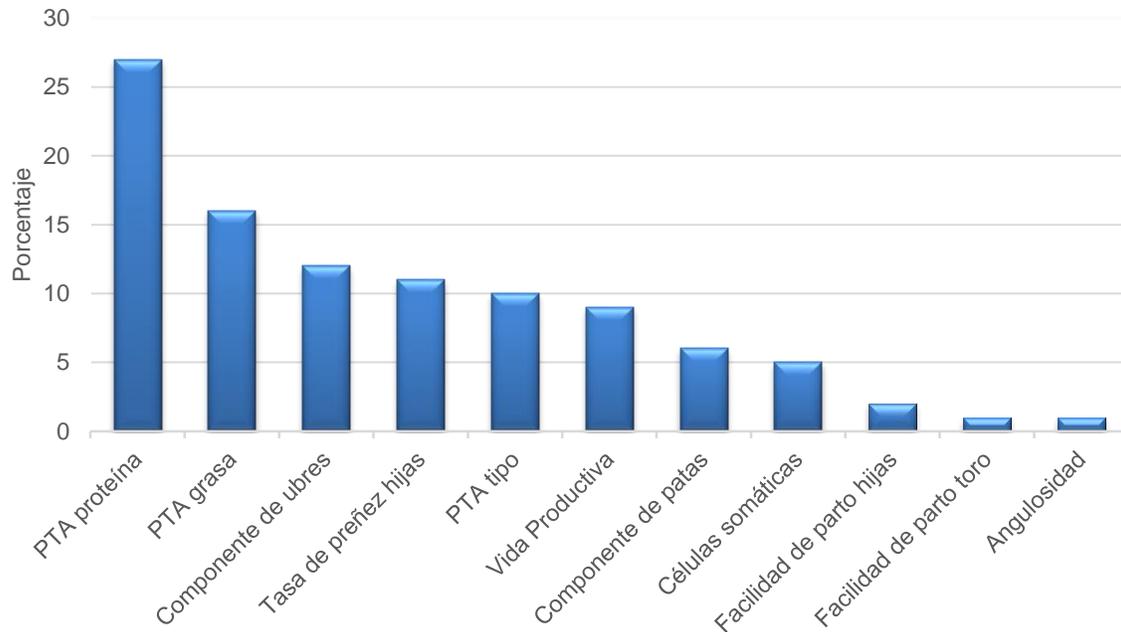


Figura 1. Descripción del aporte porcentual de cada componente en la fórmula del TPI actual de los animales Holstein (Holstein Association USA 2011)

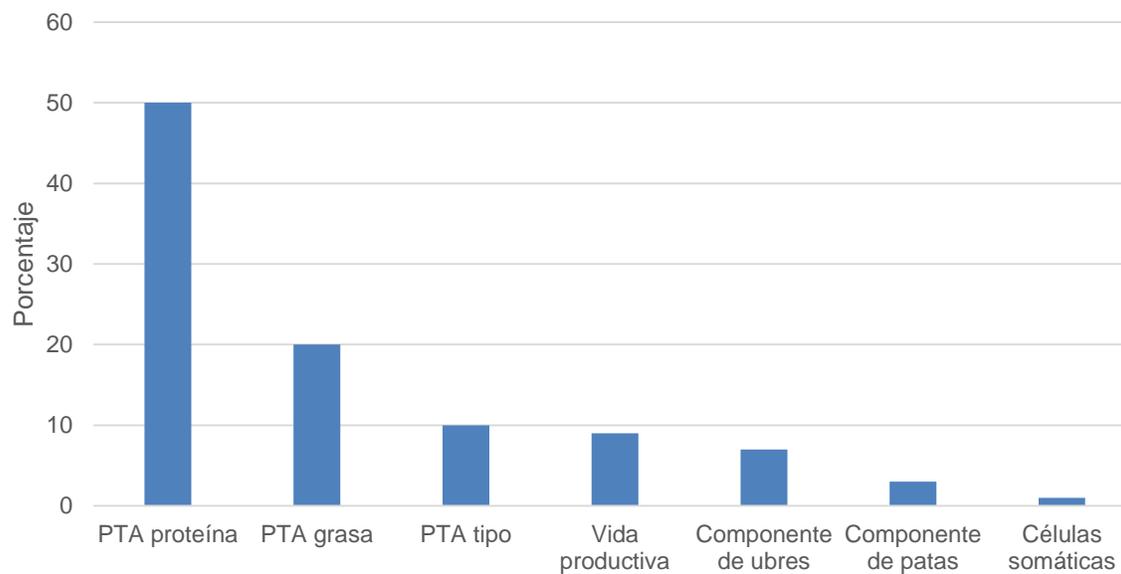


Figura 2. Descripción del aporte porcentual de cada componente en la fórmula del TPI (raza Holstein) para el año 2000 (Kearney y Shutz. 2000)

Lo mismo se percibe en los programas de mejoramiento de la raza Jersey, donde la Asociación de Criadores Jersey Americanos, en su índice del JPI¹, indican un peso relativo de la selección de los animales de 27% para las variables de la vida productiva y el tipo funcional (US Jersey Cattle Association 2010).

Los parámetros de tipo varían según las necesidades y exigencias de la época (Cuadro 1), Así por ejemplo para el año 2010 se deseaba una vaca más pequeña que la que se buscaba en el 2000, además con mejor ligamento central y ancas más anchas (Holstein Association USA 2011) . También la profundidad de la ubre a partir del 2010 se torna la característica de mayor importancia. La profundidad de ubre se toma con el valor de 1,0; las demás características se expresan de forma relativa a dicha característica.

Cuadro 1. Importancia económica relativa de las características físicas para el cálculo del índice de características funcionales (FTI), en la raza Jersey según US Jersey Cattle Association 2010.

Año	ST	SR	DF	FA	RL	RA	RW	FU	RUH	RUW	UD	UC	TP	TL
1998	-0,24	-0,22	-0,31	1,97	-0,83	-0,51	0,17	0,86	1,26	0,78	1,00	0,06	0,38	-1,37
2006	-0,31	-0,23	0,00	1,46	-0,51	0,37	0,18	0,32	1,33	0,82	1,00	0,06	0,19	0,21
2010	-0,50	-0,85	0,00	0,30	0,00	0,35	0,70	0,30	0,35	0,61	1,00	0,85	0,10	0,00

Nota: ST= estatura, SR= fortaleza, DF= carácter lechero, FA= ángulo de pezuña RL= patas traseras, RA= ángulo de anca, RW= ancho de anca, FU= inserción delantera de la ubre, RUH= altura ubre trasera, RUW= ancho ubre trasera, UD= profundidad de ubre, UC= ligamento central, TP= colocación de pezones, TL= Largo de pezones.

¹ 1.Formula actual de JPI: $(42 \times \text{PTA Proteína} / 16,8) + (15 \times \text{PTA Grasa} / 23,5) + (15 \times (\text{FTI} / 2,0) + (12 \times \text{Vida Productiva} / 1,9) + (10 \times \text{PTA Tasa de Preñez de las Hijas} / 1,0) + (6 \times (3,00 - \text{PTA células somáticas}) / 0,15)$. Donde FTI es el índice de características funcionales. US Jersey Cattle Association, 2010.

2.1 Características físicas de importancia económica

Las características funcionales son agrupadas para referirse a las características fenotípicas que son indicativos del bienestar de la vaca lechera, y dichas características forman parte de los diferentes índices de selección. Dentro de ese grupo de índices se encuentran los que miden eficiencia reproductiva, salud, resistencia a enfermedades, ingesta de alimentos y longevidad (Boettcher 2005). Dentro de estas características para la selección de los animales, se tienen 17 variables de tipo funcional que se analizan, según los criterios de la clasificación oficial de la Asociación Holstein de los Estados Unidos de Norteamérica (Holstein Association 2012 y la US Jersey Cattle Association 2012). En el Cuadro 2,3,4,5,6 y 7 se pueden apreciar las diferentes variables y su escala según la raza.

Cuadro 2. Variables y medidas analizadas para el componente corporal en el sistema de clasificación para la raza Jersey según US Jersey Cattle Association (2012).

Variable	Puntuación	Interpretación
Estatura	1	Menor a 1,11 m. es muy baja
	25	1,24 m es intermedia
	80	Mayor a 1,52 m. es muy alta
Fortaleza	1-10	Debilidad extrema
	≥40	Fortaleza extrema
Carácter lechero	20≤	Animal tosco, sobrecondicionado
	≥40	Excesivo carácter lechero, fragilidad
Ángulo de grupa	1	Isquiones altos
	20	Anca nivelada
	50	Isquiones bajos
Ancho de grupa	1	5,08 cm. Estrecha
	25	11,42 cm. Intermedio
	50	17,78 cm. Abierta

Cuadro 3. Variables y medidas analizadas para el componente de patas en el sistema de clasificación para la raza Jersey según US Jersey Cattle Association (2012).

Variable	Puntuación	Interpretación
Curvatura de las patas	1	Muy rectas
	25	Curvatura leve
	50	Muy curvas
Angulo de la pezuña	1	Angulo muy bajo
	25	Angulo intermedio
	45-50	Angulo muy alto

Cuadro 4. Variables y medidas analizadas para el componente de ubre en el sistema de clasificación para la raza Jersey según US Jersey Cattle Association (2005).

Variable	Puntuación	Interpretación
Ubre anterior	1	Extrema debilidad
	25	Intermedia, levemente suelta
	50	Extrema fortaleza y larga
Altura de la ubre posterior	1	Muy baja
	15	Intermedia
	50	Muy alta
Ancho de la ubre posterior	1	Muy estrecha
	25	Intermedio (17,8 cm)
	50	Muy amplia
Ligamento central	15	Soporte débil (1,3 cm)
	25	Intermedio (3,8 cm)
	35	Fuerte (6,4 cm)
Profundidad de Ubre	1	Abajo del corvejón
	25	Arriba de los corvejones
	50	17,8 cm arriba del corvejón
Colocación de pezones Delanteros	1	Muy distantes fuera del cuarto
	30	Centralizados en el cuarto
Longitud de los pezones	50	Muy juntos, en el interior del cuarto
	1	2,0 cm
	25	5,0 cm
	50	12,7 cm

Cuadro 5. Variables y medidas analizadas para el componente corporal en el sistema de clasificación para la raza Holstein, según Holstein Association (2012).

Variable	Puntuación	Interpretación
Estatura	1-5	Menor a 1,29 m. es muy baja
	25	1,42 m es intermedia
	45-50	Mayor a 1,49 m. es muy alta
Fortaleza	1-5	Debilidad extrema y estrecha
	25	Intermedia
	45-50	Extrema fortaleza y amplitud
Profundidad corporal	1-5	Cuerpo poco profundo
	25	Intermedio
	45-50	Cuerpo muy profundo
Carácter lechero	1-5	Costillas estrechas
	25	Intermedia
	45-50	Costillas muy abiertas
Ángulo de grupa	1-5	Isquiones altos
	25	Poca inclinación del anca
	45-50	Isquiones bajos

Cuadro 6. Variables y medidas analizadas para el componente de patas en el sistema de clasificación para la raza Holstein según Holstein Association (2012).

Variable	Puntuación	Interpretación
Curvatura de las patas	1-5	Muy rectas
	25	Postura intermedia
	45-50	Muy curvas
Ángulo de la pezuña	1-5	Ángulo muy bajo
	25	Ángulo intermedio
	45-50	Ángulo muy alto
Patás vista posterior	1-5	Pezuñas hacia afuera
	45-50	Pezuñas paralelas

Cuadro 7. Variables y medidas analizadas para el componente de ubre en la clasificación para la raza Holstein según Holstein Association (2012).

Variable	Puntuación	Interpretación
Ubre anterior	1-5	Extrema debilidad
	25	Intermedia
	50	Extrema fortaleza
Altura de la ubre posterior	1-5	Baja estatura
	25	Intermedia
	45-50	Extrema altura
Ancho de la ubre posterior	1-5	Muy estrecha
	25	Intermedio
	45-50	Muy amplia
Ligamento central	1-5	Soporte débil
	25	Intermedio
	45-50	Fuerte
Profundidad de Ubre	1-5	Muy profunda, abajo del corvejón
	25	Arriba de los corvejones
	45-50	Muy arriba del corvejón
Colocación de pezones delanteros	1-5	Muy distantes fuera del cuarto
	25	Centralizados en el cuarto
	45-50	Muy juntos, en el interior del cuarto
Longitud de los pezones	1-5	3,1 cm
	25	5,6 cm
	45-50	8,1 cm
Colocación de pezones traseros	1-5	Muy distante, fuera del cuadro
	25	Central debajo del cuarto
	25-50	Muy juntos. Interior del cuarto

2.1.1 Estatura (STA)

La estatura es medida desde el suelo hasta la línea dorsal tanto en el área del anca como en la inserción de los hombros, y debe existir una adecuada proporción entre ambas. Se toma en cuenta el largo de los huesos donde un patrón de huesos largos en el cuerpo es lo deseado (Stamschror et al. 2000). Para un animal Holstein la altura promedio es de 1,40 m y para un animal Jersey es de 1,20 m. En la actualidad, animales de tamaño excesivo no son los más deseables entre los criadores de la raza Holstein (Holstein Association 2012).

2.1.2 Angulosidad o carácter lechero (DF)

Evalúa la evidencia física de la capacidad para producir leche. Se le da mayor énfasis a la apertura y angulosidad² general del cuerpo, pero se debe mantener una fortaleza adecuada, los huesos del animal deben ser planos. Las costillas deben estar lo más separadas posible, ser amplias, planas y con dirección de adelante hacia atrás. El cuello debe ser largo y limpio, acompañado de una inserción de hombros no redondeada y sin exceso de grasa (Stamschror et al. 2000). Esta descripción es apreciable en las Figuras 3 y 4.

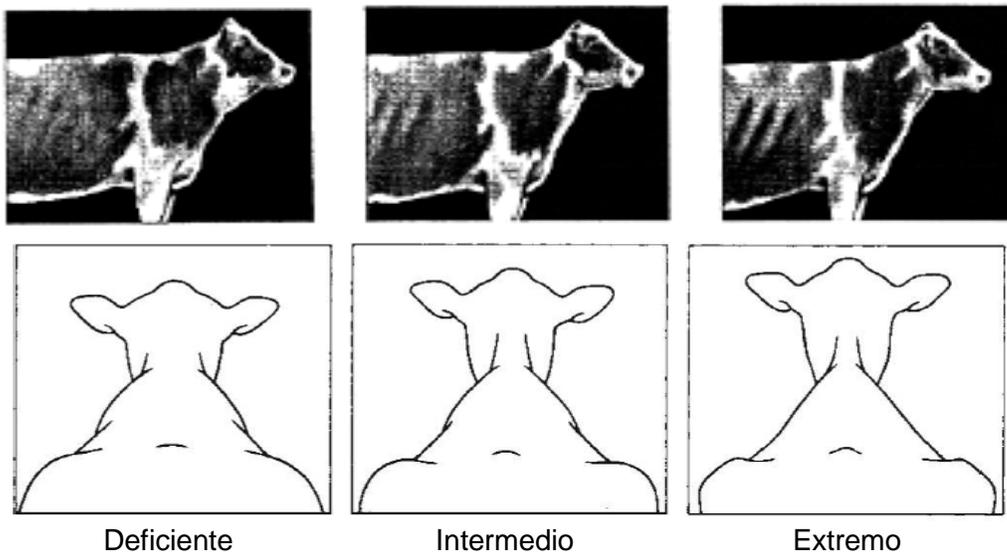


Figura 3. Vista Lateral y trasera para la determinación del carácter lechero, observar las costillas y el área del cuello (Stamchror et al. 2000)

² Limpieza, cantidad de grasa corporal apreciable a la vista.



Figura 4. Animal con adecuada separación y ángulos de costillas. Ejemplo de buen carácter lechero

2.1.3 Fortaleza (SR)

La fortaleza es medida como el ancho y profundidad del pecho, el punto donde se mide se indica en la Figura 5. Una vaca con adecuada fortaleza tiene una buena amplitud de pecho y huesos fuertes en sus extremidades delanteras (Figura 6). También se debe observar el tamaño de las fosas nasales, el grosor del hueso de las extremidades delanteras y la línea dorsal (US Jersey Cattle Association 2012).



Figura 5. Punto de medición de la amplitud del pecho (Holstein Canada 2007)



Figura 6. Ejemplo de animal Holstein con adecuada fortaleza

2.1.4 Capacidad corporal (BD)

La capacidad corporal es evaluada al analizar la estructura de las costillas, en donde, una buena apertura de las costillas (Figura 7) se asocia con una mayor capacidad de consumo, sin embargo varios estudios realizados no apoyan esta teoría, debido a que en la región torácica no se ubica el sistema digestivo del animal (Stamchror et al. 2000). Una vaca con gran profundidad corporal debido a un costillar muy amplio y arqueado, y una gran capacidad en el área abdominal, se puede observar en la figura 8.

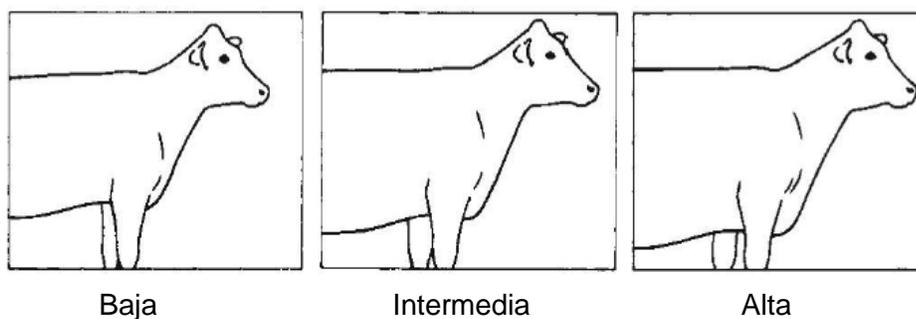


Figura 7. Vista lateral de la profundidad corporal, diferencia en el área abdominal y el costillar (US Jersey Cattle Association (2012))



Figura 8. Vaca Holstein rojo con extrema profundidad corporal, amplia cavidad abdominal y costillar

2.1.5 Ángulo de anca (RA)

Las puntas del anca deben estar levemente más bajas que los huesos de la cadera. Este leve desnivel se asocia con menos problemas al parto, disminución de problemas reproductivos y mayor vida productiva (Holstein Association USA 2012). Un ejemplo es la correlación genética desfavorable existente entre el ángulo de anca y el intervalo entre partos, ya que las vacas con puntas de ancas altas, tienen intervalo entre partos más largos (Wall et al. 2005). Cuando las puntas del anca están más altas que la cadera la unión coxo femoral se coloca muy atrás. Por el contrario en los animales con ancas muy bajas se afecta su movilidad al tener mayor curvatura desde el corvejón hasta el anca (Stamchror et al. 2000). La siguiente figura (Figura 9), muestra la ubicación de las puntas del anca con respecto a la cadera en sus diferentes niveles.



Muy alta.

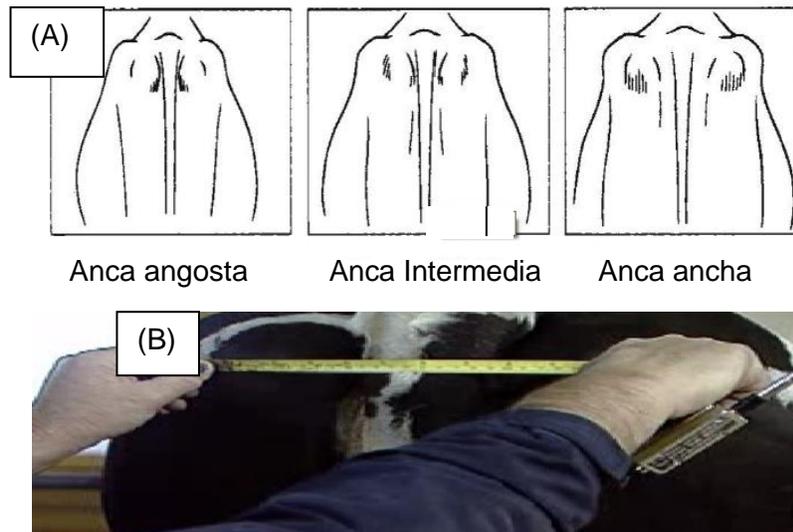
Nivel Adecuado

Muy baja

Figura 9. Ángulo de anca, diferentes niveles de las puntas del anca con respecto a la cadera (Holstein Canada 2007)

2.1.6 Ancho de anca (RW)

El ancho de anca mide la distancia entre los puntos medios de las puntas del anca (US Jersey Cattle Association 2012). Además se debe tener en cuenta toda la estructura del anca, y se incluye el ancho de la cadera. El ancho de anca es muy importante en la facilidad de parto al igual que en la eficiencia reproductiva (Holstein Canada 2007). Se puede observar el comparativo de ancho de anca y punto de medición en la Figura 10.



Anca angosta

Anca Intermedia

Anca ancha

Figura 10. A- Representación gráfica del ancho de anca (US Jersey Cattle Association 2012). B- Punto de medición del ancho del anca (Holstein Canada 2007)

2.1.7 Ligamento anterior de la ubre (ubre delantera) (FU)

Mide la fortaleza de la unión de la ubre con la pared corporal por medio del ligamento lateral. Es una de las características más importantes para la vida productiva (Stamschorr et al. 2000). Debe estar firmemente adherida y con amplia capacidad (Holstein Association 2012). En un estudio realizado en Canadá, para analizar el efecto del tipo y la producción con la supervivencia de las vacas, encontraron que al aumentar el número de partos y la producción láctea el ligamento anterior se vuelve más importante y se ubica entre las 5 características físicas más importantes (Boettcher et al. 1997).

En la Figura 11 se muestra la descripción para el ligamento anterior de la ubre y un ejemplo de un ligamento anterior con adecuada fortaleza y capacidad.

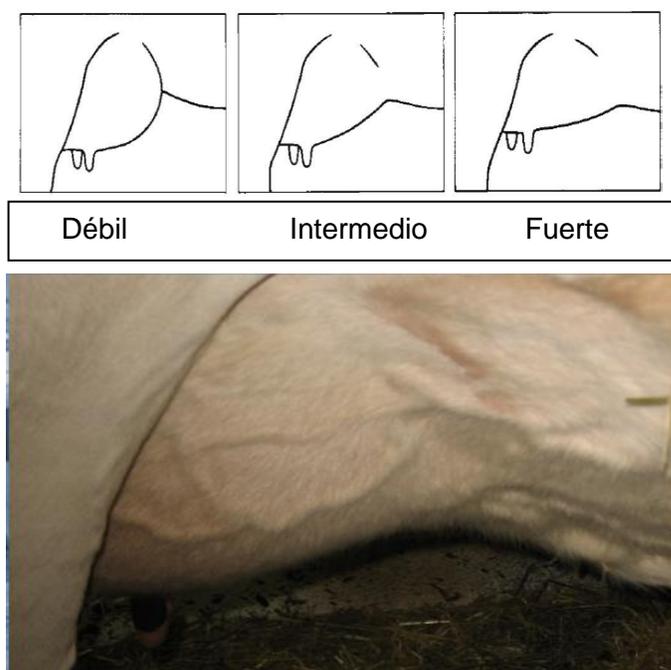


Figura 11. Fortaleza del ligamento anterior de la ubre (US Jersey Cattle Association (2012). Ejemplo de ligamento anterior muy fuerte (Holstein Canada 2007)

2.1.8 Colocación de pezones delanteros (TP)

Se considera un problema serio cuando los pezones se encuentran muy abiertos. Lo deseable es que los pezones se encuentren en el centro del cuarto (Figura 12) (Holstein Association 2012). Esto evita problemas en el ordeño, tales

como un acople inadecuado de las pezoneras. (Stamschror et al. 2000). Una incorrecta colocación de pezones delanteros se aprecia en la Figura 13.

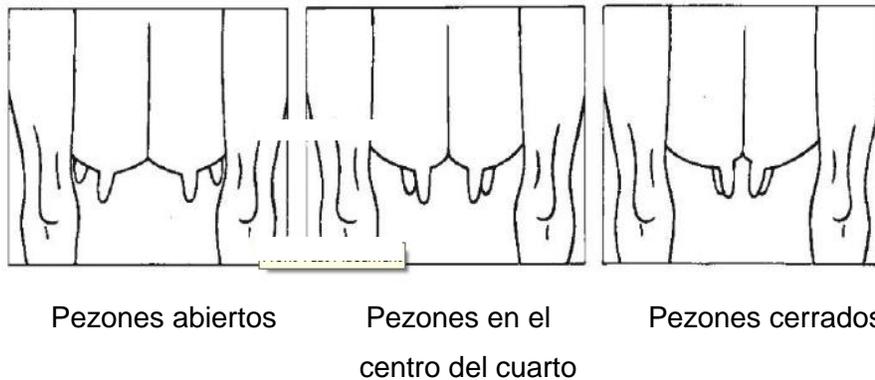


Figura 12. Colocación de pezones delantera (US Jersey Cattle Association 2012)



Figura 13. Ejemplo de colocación de pezones delanteros abiertos (Holstein Canada 2007)

2.1.9 Colocación de pezones traseros (RTP)

Los pezones traseros deben estar colocados en forma céntrica debajo del cuarto (Holstein Canada 2007). Cuando están muy juntos causan problemas para sujetar la chupona. Deben verse correctamente espaciados tanto de la vista lateral como la trasera (Stamschror et al. 2000). En la Figura 14, se notan claramente diferentes posiciones de los pezones traseros. Las vacas con pezones traseros cerrados o en el centro del cuarto tienen casi igual probabilidad de descarte, pero las de pezones abiertos tienen mayor tendencia a salir del hato (Schneider et al. 2003).



Figura 14. Diagrama de la colocación de pezones traseros. (Holstein Canada 2007)

2.1.10 Altura de la ubre trasera (RUH)

Es la ubicación de la parte superior del tejido secretor de leche, con respecto a la distancia entre los corvejones y las puntas del anca (US Jersey Cattle Association 2012). Mayor altura en esta característica es sinónimo de mayor capacidad en la ubre. Debe tener un ancho uniforme desde arriba hasta abajo. (Stamschror et al. 2000). Esta característica de la ubre es de gran interés entre los criadores y productores de leche, preferida sobre la colocación de pezones, textura de la ubre, fortaleza y estatura entre otras (Schneider et al. 2003). En la Figura 15; se muestra los diferentes niveles de altura de la ubre trasera.

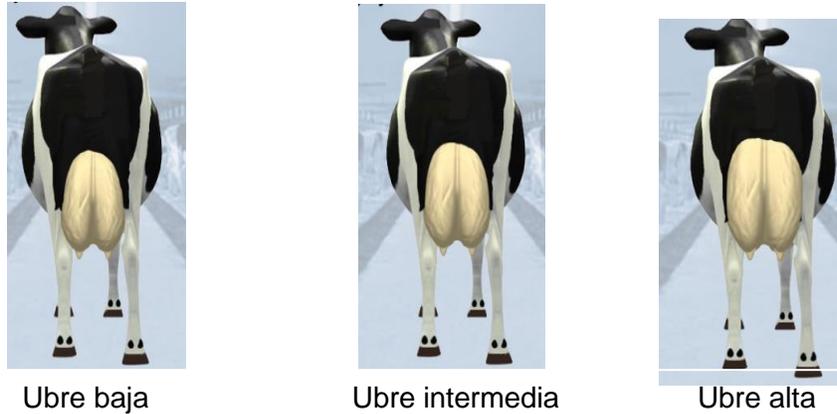


Figura15. Diagrama de la altura de la ubre trasera, según la distancia del tejido superior secretor de leche con respecto a la vulva (Holstein Canada 2007)

2.1.11 Ancho de la ubre trasera (RUW)

La Figura 16 permite visualizar las diferencias en el ancho de la ubre trasera de una vaca lechera. Esta característica se evalúa en la parte superior productora de leche de la ubre y es sinónimo de capacidad, por lo que las ubres anchas son preferidas a las angostas (Stamschorr et al. 2000). Otro aspecto deseable es que la ubre en su parte posterior debe ser de ancho uniforme de arriba hacia abajo (Holstein Association 2012).

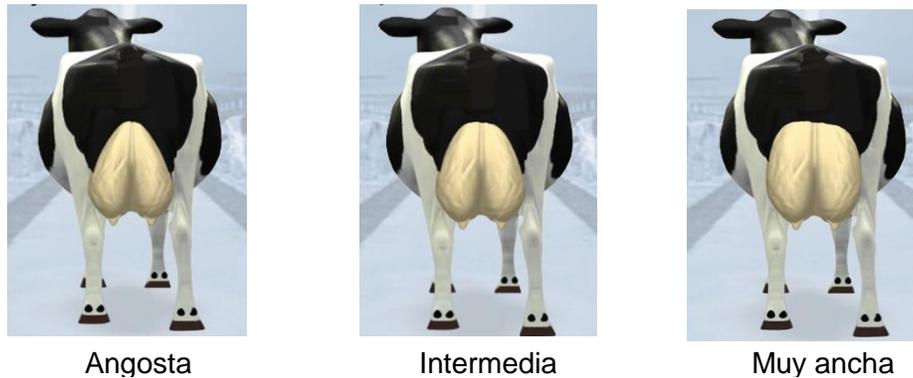


Figura 16. Diagrama del ancho de la ubre posterior, medida en la parte superior del tejido secretor de leche, según tres diferentes grados, angosta, intermedia y ancha (Holstein Canada 2007)

2.1.12 Ligamento central de la ubre (US)

El ligamento central de la ubre es elástico y provee el 60% del soporte de la ubre. Cuando este ligamento es profundo es indicador de un ligamento fuerte y debe dividir claramente la ubre en dos (Holstein Association 2012). Esta característica es importante para los productores de leche ya que se asocia a una vida de hato más larga y con menos problemas (Schneider et al. 2003). En la Figura 17, se aprecia las diferentes representaciones de la fortaleza del ligamento central o suspensor medio, mientras que en la Figura 18 un ejemplo de un ligamento central extremadamente fuerte.

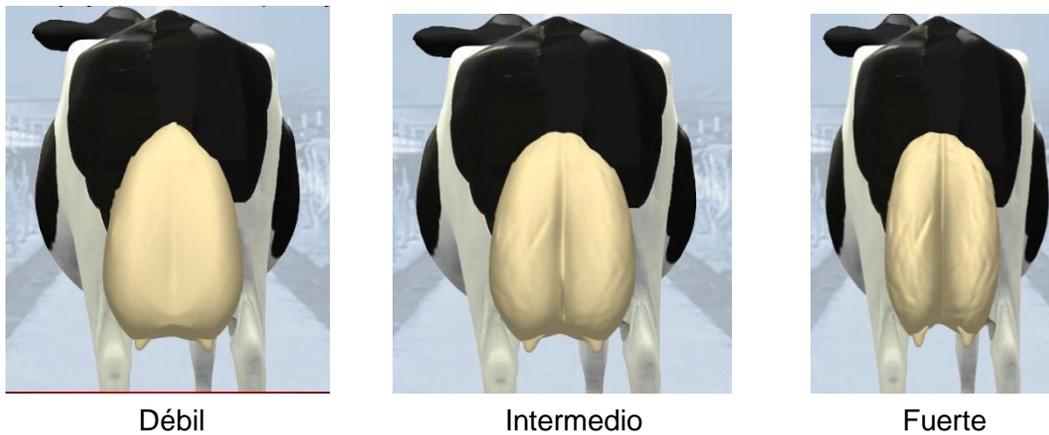


Figura 17. Diagrama del ligamento central de la ubre, según su grado de fortaleza: débil, intermedio y fuerte. (Holstein Canada 2007)

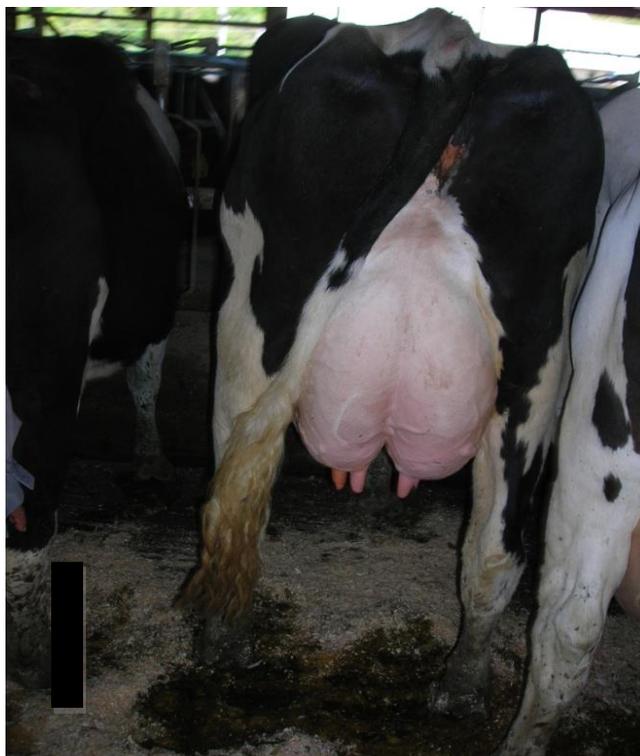


Figura 18. Ejemplar de la raza Holstein con ligamento central de la ubre considerado muy fuerte

2.1.13 Profundidad de la ubre (UD)

La profundidad de la ubre es considerada la característica física más importante de la ubre. Se evalúa al medir la distancia del punto más bajo del piso de la ubre con respecto a los corvejones, la capacidad y separación debe ser adecuada. La cantidad de lactancias y la edad del animal deben considerarse al evaluarla (Holstein Association 2012). Cuando las ubres son menos profundas son menos susceptibles a mastitis, lesiones y generalmente se asocia a más rentabilidad (Stamschror et al. 2000). Las ubres profundas se relacionan con vacas de alta producción, por lo que su descarte voluntario es bajo (Pérez-Cabal y Alenda. 2002). Los diferentes grados de profundidad de ubre se representan en la Figura 19.

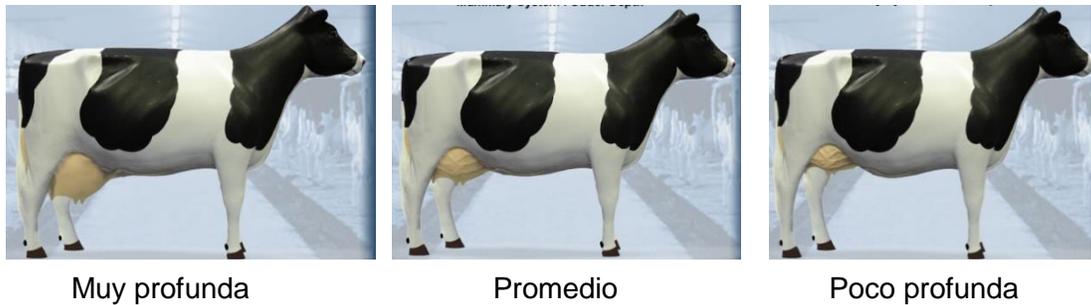


Figura 19. Grado de profundidad de la ubre, según ubicación del piso de la ubre con respecto al corvejón. (Holstein Canada 2007)

2.1.14 Ángulo de la pezuña (FA)

El ángulo mínimo deseado entre la pezuña y el suelo es de 45 grados. Cuando un casco tiene ese mínimo le permite a la vaca movilizarse mejor, requerir menos trabajo de recorte y menor probabilidad de renquera (Stamchror et al. 2000). Para tal fin se debe observar la cara frontal del casco, la línea de pelo y el talón, para tener una mejor apreciación del ángulo de la pezuña (Holstein Association 2012). El medio ambiente donde se mantengan las vacas influencia esta característica, por ejemplo la dureza del piso del establo (Fatehi et al. 2003). Un valor de cría positivo en esta característica física, causa una tendencia positiva en la rentabilidad (Pérez-Cabal y Alenda 2002). En la Figura 20 se ejemplifica los tres niveles del ángulo de pezuña utilizado en la evaluación de las vacas lecheras.



Figura 20. Grados del ángulo de la pezuña utilizados en la evaluación (Holstein Canada 2007)

2.1.15 Patas traseras vista lateral (curvatura de las patas) (LG)

Las vacas deben tener una leve curvatura en sus patas traseras, no tan rectas como las patas tipo poste o rectas (Figura 21), pero con una menor curvatura que el punto intermedio (Holstein Association 2012). Cuando los animales tienen patas tipo poste carecen de flexibilidad y las hace sentirse menos cómodas (Stamchror et al. 2000).

La curvatura de las patas influye poco la rentabilidad de los animales, pero sí influye significativamente en la vida productiva de los mismos, donde la curvatura intermedia es el punto óptimo para la característica (Pérez-Cabal y Alenda 2002)

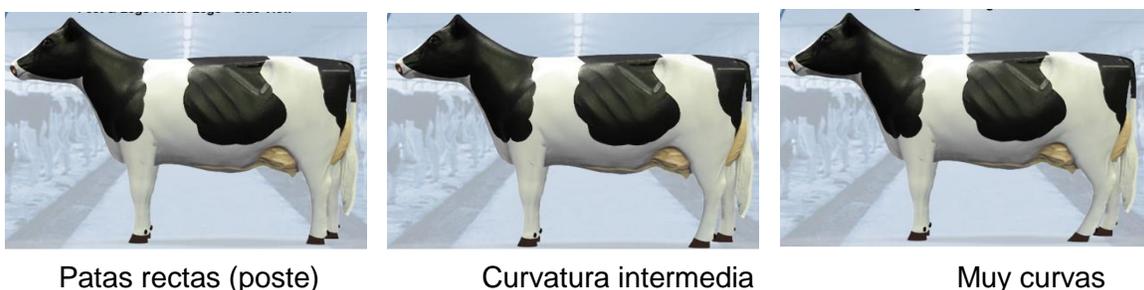


Figura 21. Diferentes grados de la vista lateral de patas traseras según su curvatura: rectas, intermedia y curva (Holstein Canada 2007)

2.1.16 Patas traseras vistas desde atrás (LRV)

Los animales que meten sus corvejones y sacan sus cascos son no deseados, ya que aumentan el estrés sobre sus patas y pezuñas (Holstein Association 2012), al igual que pueden causar traumas a la ubre durante el proceso de locomoción. Generalmente malas patas vistas de atrás se pueden asociar a ancas muy angostas (Stamchror et al. 2000). A pesar de la baja heredabilidad de esta característica con valores entre 0,08 y 0,10 (Fatehi et al. 2003), tiene influencia sobre la rentabilidad; mejores patas vistas de atrás generan mayor rentabilidad (Pérez-Cabal y Alenda 2002). En la Figura 22 se muestra las diferentes formas de colocación de las patas traseras cuando son vistas desde la parte trasera del animal.



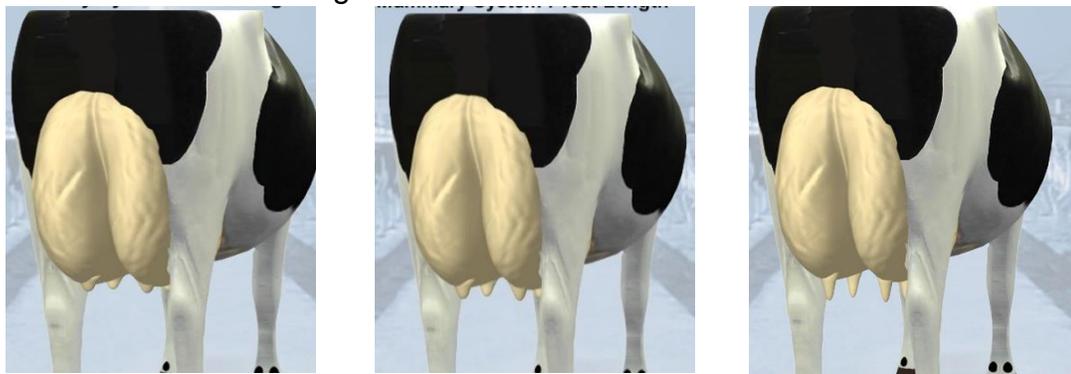
Incorrecta colocación

Correcta colocación

Figura 22. Patas traseras vista posterior, según colocación de los cascos y corvejones (Holstein Canada 2007)

2.1.17 Medida de los pezones (TL)

Los pezones deben ser de forma cilíndrica y uniformes en tamaño con un largo intermedio entre 4 cm y 7cm (Stamchrór et al. 2000). Además deben ser de buen diámetro (Holstein Association 2012). El adecuado tamaño de los pezones aumenta la vida productiva de las vacas, animales con pezones muy largos (mayores a 7 cm) mostraron menor vida productiva que los de tamaño intermedio o adecuado (Vacek et al. 2006). Las diferentes medidas de los pezones se pueden observar en la Figura 23.



Cortos

Intermedio

Largo

Figura 23. Diagrama del largo de los pezones delanteros, cortos, adecuado largos según su longitud (Holstein Canada 2007)

2.2 Longevidad y rentabilidad

La mayoría de los criadores de ganado consideran que la longevidad de las vacas de leche está asociada con la rentabilidad (Boettcher et al. 1997). Ante esta

inquietud, varios estudios confirman esta relación, donde se determina la importancia económica de la longevidad (Weigel et al. 1995). Pero se debe tener en cuenta que la rentabilidad está en función de la producción y el tiempo en que la vaca se mantiene en el hato (Pérez-Cabal y Alenda 2002). Estos estudios se enfocan en las características físicas de las vacas y su relación con la rentabilidad, un ejemplo es el realizado por Pérez-Cabal et al. (2006), donde analiza las relaciones fenotípicas y genéticas de 3 características de la locomoción con la rentabilidad.

Al tener animales más longevos se logra disminuir los costos de crianza de los reemplazos, lo que permite que exista una opción a una selección voluntaria mayor, lo cual facilita manejar la edad del hato productivo; por lo tanto se pueden tener animales maduros que mejoren el promedio de producción (Boettcher et al. 1997). Van Raden y Wiggans. (1995) estiman que el valor económico de la longevidad está en un rango desde el 25 al 70% del total de la producción.

La selección por vida productiva presenta dos limitantes fuertes; una que su heredabilidad es baja y la otra es que para obtener registros reales y no estimados se debe esperar a que el animal muera o sea descartado (Pérez-Cabal y Alenda 2002). Por eso muchas veces este dato es de alta confiabilidad en toros de inseminación artificial ya cuando los mismos no están disponibles (Boettcher et al. 1997). Por lo que la selección de animales rentables a temprana edad debe de hacerse de dos formas: la primera es establecer la importancia de cada característica por medio de la consulta a los productores de leche y esperar una respuesta para realizar un índice compuesto para la producción y el tipo como el TPI[®]. La segunda, es tomar en cuenta las circunstancias económicas del sistema para obtener los pesos de cada característica que se tome en cuenta en el proceso de selección genética (Pérez-Cabal et al. 2006).

A pesar de la importancia del tema de la rentabilidad, longevidad y su relación con las características físicas para inicios del siglo XXI todavía no había mucha investigación al respecto (Pérez-Cabal y Alenda. 2002). Después del año 2002, se encuentra investigación de forma más frecuente, ya que cada vez es más importante tener vacas que produzcan con menos problemas durante más tiempo.

Malas patas y pezuñas se asocian a problemas reproductivos ya que la vaca demuestra menos sus signos de celo, debido a una mayor dificultad para montar a los otros animales, por lo que la detección de celo requiere mayor labor y observación (Van Eedenburg et al. 2002), existe también un efecto más negativo en piso de concreto, ya que en promedio los animales en pisos duros presentan mala conformación para las características de patas y pezuñas al ser comparados con animales en que se mantiene en pisos suaves (Fatehi et al. 2003).

Un componente importante en las vacas productoras de leche son las patas y pezuñas, las cuales son parte importante de la locomoción. Es interesante analizar cómo interactúan las patas y pezuñas con el medio ambiente, ya que los sistemas de producción en establo, semi estabulado y pastoreo presentan grandes diferencias entre sí (Fatehi et al. 2003). Un animal con mala locomoción va a presentar problemas de acceso a la comida, sala de ordeño y otros; por lo tanto afecta la rentabilidad, aumenta la labor y disminuye el bienestar del animal (Pérez-Cabal et al. 2006). Una adecuada morfología del casco evita la erosión y problemas de la locomoción (Boelling y Pollott. 1998). Un ejemplo en la variación de ambientes y manejo, se observa en vacas en un estabulado libre, donde ellas se mueven de forma libre, se ejercitan más pero están en un ambiente más húmedo que un sistema de establo amarrado donde los animales permanecen en su puesto todo el tiempo y no se le permite caminar. Otro aspecto de manejo importante es el recorte funcional de cascos, el cual favorece el puntaje de patas y pezuñas, cuando esta labor se realiza de forma rutinaria su efecto positivo es mayor (Fatehi et al. 2003).

En un trabajo, donde se analizó un total de 1342 vacas, se informa de una correlación de -0,76 entre el ángulo de pezuña y la laminitis clínica, al igual las patas traseras vistas desde atrás presentó una correlación de -0,68 con dicha enfermedad, debido a que las vacas tienden a caminar con sus corvejones metidos hacia adentro y los cascos apuntan hacia afuera (Boettcher et al. 1998). Un buen puntaje final de patas y pezuñas junto a ligamentos de la ubre fuertes, da como resultado una mejor locomoción (Van Dorp et al. 2004). Las características de patas y pezuñas tienen baja heredabilidad y baja correlación con la rentabilidad, pero alta relación con la longevidad (Pérez-Cabal y Alenda. 2002). La buena locomoción puede tener efectos

negativos en la reproducción ya que son animales que presentan mayor producción, lo cual en ocasiones genera desordenes energéticos (Sattler 2002).

Las vacas con mayor puntaje de patas y pezuñas, fueron más rentables, porque produjeron más leche, fueron más funcionales y completaron más lactancias (Pérez-Cabal et al. 2006). Las vacas Holstein en producción clasificadas con un buen índice de selección de patas y pezuñas son más rentables, con una diferencia de \$211, una mayor producción de leche (573 Kg) en la primera lactancia, además de una mayor vida productiva al ser comparados con animales de baja clasificación de patas y pezuñas (Pérez-Cabal et al. 2006).

Cuando el ángulo de la pezuña tiene puntaje alto, se determinó un efecto positivo en la rentabilidad y promedio de producción de kilogramos de leche, con una pequeña disminución cuando el ángulo es extremadamente alto. Cuando la evaluación del ángulo de pezuña es intermedio (entre valores de 5 a 6) se ven los mejores valores para intervalo entre partos y número de inseminaciones. Las vacas con puntaje de 8 lograron en promedio 0,3 más lactancias que las vacas con puntuación igual a 1 (Pérez-Cabal et al. 2006). Según lo descrito por Pérez-Cabal et al. (2006) la curvatura de las patas traseras con puntajes intermedios (5 y 6), se relacionó con vacas más rentables, productivas y funcionales.

Las diferencias en manejo en los diferentes hatos pueden tener implicaciones sobre las evaluaciones de tipo, ya que los fenotipos pueden tener mayor variabilidad, por lo cual las heredabilidades también se pueden afectar (Kearney et al. 2004). Algún problema que pueda transmitir un toro a nivel de casco, puede ser no tan evidente debido a que los animales son tratados y trabajados para corregir dicho problema (Fatehi et al. 2003).

Pérez-Cabal et al. (2006) encontraron una correlación positiva (0,73) entre el puntaje de patas y pezuñas y el ángulo de la pezuña. Pero la correlación entre el puntaje de patas y pezuñas fue negativo (-0,39) con la curvatura de las patas, al igual que dicha curvatura en su correlación con el ángulo del casco (-0,44) (Pérez-Cabal et al. 2006). El puntaje de patas y pezuñas fue la característica de locomoción que más se correlacionó con la rentabilidad del animal, mientras que las otras dos características no guardan correlación con la rentabilidad (Pérez-Cabal et al. 2006).

La rentabilidad y su relación con las características de locomoción es importante para definir el patrón de conformación de las patas y pezuñas de las siguientes generaciones de los animales a evaluar, por lo que el análisis de los Valores de Cría Esperados³ (EBV) es importante al evaluar esta relación. El valor de cría de mayor importancia en la influencia de la locomoción sobre la rentabilidad es el ángulo de pezuña. La locomoción y sus EBV's afectan o benefician más a la producción, que a la vida productiva del animal, por lo que la influencia en la rentabilidad es por el nivel productivo y no por la cantidad de días productivos en la vida de la vaca (Pérez-Cabal et al. 2006).

Así las vacas con alto puntaje de patas y pezuñas y que tengan puntajes intermedios para el ángulo de pezuña y curvatura de las patas se desempeñan mejor que las vacas con patas muy curvas y de bajo ángulo de pezuña, ya que logran mayores producciones y mayor longevidad (Pérez-Cabal et al. 2006). Frecuentemente los problemas asociados al descarte de las vacas lecheras son reproductivos, ubres, patas y pezuñas. Los problemas de las patas y pezuñas también se asocian a desordenes reproductivos, como baja en la expresión del celo, más días abiertos, intervalo entre partos más largos, lo que se traduce en una menor rentabilidad (Fatehi et al. 2003).

2.3 Relación de las características de tipo y la producción de los animales según el tipo de instalaciones y manejo

Existen trabajos que relacionan la descripción física de la vaca en diferentes países, con diferentes razas, en una genética dinámica, con cambios de bases, con cambios en la forma de ver las vacas durante el tiempo, por lo que este tipo de trabajos deben realizarse cada cierto tiempo y ser de mayor utilidad en los programas de selección genética (Wiggans et al. 2004).

En el sistema de estabulado libre (free stall), las características de patas y pezuñas se ubicaron en un puntaje superior en promedio al ser comparado con el sistema de estabulado con amarras (tie stall), excepto para patas traseras vistas de

³ Valor de cría: Valor de un animal como reproductor. El valor de cría estimado predice la habilidad de un padre de transmitir sus genes a su progenie (Evans y Apple. 2007).

atrás (Fatehi et al. 2003) (Cuadro 8). Este estudio tenía como objetivo probar la interacción genotipo x ambiente (GxE) y su efecto en las patas y pezuñas en diferentes ambientes.

Cuadro 8. Medias del puntaje en escala del 1 al 10 (\pm desviaciones estándar), de algunas características de patas y pezuñas para los diferentes sistemas de estabulado.

Estabulado	Patras traseras vistas de atrás	Ángulo de pezuña	Patras traseras vista lateral
Libre (free stall)	5,35 \pm 1,74	5,31 \pm 1,33	5,47 \pm 1,24
Con amarra (tie stall)	5,36 \pm 1,86	4,91 \pm 1,33	5,13 \pm 1,37

Fuente: Adaptado de Fatehi et al. (2003).

La cantidad de horas al día en que las vacas permanecen estabuladas, el tipo de piso y tipo de manejo tanto en situaciones de estabulado como pastoreo, son variables importantes en la condición de las patas y pezuñas. Cuando las vacas permanecen más tiempo en condiciones de piso suave y se les permite moverse libremente (pastoreo), la condición de las patas y pezuñas es mejor que en el caso de animales estabulados todo el día en pisos de concreto (Onyiro y Brotherstone, 2008).

El pastoreo de las vacas lecheras es más popular actualmente en los Estados Unidos de Norteamérica que hace unas décadas atrás, debido a que los hatos en pastoreo son más rentables, en promedio tienen menor producción de leche (1360 Kg en 305 días, para el año 2000) al ser comparados con hatos estabulados, pero también tienen menores costos de producción, por ejemplo el costo de alimentación es menor, por lo cual mejora la rentabilidad (Kearney et al. 2004).

2.3.1 Importancia de la salud de las patas y pezuñas en relación con la rentabilidad de las vacas lecheras

Se han realizado estudios para relacionar la conformación de las patas y pezuñas con la salud de los cascos. En Suecia, Uggla et al. (2008) concluyen que la selección de animales, en busca de una menor incidencia de hemorragia de la suela, por medio de una mejor conformación de patas y pezuñas, no es posible, debido a

una baja correlación (0,08 a 0,27) entre la conformación de las patas y la incidencia de hemorragia de la suela.

La salud de la pezuña es importante, ya que los problemas de enfermedades en dicha área causan pérdidas de producción y malestar en los animales (Van der Waaij et al. 2005), al menos el 70% de la población de vacas en Holanda para el año 2003 presentó uno o más problemas en la pezuña, como por ejemplo la dermatitis digital y la dermatitis interdigital (Somers et al. 2003).

Dos formas de selección para mejorar la salud de la pezuña son: directa a través de datos de recolectados al respecto, o indirecta, al buscar características físicas que mejoren la mencionada condición (Van der Waaij et al. 2005). La mayoría de las enfermedades de la pezuña son heredables, aunque su heredabilidad es baja, debido a la gran influencia ambiental y la baja prevalencia. En general, se puede considerar que estas son enfermedades provocadas por estrés ambiental y metabólico, que en ocasiones se combina con bacterias para causar infecciones (Van der Waaij et al. 2005).

En países como Holanda, Inglaterra, España y Francia se incluyó la locomoción como una característica física de selección, la cual se mide por primera vez en los primeros meses de la primera lactancia. Este índice de selección se utiliza como un indicador del probable desarrollo de enfermedades de la pezuña en un futuro en su vida productiva (Van der Waaij et al. 2005).

2.3.2 Importancia del nivel del anca en la reproducción de las vacas lecheras

Caraviello et al. (2004) y Sewalem et al. (2004) atribuyen parte del problema reproductivo que enfrentan las vacas, a cambios en la estructura del anca, al sugerir que animales con las puntas del anca más altas que la cadera tienen fertilidad deficiente. El ángulo de anca es motivo de estudio en la eficiencia reproductiva (Figura 24). En un estudio realizado en vacas Holstein en Reino Unido (Wall et al. 2005), no se encontró evidencia del impacto de la presencia de puntas de anca altas o bajas, sobre la fertilidad. Solo se notó una tendencia ($p \leq 0,05$) en el intervalo entre partos, donde las ancas de ángulos intermedios tienen menor intervalo entre partos, y las vacas con ancas altas poseen en promedio un mayor (hasta 4 días) intervalo

entre partos que los animales de anca nivelada y vacas de anca baja, con una correlación genética (-0,16) desfavorable.

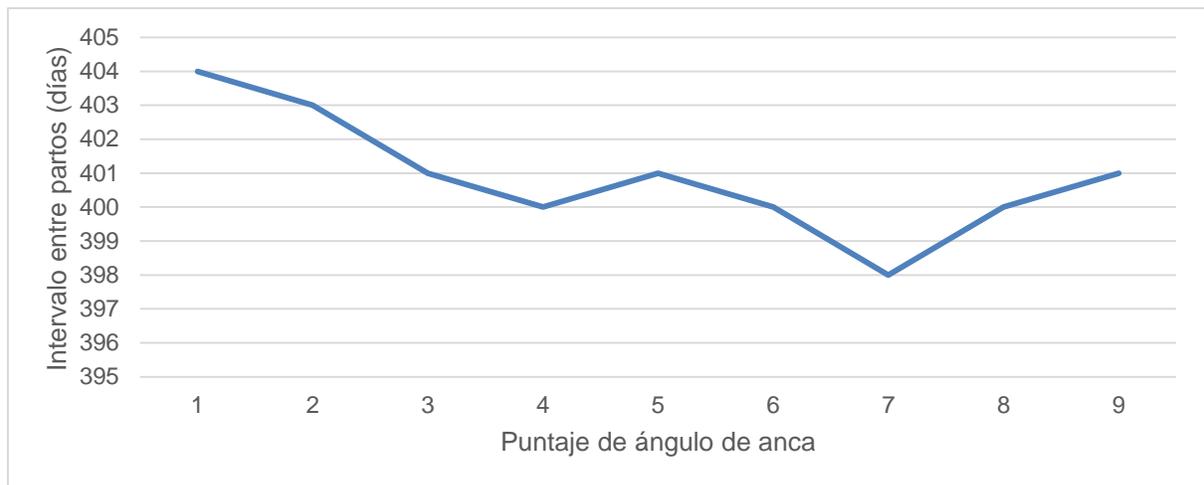


Figura 24. Promedio del intervalo entre partos (días) en relación al puntaje del nivel del anca, 1= alto 5= nivelada 9= bajo, adaptado de Wall et al. 2005

2.3.3 Efecto de la ubre y descripción corporal en la vida productiva

Un buen sistema mamario se correlaciona con intervalos entre partos más largos, aunque suene contrario ya que es de esperar que una buena ubre representa a un animal saludable, sin embargo los animales con buenas ubres se correlacionan con mayores producciones de leche en lactancias con 305 días (Wall et al. 2005). Un ejemplo de las características de la ubre que impactan la rentabilidad del sistema son los pezones, ya que durante el ordeño es la parte que crea el vínculo entre la glándula mamaria y la pezonera. Donde el largo de los pezones no presenta correlación con la capacidad de ordeño (canal de ordeño y tasa de flujo de leche) (Weiss et al. 2004).

Además los animales con tamaños moderados de pezones (no muy largos, no muy cortos), presentan la mayor vida productiva, contabilizada en meses productivos (Vacek et al. 2006). Las vacas con ligamento anterior levemente mayor al promedio (5 a 7 puntos), con ubres traseras muy altas y con el ligamento central más profundo y fuerte, en conjunto a ubres de profundidad moderada (con capacidad pero sin ser descolgadas), fueron los animales con mayor vida productiva (Vacek et al. 2006).

Otra característica fenotípica, objeto de estudio, como parte del interés en reducir el descarte involuntario (ej: enfermedades metabólicas como la cetosis, mastitis y otras) es el carácter lechero. Para lograr este objetivo se le asocia la evaluación de condición corporal para estimar su relación con el descarte de animales ya que en los Estados Unidos el uso del puntaje de condición corporal es una herramienta valiosa contra las enfermedades metabólicas. Además la producción de leche está correlacionada de forma genética con el aumento en la condición corporal del animal en la etapa temprana de la lactancia (Berry et al. 2004).

Correlaciones genéticas entre el puntaje de condición corporal y el carácter lechero de -0,72 en los Estados Unidos (Dechow et al. 2003) y de -0,61 en Dinamarca (Lassen et al. 2003), indican que altos puntajes de carácter lechero (alta angulosidad) se asocian con baja condición corporal. Al seleccionar toros con PTA alto para carácter lechero, va a resultar en las siguientes generaciones, que los animales van a mantener menor condición corporal (Dechow et al. 2004b). También se tienen correlaciones genéticas entre el carácter lechero y las patas vistas de lado de 0,35 y del carácter lechero con el ángulo de la pezuña de -0,21; por lo que se puede deducir que vacas más angulosas tienden a tener patas más curvas y ángulos de pezuña levemente bajos (Dechow et al. 2003).

La influencia del carácter lechero sobre la incidencia de enfermedades metabólicas es de mayor importancia que su influencia sobre el estado de la condición corporal (Dechow et al. 2004a). El carácter lechero se observa en la estructura de las costillas, mientras que la condición corporal se enfoca en el área del anca, por lo que se le asocia al carácter lechero mayor correlación con el contenido de grasa interna y externa del animal (Dechow et al. 2004b).

Como se nota el interés en la selección de la genética para producir leche por productores y organizaciones genéticas, evoluciona en busca de un animal que optimice la producción de leche, como también la forma en que la produce (Boettcher 2005). Las vacas con mayor altura, fortaleza y profundidad tienden a ser los animales más pesados ya que existen correlaciones genéticas de moderadas a altamente positivas entre estas características, con valores entre 0,63 y 0,80 (Cuadro 9) (Berry et al. 2004).

Cuadro 9. Correlaciones genéticas (desviación estándar en los paréntesis) de las características físicas de cuerpo con producción de leche y peso corporal

Característica física	Producción promedio (Kg) de leche a 240 días de lactancia	Promedio de peso corporal (Kg)
Estatura	0,42 (0,050)	0,63 (0,015)
Fortaleza	0,24 (0,044)	0,80 (0,026)
Profundidad corporal	0,36 (0,050)	0,68 (0,024)
Angulosidad	0,48 (0,0450)	-0,10 (0,035)
Angulo de anca	0,24 (0,081)	0,29 (0,037)
Ancho de anca	0,46 (0,058)	0,74 (0,040)
Condición corporal	-0,15 (0,055)	0,50 (0,024)

Fuente: Adaptado de Berry et al. (2004)

Las vacas con mayor angulosidad son animales más livianos, mientras que las vacas con mayor condición corporal promedio tienen tendencia a producir menos leche en los 240 primeros días de lactancia que sus compañeras con menor condición corporal promedio (Berry et al. 2004). En el mismo estudio se obtuvieron datos sobre las correlaciones genéticas de las características de la ubre en relación a la producción, peso corporal y células somáticas, una ubre con ligamento central fuerte, ubre trasera alta y ancha y ubre delantera bien adherida favorecen la producción de leche (Cuadro 10).

Cuadro 10. Correlaciones genéticas (desviación estándar en los paréntesis) de las características de ubre con producción de leche, peso corporal y células somáticas.

Característica	Producción de leche A 240 días	Peso corporal	Conteo células somáticas
Ligamento anterior	0,32 (0,133)	0,40 (0,075)	-0,25 (0,082)
Ubre trasera	0,48 (0,086)	0,22 (0,087)	-0,16 (0,086)
Ligamento central	0,36 (0,108)	0,12 (0,114)	0,45 (0,110)
Largo de los pezones	-0,14 (0,064)	-0,23 (0,085)	0,31 (0,075)

Fuente: Adaptado de Berry et al. (2004)

2.4 Programa de evaluación lineal

Existen programas que permiten realizar evaluaciones de tipo en diversas empresas comercializadoras de genética de bovinos lecheros, estos programas guardan similitudes en las características analizadas en las vacas, al igual que en los puntajes utilizados para cada característica. Una comparación entre cuatro programas de diferentes empresas comercializadoras de genética bovina se presenta en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Comparación de diversos programas utilizados para evaluar las características físicas de los animales de razas lecheras, para recomendación de sementales para el mejoramiento genético.

Programa/ Empresa	Escala de Puntuación	Características físicas evaluadas
GemPC® / Accelerated Genetics	1-9	Estatura, angulosidad, fortaleza, profundidad, ángulo de anca, ancho de anca, patas vista lateral y trasera, ángulo de pezuña, ubre delantera, ancho y alto ubre trasera, ligamento central, largo de los pezones delanteros, colocación de los pezones traseros y delanteros y profundidad de ubre
SMS ®/ Select Sires	1-9	Estatura, angulosidad, fortaleza, profundidad, ángulo de anca, ancho de anca, patas vista lateral y trasera, ángulo de pezuña, ubre delantera, ancho y alto ubre trasera, ligamento central, largo de los pezones delanteros, colocación de los pezones traseros y delanteros y profundidad de ubre
Alta Mate®/ Alta Genetics	1-9	Estatura, angulosidad, fortaleza, profundidad, ángulo de anca, ancho de anca, patas vista lateral y trasera, ángulo de pezuña, ubre delantera, ancho y alto ubre trasera, ligamento central, largo de los pezones delanteros, colocación de los pezones traseros y delanteros y profundidad de ubre

III. Materiales y métodos

Este es un trabajo exploratorio, para determinar asociaciones entre las diferentes fincas, características físicas y la producción de vacas Jersey y Holstein en el área del Volcán Poás. Las variables que se analizaron fueron: finca, raza, estatura, fortaleza, carácter lechero, profundidad corporal, ángulo de anca, curvatura de patas, ángulo de pezuña, ubre delantero, colocación de pezones delanteros, alto de la ubre trasera, largo de los pezones delanteros, alto de la ubre trasera, ancho de la ubre trasera, ligamento central, profundidad de ubre, ancho del anca, patas vistas de atrás, colocación de los pezones traseros, producción de leche, número de lactancias, intervalo entre partos, intervalo parto-primer servicio, intervalo parto-concepción, tasa de concepción, tasa de preñez, edad al primer parto y edad del animal.

3.1 Descripción de la zona de estudio y climatología

Se clasifica la zona según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge; usando el diagrama en dos dimensiones y buscando el punto de intersección de biotemperatura y precipitación de la zona (Holdridge 1967). Los datos meteorológicos y de altitud fueron proporcionados por el Instituto Meteorológico Nacional y La Universidad de Costa Rica, en base a su estación meteorológica número 84030 ubicada en Latitud 10° 05' Norte y Longitud 84° 11' Oeste. En el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, la zona en estudio se clasifica como Bosque Húmedo Subtropical (Holdridge 1967). Esta zona presenta una precipitación promedio de 3441m.m. anuales y 17,2 grados Celsius de temperatura promedio anual, además la altitud va de los 1650 m.s.n.m. hasta los 2600 m.s.n.m., humedad promedio del 86%, radiación solar de 16,2 mega Julius, brillo solar de 5,2 horas por día, temperatura máxima de 21,4 grados Celsius y temperatura mínima de 13,0 grados Celsius (Mena 2010).

3.2 Descripción de las fincas

La seis fincas en estudio tiene un sistema de pastoreo consiste en un sistema rotacional de Kikuyo (*Kikuyuocloa clandestinum*), asociados con trébol blanco

(*Trifolium spp*) cada 28 días. Reciben fertilización química u orgánica (estiércol) cada vez que los animales dejan la pastura. Se realizan dos ordeños diarios, después de los cuales los animales van a una nueva pastura, usando dos repastos por día.

La dieta de los animales es también suplementada con alimento balanceado para vacas de alta producción (16% de Proteína Cruda y 1,9 Mcal de Energía Neta de Lactancia), todas las fincas en estudio utilizan el mismo alimento balanceado en una proporción cercana a un kilogramo de alimento balanceado por cada 2,5 kilogramos de leche producida; pero dicha proporción se ajusta según la producción y la etapa de lactancia. También son fincas asociadas a la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, R.L., por lo que cumplen con estándares sanitarios similares y mínimos, son asesoradas por el mismo médico veterinario, llevan el programa VAMPP® para el registro de todos los eventos que suceden en la lechería, como por ejemplo pesas de leche, inseminaciones, enfermedades, etc. El uso del mencionado programa de registros era requisito para formar parte en este proyecto de investigación, esto con la idea de obtener la mayor cantidad de registro posible, y todos calculados de la misma manera y obtener datos de mayor confiabilidad.

En el Cuadro 12, se presentan los datos del periodo comprendido entre Marzo del 2013 a Marzo del 2014 de producción y reproducción de las fincas participantes en esta investigación. No hay diferenciación por raza en el caso de las fincas que tienen más de una raza en la composición productiva del hato.

Cuadro 12. Información productiva y reproductiva de las fincas utilizadas en esta investigación.

Finca	Razas	Número de vacas en ordeño	Producción láctea diaria total (Kg)	Periodo parto al primer servicio (días)	Intervalo entre partos (días)	Periodo abierto (días)
1	Holstein Jersey	132	2785	76	377	97
2	Holstein Jersey	149	3709	66	375	95
3	Jersey	275	7453	60	367	87
4	Holstein Jersey	144	3629	72	395	115
5	Holstein Jersey	118	3164	85	387	107
6	Holstein Jersey	131	3278	75	370	90

Fuente: Datos obtenidos de los registro de cada finca.

3.3 Técnica de evaluación lineal de las características de conformación y tipo

Para la evaluación lineal se utilizó el programa Select Mating Service (SMS)TM. En donde, se observó de forma individual cada animal a incluir en la investigación, de dicha observación se obtuvo un valor para cada variable (característica física), tales valores se encuentran en una escala de 1 a 9, sin utilizar decimales. Para tal fin, se consideró en la variable la estatura, valores mayores a 7 puntos indica que el animal es alto y valores menores a 3 puntos indica que es un animal bajo.

El carácter lechero con valores superiores a 7 indica que el animal cuenta con buena aptitud lechera, en cambio animales con valores inferiores a 4 demuestran mala aptitud lechera. La fortaleza con valores superiores a 6 puntos indica que el animal es fuerte y menores a 4 puntos que el animal es débil. Un puntaje de 7 o más

para la profundidad corporal denota un animal con adecuada capacidad, mientras que puntajes inferiores a 4, denotan deficiencia en esta característica.

Cuando el nivel de la cadera con respecto a las puntas del anca es inferior el puntaje es de 4 o menor, si ese mismo nivel es superior los valores que se obtienen son de 6 o mayor. Para patas curvas al ser vista de lado, el puntaje es superior a 7, pero cuando son patas rectas al ser vistas lateralmente el puntaje que se obtiene es menor a 4.

Cuando el ángulo de la pezuña es inferior a 45 grados con respecto al suelo el puntaje es menor a 5 puntos y cuando es mayor a 45 grados el puntaje es superior a 5 puntos. Con respecto al ligamento anterior y el ligamento central de la ubre, valores superiores a 6 puntos se obtienen cuando los ligamentos son fuertes y cuando demuestran debilidad, valores inferiores a 4 puntos se debe asignar.

Valores inferiores a 4 puntos se le otorga al animal en la variable colocación de pezones delanteros cuando los mismos están muy alejados entre sí. Cuando los pezones delanteros se encuentran muy cercanos entre ellos, valores mayores a 6 puntos es lo que se le otorga. Valores intermedios (4 a 6 puntos) se utilizan cuando los pezones están centrados bajo el cuarto. La misma escala y conceptos se aplican a la colocación de pezones traseros.

Al medir el largo de los pezones delanteros, valores superiores a los 7 cm deben evaluarse con valores superiores a 7 puntos, pezones con un largo inferior a los 5 cm deben recibir valores inferiores a 5 puntos. Cuando el largo es de 5 cm a 7 cm se le asigna un puntaje intermedio (5 a 7 puntos).

Cuando la vaca presentó una ubre trasera alta se le asignó un valor superior a 7, mientras que ubres trasera bajas van a tener valores inferiores a 4 puntos. Si la altura de la ubre es intermedia, corresponde valores de 4 a 7 puntos. La ubre trasera recibe valores superiores a 6 puntos en la evaluación si es muy ancha, y caso contrario, si se considera estrecha debe recibir valores inferiores a 4 puntos. Mientras que una ubre de ancho intermedio recibe valores de 4, 5 ó 6 puntos según corresponda.

La profundidad de ubre recibe un puntaje mayor a 5 si el piso de la ubre se ubica a una distancia mayor de 5 cm del corvejón, puntajes menores a 3 se asignan cuando el piso de la ubre se encuentra por debajo del corvejón. Cuando el piso de la ubre se encuentra a 5 cm sobre el corvejón de la vaca se asigna un valor de 5 puntos, indicando el punto intermedio de la profundidad de la ubre, el valor de 5 es el valor mínimo deseado.

Ancho de anca, puntajes superiores a 6 indican que el anca tiene un ancho adecuado, mientras que puntajes menores a 4, indican ancas estrechas y no deseables. Un valor de 5 puntos en esta característica se le asigna al animal con un ancho de anca intermedio. Cuando una vaca al ser observada desde atrás demuestra un desplazamiento adecuado debe recibir puntajes superiores a 5, pero si se nota dificultad en su forma de desplazarse debe asignarse una evaluación de menor a los 5 puntos. Un desplazamiento normal con ligera apertura de los cascos traseros es el valor intermedio (5 puntos) en esta característica.

3.4 Análisis estadístico

Se analizaron 1260 registros de animales con al menos una lactancia, estos se analizaron los animales Holstein y Jersey puros, no se realizó análisis de sus cruces debido a que eran pocos animales y con registros incompletos.

Las variables cualitativas analizadas son la finca y la raza. Las variables cuantitativas analizadas son intervalo entre partos (IEP), días desde el parto hasta el primer servicio (P1SR), días abierto (PC), producción de leche por lactancia corregida a 305 días (P305), servicios por concepción (SER) y promedio de producción de leche por vaca diario (PDC).

Las variables independientes que se analizaron son:

- | | |
|------------------------|---------------------------------|
| ✓ Raza | ✓ Angulo de anca |
| ✓ Finca | ✓ Curvatura de patas |
| ✓ Estatura | ✓ Angulo de pezuña |
| ✓ Fortaleza | ✓ Ubre delantero |
| ✓ Angulosidad | ✓ Colocación pezones delanteros |
| ✓ Profundidad Corporal | |

- ✓ Alto de la ubre trasera
- ✓ Ancho de la ubre trasera
- ✓ Ligamento central de la ubre
- ✓ Largo de los pezones delanteros
- ✓ Profundidad de la ubre
- ✓ Ancho del anca
- ✓ Patas traseras vistas de atrás
- ✓ Colocación pezones traseros

Las variables dependientes analizadas que están relacionadas con la producción de leche, la longevidad y la reproducción son:

- ✓ Producción de leche diaria corregida a 305 días.
- ✓ Producción de leche total en una lactancia corregida a 305 días.
- ✓ Número de lactancias.
- ✓ Intervalo entre partos
- ✓ Intervalo parto-primer servicio
- ✓ Intervalo parto-concepción
- ✓ Número de servicios por concepción
- ✓ Edad del animal

De forma exclusiva para el análisis de varianza para la comparación de promedios, las variables obtenidas de la evaluación física individual de las 1260 vacas, se clasifican como ordinales y se agruparon en niveles según la puntuación que obtuvo cada animal para cada característica física, con el fin de simplificar el análisis estadístico y obtener más observaciones por variable en cada nivel definido. Los niveles se agruparon para generalizar los datos. Por ejemplo, los puntajes 1,2, y 3 para la variable estatura se designaron como baja. Según las experiencias de la Holstein Association (2012), una estatura baja es aquel animal que presenta una calificación igual o menor a 3, por tal motivo en los Cuadros 13, 14 y 15 se describe los agrupamientos realizados para una mejor interpretación de los resultados en cada raza.

Cuadro 13. Variables ordinales de cuerpo con su abreviatura y grado de agrupamiento según puntaje.

Variable	Abreviatura	Puntaje	Interpretación	Agrupamiento
Estatura	EST	1,2 ó 3	Alta	1
		4,5 ó 6	Intermedia	2
		7,8 ó 9	Baja	3
Carácter lechero	CL	1,2,3 ó 4	Tosco	1
		5 ó 6	Intermedio	2
		7,8 ó 9	Alto	3
Fortaleza	FR	1,2,3 ó 4	Débil	1
		5 ó 6	Intermedio	2
		7,8 ó 9	Fuerte	3
Profundidad corporal	PC	1,2,3 ó 4	Poco profunda	1
		5 ó 6	Intermedia	2
		7,8 ó 9	Profunda	3
Amplitud del anca	AMA	1,2,3 ó 4	Estrecha	1
		5 ó 6	Intermedio	2
		7,8 ó 9	Amplia	3
Angulo del anca	ANA	1,2,3 ó 4	Alto	1
		5	Intermedio	2
		6,7,8 ó 9	Bajo	3

Cuadro 14. Variables ordinales de patas y pezuñas con su abreviatura y grado de agrupamiento según puntaje.

Variable	Abreviatura	Puntaje	Interpretación	Agrupamiento
Patas vista trasera	PVT	1,2,3 ó 4	Muy juntas	1
		5	Intermedio	2
		6,7,8 ó 9	Bien separadas	3
Patas vista lateral	PVL	1,2 ó 3	Muy rectas	1
		4,5 ó 6	Curva intermedia	2
		7,8 ó 9	Muy curvas	3
Ángulo del casco	AC	1,2,3,4 ó 5	≤ 45 grados	1
		6,7,8 ó 9	>45 grados	2

Cuadro 15. Variables ordinales de ubre con su abreviatura y grado de agrupamiento según puntaje.

Variable	Abreviatura	Puntaje	Interpretación	Agrupamiento
Ubre delantera	UD	1,2,3 ó 4	Débil	1
		5	Intermedia	2
		6,7,8 ó 9	Fuerte	3
Altura de ubre trasera	AUT	1,2,3 ó 4	Baja	1
		5 ó 6	Intermedia	2
		7,8 ó 9	Alta	3
Ancho de la ubre trasera	ANUT	1,2,3 ó 4	Angosta	1
		5	Intermedia	2
		6,7,8 ó 9	Ancha	3
Ligamento central	LC	1,2,3 ó 4	Débil	1
		5	Intermedio	2
		6,7,8 ó 9	Fuerte	3
Profundidad de ubre	PU	1,2,3 ó 4	Profunda	1
		5	Intermedia	2
		6,7,8 ó 9	Poco profunda	3
Colocación pezones delanteros	CPD	1,2,4 ó 4	Separados	1
		5	Centralizados	2
		6,7,8 ó 9	Muy juntos	3
Colocación pezones traseros	RTP	1,2,3 ó 4	Abiertos	1
		5	Centralizados	2
		6,7,8 ó 9	Muy juntos	3
Longitud pezones traseros	LPD	1,2,3 ó 4	< 5cm.	1
		5 ó 6	5 - 7 cm.	2
		7,8 ó 9	> 7 cm.	3

Para el modelo de regresión se analizaron los supuestos de normalidad, homoscedasticidad y no multicolinealidad, en los datos recolectados y utilizados en esta investigación. En el caso de la raza Holstein no se presentaron problemas de normalidad y multicolinealidad. En el caso de los registros para la raza Jersey, se determinaron modelos con heterocedasticidad, situación que se corrigió con el uso

de mínimos cuadrados ponderados. En ambas razas se hizo una selección de variables para cada modelo, según el procedimiento Stepwise, con el software R.

Al ser un trabajo exploratorio con gran número de variables es probable que exista una alta correlación entre algunas de ellas, ya que pueden estar relacionadas o medir lo mismo desde diferentes puntos de vista. Un ejemplo es el componente de patas y pezuñas encontrado en los catálogos de inseminación artificial, donde se da un puntaje a la conformación de patas y pezuñas al ser vistas en diferentes puntos. Así el análisis de componentes principales permite reducir el número de variables de tipo y ayudar a determinar la relación de ellas con las variables de producción y reproducción de las vacas. Este análisis permite también crear conjuntos de variables que no tienen correlación entre sí, por ejemplo un componente de patas y un componente de ubres, donde uno agrupa las características físicas de las patas de los animales, mientras que el otro agrupa las características físicas que permiten la descripción de la ubre.

Este análisis multivariado, por medio del análisis de componentes principales, requiere la especificación de valores previos de comunalidad para cada variable, los cuales se estimaron a partir del valor máximo de correlación lineal de cada variable observado en comparación a las demás variables. Además, para la selección de los componentes, se graficaron sus variancias, para así poder seleccionar los componentes que más ayudan a explicar el comportamiento de las variables dependientes.

IV. Resultados y discusión

Esta investigación cuenta con un análisis inicial que obtuvo las correlaciones fenotípicas entre las variables analizadas, para ser empleadas en el descarte voluntario de animales, luego con un análisis de varianza o comparación de promedios, y al final un análisis multivariado por medio del análisis de componentes principales.

4.1 Correlaciones fenotípicas de las características de tipo (variables independientes) con variables productivas y reproductivas (dependientes)

Una correlación permite determinar si hay o no relación entre las variables, también determina la dirección de la misma (Vila et al. 2003). Se utilizaron las 17 características físicas y los parámetros productivos y reproductivos analizados y se obtuvieron las correlaciones fenotípicas entre ellas. Estas correlaciones permiten mejorar los sistemas de selección, así al escoger una característica física se puede predecir el cambio esperado en las variables productivas y reproductivas con las que se correlaciona. Las correlaciones obtenidas en la investigación se presentan en el Cuadro 16 para la raza Jersey y en el Cuadro 17 para la raza Holstein, todas las correlaciones obtenidas son muy bajas para ambas razas, por lo que da una idea más de la variación en dirección que en magnitud. Dichas correlaciones fenotípicas son cercanas a cero y se dan entre las variables de tipo, reproducción y producción analizadas, indicando que hay poca asociación directa entre ellas, resultado similar al obtenido por Dadati et al. (1986).

Los animales más altos tienen mayor intervalo entre partos, más días al primer servicio, periodos abiertos más largos, requieren un mayor número de servicios para quedar preñadas, menor producción diaria corregida a 305 días y mejor producción por lactancia a 305 días que los animales de baja estatura (Berry et al. 2004) .

La mayor angulosidad en la vaca Jersey tiene un efecto negativo en la producción por lactancia a 305 días, mientras que para la raza Holstein el efecto es positivo. En la presente investigación para la raza Holstein la mayor angulosidad favorece la producción de leche al evitar que el animal incremente en peso, al transformar mayor cantidad de los nutrientes ingeridos en leche aumentado el

balance energético negativo. La fortaleza y la producción de leche diaria corregida correlacionan (0,012) de forma positiva. Congruente con los resultados obtenidos por Hansen et al. (1983), donde la selección genética para incrementar la producción láctea disminuye la fertilidad, ya que no consumen los nutrientes necesarios para el nivel de producción.

La correlación entre la profundidad corporal tiene el mismo efecto en dirección o tendencia para ambas razas, al ser correlacionadas con las variables dependientes. Las vacas más profundas tienen mayor producción en una lactancia, pero también muestran mayor cantidad de problemas reproductivos, al ser animales más pesados y mayor asociación con problemas metabólicos debido a la alta producción de leche. Esto coincide con los resultados obtenidos por Wall et al. (2007).

El ancho del anca tiene una correlación negativa para el intervalo entre partos, la producción a 305 días y los servicios por concepción; para la raza Jersey, y caso contrario para la raza Holstein. Debido a los cuerpos estrechos y canales de parto de diámetro pequeño, la mayor amplitud de anca favorece el parto y disminuye los días abiertos. Las vacas Holstein con ancas más amplias tienen mejores parámetros reproductivos. Esta característica es deseable cuando se encuentra en punto intermedio (Caraviello et al. 2003).

La correlación del ángulo del anca con el intervalo entre partos tiene tendencia en la misma dirección para ambas razas, al igual que la producción en una lactancia ajustada a 305 días. Las ancas altas se han asociado a problemas reproductivos, provocado por una evacuación más lenta de los líquidos y otros resultado del parto, retrasando la recuperación rápida del animal, y además aumenta la probabilidad de infecciones en el tracto reproductor. Las vacas con ancas altas y niveladas tienen un 15% más de probabilidad de salir del hato (Caraviello et al. 2003). Pero con respecto a las otras variables productivas y reproductivas analizadas difieren en dirección en cada raza.

Las patas vistas de atrás tienen correlación negativa con el intervalo parto concepción, el número de servicios necesario para obtener una preñez y el promedio de producción diario corregido, para la raza Jersey; y positivo para la raza Holstein.

Las patas vistas de atrás con puntajes altos dan como resultado vacas más saludables (Laurson et al. 2009), pero tiene más relación con la locomoción que con la salud del animal. La correlación genética entre las patas vistas de atrás y la locomoción es favorable con un valor de 0,73 (Boelling et al. 2007).

El ángulo de pezuña correlacionó de manera negativa con los días al primer servicio, días abiertos y producción diaria corregida para la raza Jersey. Con respecto a los animales Holstein la correlación negativa del ángulo de pezuña es con el intervalo entre partos, intervalo parto-concepción, producción láctea a 305 días, días al primer servicio y la cantidad necesaria de servicios para lograr una preñez. Esta característica presenta una de las heredabilidades más bajas entre las características físicas, con un valor de 0,13 por lo que el medio ambiente incluyendo el manejo es de mayor importancia fenotípica. No se asocia genéticamente a las enfermedades comunes del casco (Boelling et al. 2007).

La ubre trasera alta y ancha en ambas razas correlaciona de forma negativa para intervalo entre partos y días al primer servicio, y de tendencia positiva con el número de servicios por concepción en el caso de la Jersey. La ubre trasera alta y ancha se asocia con mayor producción de leche a lo largo de una lactancia, y las vacas con mayores producciones de leche tienen intervalos entre partos más largos según Hansen et al. (1983) y Seykora y Mc Daniel. (1983). Por lo que las vacas más productoras requieren más servicios para preñarse, son más difíciles de detectar el primer celo después del parto (Ferguson 1994), y Dadati et al. (1986) obtuvieron una correlación genotípica de -0,37 entre la ubre trasera y el intervalo entre partos.

La colocación de los pezones delanteros y traseros tiene correlación negativa con el intervalo entre partos, los días a primer servicio y servicios por concepción, y de forma positiva con la producción de leche diaria. Las hembras Holstein tienen una correlación positiva entre el largo y ubicación de los pezones con respecto al intervalo entre partos y días al primer servicio. La colocación y forma de los pezones favorecen la mayor producción de leche, mejor calidad de la misma y ubres más saludables (Zwertvaegher et al. 2013)

En general las correlaciones más bajas se muestran en la raza Jersey al analizar el efecto de las características físicas sobre el periodo abierto (Parto –

Concepción). Estas correlaciones al ser fenotípicas son una guía más para ayudar en el descarte voluntario y no como parámetro de selección único en un programa de cruzamientos.

En la literatura hay varios estudios que reportan valores de correlaciones genéticas entre las variables analizadas en este trabajo, y es más recomendable que ellas sean usadas como criterio de selección ya que no tienen efecto ambiental.

Las vacas más profundas, tienen menor mérito genético para días al primer servicio, días abiertos, tasa de concepción y requieren mayor cantidad de servicios para lograr una preñez (Berry et al. 2004). Vacas con ubres poco profundas, ubres delanteras muy fuertes, bien adheridas y que sus pezones son cortos y muy juntos cuando se miran de lado, presentan problemas reproductivos, con más servicios a la concepción y tasa de preñez bajas, esto se asocia a una selección de ubres intensiva para vacas muy productoras con problemas reproductivos (Berry et al. 2004).

Las vacas con ancas anchas tienen un comienzo más temprano de actividad luteolítica que las vacas angostas en el área pélvica (Royal et al. 2002).

Cuadro 16. Correlaciones fenotípicas obtenidas entre las características físicas y los parámetros productivos y reproductivos analizados para la raza Jersey.

Característica física	IEP	P1SR	SER	IPC	P305	PDC
Estatura	0,082	-0,058	0,043	4,997e ⁻⁰²	0,006	-0,002
Angulosidad	-0,290	-0,053	0,002	-2,902e ⁻⁰²	-0,119	0,039
Fortaleza	0,016	0,053	0,030	1,136e ⁻⁰²	0,028	-0,041
Profundidad corporal	0,027	0,053	0,005	8,427e ⁻⁰³	0,050	-0,022
Ancho del anca	-0,052	0,055	-0,008	5,334e ⁻⁰²	-0,003	0,009
Angulo del anca	-0,013	0,012	0,024	6,729e ⁻⁰³	-0,030	0,048
Patas vistas de atrás	0,015	0,038	-0,017	-3,551e ⁻⁰²	0,037	-0,029
Curvatura de patas	-0,079	-0,039	-0,034	1,971e ⁻⁰²	-0,068	-0,038
Angulo de talón	0,0124	-0,008	0,031	-3,294e ⁻⁰²	0,065	0,007
Ubre delantera	0,002	-0,036	0,017	-3,708e ⁻⁰²	-0,020	-0,055
Altura ubre trasera	-0,189	-0,023	0,001	-5,154e ⁻⁰²	-0,064	-0,018
Ancho ubre trasera	-0,162	-0,001	0,010	1,518e ⁻⁰²	-0,010	0,047
Ligamento central	-0,077	-0,017	-0,024	-1,967e ⁻⁰²	-0,049	0,051
Profundidad de ubre	0,103	0,028	0,003	3,010e ⁻⁰²	0,048	0,028
Colocación pezones delanteros	-0,086	-0,072	-0,028	6,766e ⁻⁰⁵	-0,103	0,109
Colocación pezones traseros	-0,103	-0,053	-0,037	1,652e ⁻⁰³	-0,052	0,035
Largo de pezones delanteros	-0,168	-0,014	-0,041	-7,551e ⁻⁰²	-0,010	0,006

IEP= Intervalo entre partos P1SR= Intervalo parto-primer servicio SER= Número de servicios IPC= Intervalo parto-concepción
P305= Producción de leche por lactancia corregida a 305 días PDC= Producción de leche diaria promedio corregida a 305 días

Cuadro 17. Correlaciones fenotípicas obtenidas entre las características físicas y los parámetros productivos y reproductivos analizados para la raza Holstein.

Característica física	IEP	P1SR	SER	IPC	P305	PDC
Estatura	0,017	0,110	0,099	0,031	0,180	-0,029
Angulosidad	-0,002	-0,129	0,012	-0,049	0,246	0,071
Fortaleza	0,047	0,183	0,258	0,181	-0,032	0,012
Profundidad corporal	0,082	0,083	0,012	0,046	0,280	-0,068
Ancho del anca	0,016	0,068	0,046	-0,009	0,083	0,056
Angulo del anca	-0,226	0,019	0,011	-0,045	-0,097	-0,006
Patas vistas de atrás	-0,026	0,021	0,046	0,058	-0,116	0,152
Curvatura de patas	0,048	0,267	0,054	0,208	0,062	-0,085
Angulo de talón	-0,092	-0,190	-0,068	-0,194	-0,144	0,216
Ubre delantera	0,012	0,007	0,029	0,003	-0,120	0,016
Altura ubre trasera	-0,013	-0,030	-0,020	-0,014	0,040	0,007
Ancho ubre trasera	-0,012	-0,062	0,016	-0,091	0,219	0,085
Ligamento central	-0,014	0,071	-0,010	0,042	-0,143	-0,042
Profundidad de ubre	-0,124	-0,110	-0,047	-0,101	-0,322	0,090
Colocación pezones delanteros	0,088	-0,100	-0,118	0,077	0,000	-0,052
Colocación pezones traseros	0,227	0,047	0,011	0,064	-0,080	-0,042
Largo de pezones delanteros	-0,040	0,084	0,044	0,005	0,101	-0,024

IEP= Intervalo entre partos P1SR= Intervalo parto-primer servicio SER= Número de servicios IPC= Intervalo parto-concepción P305= Producción de leche por lactancia corregida a 305 días PDC= Producción de leche diaria promedio corregida a 305 días

Las variables productivas y reproductivas analizadas tienen impacto en la rentabilidad, la cual es un aspecto fundamental en las lecherías de hoy, por lo que conocer las correlaciones entre rentabilidad y características físicas es clave. La rentabilidad tiene una correlación genética de 0,37 con el carácter lechero, de -0,01 con la profundidad de cuerpo, 0,20 con el ángulo de pezuña, 0,12 con la curvatura de las patas, 0,22 con la ubre delantera, 0,29 con la altura de la ubre trasera y -0,04 con la profundidad de ubre (Pérez-Cabal y Alenda 2002). Las correlaciones entre

rentabilidad y las características corporales son muy bajas, con respecto a la ubre son correlaciones moderadas (Pérez-Cabal y Alenda 2002).

Dechow et al. (2003), reportaron correlaciones genéticas entre el carácter lechero y fortaleza de $-0,73$; carácter lechero y estatura $0,20$; carácter lechero y profundidad corporal $0,40$; carácter lechero y ancho del anca $0,27$; carácter lechero y vista lateral de patas $-0,38$; carácter lechero y ángulo de pezuña $0,38$, carácter lechero y componente de ubres de $0,10$ para animales de primera lactancia. Para animales adultos reporta correlaciones genéticas entre carácter lechero y fortaleza de $-0,11$; carácter lechero y estatura de $0,21$; entre fortaleza y estatura con un valor de $0,57$.

4.2 Análisis de varianza o comparación de promedios

4.2.1 Efecto de la finca, edad del animal y número de lactancias sobre las variables productivas y reproductivas analizadas

En todas las fincas donde tienen animales Jersey produciendo tuvieron días similares al primer servicio, en las demás variables reproductivas y productivas hubo diferencia estadística ($P < 0,05$) entre algunas de ellas. La finca 6, obtuvo el menor intervalo entre partos, menor cantidad de servicios para lograr una preñez, y lo menor cantidad de días abiertos, pero también fue la finca con menor producción de leche ajustada a 305 días y el menor promedio de producción diaria (Cuadro 18). Los mejores parámetros reproductivos pueden estar asociados a una menor presión por producir leche (Roxstrom et al. 2001), este efecto negativo se está manifestando al momento de la concepción ya que todas las fincas tuvieron similar cantidad de días abiertos al primer servicio.

La detección de celo es una fuente variación entre las fincas, Olynk y Wolf (2009), reportan una tasa de preñez del $20,8\%$ para celo detectado y de $38,6\%$ para celo sincronizado por el método de Ovsynch. Schefers (2010), da otra razón de manejo que afecta la reproducción, el uso de reinseminación, la cual aumentó la tasa de servicio en las fincas analizadas, y también indica que la variabilidad en la concepción de las vacas depende de muchos factores en los hatos, algunos de ellos

son: periodo voluntario de espera, días post servicio al examen de preñez, conteo de células somáticas, sincronización de celos, número de empleados por vaca, recorte funcional de cascos, número de vacas por inseminador y número de vacas por máquinas de ordeño. El método de detección de celos y el uso de ayudas es esa labor para tienen impacto sobre los días al primer servicio (Ferguson y Skidmore. 2013).

Para las vacas Holstein hay un efecto similar a las Jersey en las diferentes fincas con respecto a la relación entre la producción y la reproducción, donde las fincas con mayores niveles de producción en lactancias de 305 días y producción diaria, también tienen intervalos entre partos más largos, mayor cantidad de días abiertos y más días al primer servicio, como en el caso de la finca 5 (Cuadros 18 y 19), un promedio de producción mayor tiene como consecuencia un intervalo entre partos mayor (Pryce y Veekamp 2001). Al no existir diferencia en los servicios proporcionados para obtener la preñez, el mayor IEP se debe a más días necesarios para servir el animal por primera vez después del parto.

Para ambas razas el balance energético negativo afecta la fertilidad, ya que la fertilidad al servicio está directamente relacionada con el número y la salud de los ciclos ovulatorios que preceden al mismo, y que el número de ciclos antes de la inseminación artificial o monta natural está relacionado con el grado y la duración del balance energético negativo en el post parto (Valdéz 2000), la raza Holstein se afecta con más días para el momento del primer servicio y en la Jersey afecta disminuyendo la fertilidad e incrementando los servicios por concepción. Estas fincas tienen ambas razas y el balance de la dieta se basa en el nivel de producción y probablemente no hay una distinción entre razas en el manejo y suplementación alimenticia.

Entre otros factores que aumentan la variabilidad entre las fincas es su ritmo de crecimiento, las horas laborales por animal disminuyen ya que el número de colaboradores se mantiene constante (Caraviello et al. 2006).

La vaca produce más leche conforme aumenta la edad alcanzando su madurez a los 6 años (Ochoa 1991). El efecto de la edad en las vacas Jersey muestra que los animales de 50 meses o más son los animales que tienen más

problemas reproductivos, pero también los mayores niveles de producción de leche (Cuadro 10). En el caso de las Holstein las vacas con menores intervalos entre partos y menor producción de leche en una lactancia son los animales menores de 50 meses, pero los animales entre 50 y 100 meses de edad son los de mayor producción y de mayores intervalos entre partos (Cuadro 19). En ambas el efecto del balance energético negativo es una de las causas del antagonismo entre reproducción y producción. La edad de madurez probablemente sea una de las explicaciones para los diferentes momentos en que ambas razas llegan a sus máximos en producción y a la vez con mayores problemas reproductivos asociado a un mayor requerimiento nutricional. Otro aspecto que tiene influencia negativa sobre el desempeño productivo y reproductivo del animal, es que los grupos de vacas socialmente más débiles, como las vacas primerizas y pequeñas (o de razas pequeñas) se manejen con grupos sociales más fuertes (Becker et al. 2012). Cuando la separación se hace correctamente hay un incremento en la producción de leche en los animales primerizos, debido a un mayor consumo de materia seca.

Según la cantidad de lactancias, las vacas Jersey solamente presenta diferencia estadística en el periodo parto-concepción, las vacas con más de 7 partos son las que tienen más días abiertos, pero también están en el grupo de mayor producción de leche (Cuadro 18). El caso contrario son las vacas Holstein ya que los animales con un mínimo de siete lactancias terminadas son los animales de menor producción, y los parámetros reproductivos no presentan diferencia significativa entre los grupos según su número de lactancia (Cuadro 19). Es probable que la vaca Holstein al ser más productora de litros que la Jersey logre más rápidamente su mayor producción de leche, pero también sufre un mayor desgaste antes del séptimo parto.

Cuadro 18. Resumen de datos productivos y reproductivos por finca, edad y lactancia para vacas de la raza Jersey.

Variable	Rango	IEP (días)	P1SR (días)	PC (días)	P305 (kg)	SER	PDC (kg)
Finca	1	385,4 ^{abc}	74,7	84,4 ^b	6.594,1 ^b	1,9 ^{bc}	23,0 ^b
	2	380,6 ^{bc}	65,5	77,8 ^b	7.300,2 ^a	1,6 ^{ab}	24,7 ^b
	3	382,4 ^{abc}	66,0	75,3 ^b	6.968,2 ^{ab}	2,2 ^{bc}	24,3 ^b
	4	466,3 ^a	74,4	107,2 ^c	7.189,6 ^a	2,6 ^c	31,6 ^a
	5	398,4 ^{ab}	68,8	68,8 ^a	6.046,6 ^c	1,5 ^a	30,8 ^a
	6	363,7 ^a	69,0	69,0 ^a	6.035,2 ^c	1,5 ^a	21,7 ^b
Edad (meses)	Menos de 50	372,0 ^a	68,0 ^a	81,5 ^a	5.945,8 ^c	1,9 ^a	26,8 ^a
	50,01 a 100	387,1 ^a	68,3 ^a	78,5 ^a	7.277,5 ^b	2,1 ^{ab}	24,1 ^a
	Más de 100	413,4 ^b	81,5 ^b	104,8 ^b	7.9148 ^a	2,6 ^b	21,3 ^b
Lactancia Número	1-3	381,6	68,7	81,1 ^a	6.544,4 ^b	2,0	25,6
	4-6	386,4	68,1	78,3 ^a	7.753,3 ^a	2,0	24,0
	7 ó más	408,0	78,1	98,8 ^b	7.720,5 ^a	2,2	23,3

IEP: intervalo entre partos en días; P1SR: intervalo del parto al primer servicio en días; PC: intervalo del parto a la concepción en días; P305: Producción de leche de la última lactancia concluida corregida a 305 días en Kg., SER: Servicios por concepción, PDC: Producción diaria.

^{a-c} Significa que dentro de cada columna y variable, con diferente superíndice tienen diferencia significativa (P<0,05)

Cuadro 19. Resumen de datos productivos y reproductivos por finca, edad y lactancia para vacas de la raza Holstein.

Variable	Rango	IEP (días)	P1SR (días)	PC (días)	P305 (kg)	SER	PDC (kg)
Finca	1	378,6 ^{ab}	76,7 ^{ab}	91,7 ^{ab}	8.503,1 ^{ba}	1,5 ^a	32,8 ^{bc}
	2	381,0 ^{ab}	62,9 ^a	80,8 ^a	8.426,5 ^{ba}	2,2 ^a	26,9 ^b
	4	363,1 ^a	80,7 ^{ba}	119,2 ^{ab}	7.931,0 ^b	9,4 ^b	48,0 ^a
	5	415,4 ^b	104,0 ^c	123,0 ^c	9.168,9 ^a	2,0 ^a	32,6 ^b
	6	387,3 ^{ab}	87,0 ^{bc}	92,1 ^{ab}	8.390,0 ^{ba}	1,5 ^a	21,3 ^c
Edad (meses)	Menos de 50	366,1 ^a	78,0	89,9	7.258,4 ^b	2,1	32,3
	50,01 a 100	402,1 ^{ab}	89,6	104,5	9.202,6 ^a	1,9	27,7
	Más de 100	382,9 ^{ab}	79,0	102,0	9.301,9 ^a	1,2	24,5
Lactancia Número	1-3	390,0	85,0	98,5	8.406,6	2,0	30,2 ^a
	4-6	387,3	76,7	95,5	9.515,8	1,6	28,2 ^{ba}
	7 ó más	398,4	78,0	89,0	9.508,4	1,7	16,9 ^b

IEP: intervalo entre partos en días; P1SR: intervalo del parto al primer servicio en días; PC: intervalo del parto a la concepción en días; P305: Producción de leche de la última lactancia concluida corregida a 305 días en Kg., SER: Servicios por concepción, PDC: Producción diaria. ^{a-c} Significa que dentro de cada columna y variable, con diferente superíndice tienen diferencia significativa (P<0,05)

4.2.2 Efecto de las características de cuerpo sobre variables productivas y reproductivas en estudio

Las características que conforman un componente corporal son: estatura, carácter lechero, fortaleza, profundidad de cuerpo y ángulo de anca. Todas ellas se analizaron para conocer el efecto que tienen sus diferentes grados sobre el Intervalo entre partos, días al primer servicio, días abiertos, producción de una lactancia corregida a 305 días, servicios para la concepción, producción diaria promedio por vaca.

El Cuadro 20 muestra que la vaca Jersey con más estatura, más fortaleza, más temperamento lechero, mayor profundidad corporal y de ángulo de anca

nivelado, es la que mayor producción de leche tiene. Las vacas más profundas, más altas y con ancas levemente bajas o niveladas son más productoras ya que son más dóciles y tienen un ordeño más suave y rápido (Berry et al. 2004). A mayor carácter lechero la vaca produce más leche en su lactancia, especialmente en los primeros días de la misma ya que presenta mayor habilidad para mover reservas energéticas corporales más rápido (Berry et al. 2004), y además tiene menor conversión alimenticia, por lo que se mantiene con baja condición corporal durante la lactancia (Dechow et al. 2004a).

Las vacas Holstein con mayor angulosidad y mayor fortaleza tienen las mayores producciones en lactancias corregidas a 305 días, por las mismas razones descritas en el párrafo anterior para la raza Jersey (Cuadro 21). Es común que la vaca fuerte no tenga alto puntaje en carácter lechero y no sea una vaca con mucha producción en los tres primeros meses de lactancia por lo que favorece un menor intervalo entre partos en sistemas de confinamiento total, caso contrario en el sistema de pastoreo implica que las vacas caminen largas distancias y exista mayor competencia por el alimento, por lo que la fortaleza favorece la producción (Zink et al. 2011).

El intervalo entre partos es mayor en las vacas Jersey más fuertes y profundas, mientras que las que son altas y tienen cuerpos profundos requieren más servicios para la concepción. Debido a que son vacas que por esas características se favorece la mayor producción láctea y tienen correlación genética con la pérdida rápida de peso en la etapa temprana de la lactancia (Berry et al. 2004) por lo que favorece el balance energético negativo. Por ejemplo una correlación de 0.22 fue encontrada por Dechow et al. (2004b) entre la angulosidad de la vaca y los problemas reproductivos. La mala detección de celo aumenta los servicios necesarios para la preñez, ya que los animales no son servidos en el momento adecuado, por ejemplo las vacas que ovularon 48 horas después de la inseminación artificial, solamente se preñaron el 15% en un estudio realizado por Van Eerdengurg et al. (2002). Esta mala detección de celo antes se asociaba solamente a una mala práctica del personal, pero se sabe que el balance energético negativo afecta la presentación del celo en forma adecuada, ya que provoca una baja calidad del

folículo y el oocito (Van Eerdenburg et al. 2002), por lo que la producción de estradiol no es correcta, lo que provoca una expresión de los síntomas del celo más baja de lo normal (Lyimo et al. 2000). Las vacas más profundas tienen menor mérito genético para días al primer servicio, tasa de concepción y requieren mayor cantidad de servicios para lograr una preñez (Berry et al. 2004).

Para la raza Holstein el ángulo del anca es una de las características que presenta diferencia significativa con respecto a la reproducción, específicamente al número de servicios necesarios para la preñez. Las vacas con ancas niveladas requieren más servicios para lograr una preñez, probablemente se asocia a una mayor producción de leche, como se indicó antes. Esto no es congruente con lo escrito en la literatura, ya que las vacas con ángulos intermedios tienen menor riesgo de desecho involuntario (que incluye los problemas reproductivos) (Caraviello et al. 2004). Por otra parte las ancas altas son las que se asocian a problemas reproductivos ya que los huesos del anca pueden no descender lo suficiente al momento del parto y provocar algún grado de distocia (Cue et al. 1990) y también aumenta la probabilidad de una infección porque la vagina no drena de forma efectiva (Astiz et al. 2002).

Cuadro 20. Características físicas de cuerpo y su influencia en la reproducción y producción de las vacas Jersey.

Característica	Rango	IEP (Días)	P1SR (Días)	PC (Días)	P305 (kg)	SER	PDC (kg)
Estatura	1	375,4	68,9	80,9	6.266,3 ^b	1,7 ^a	25,2
	2	384,1	68,7	80,4	6.934,7 ^a	2,0 ^{ab}	25,1
	3	388,7	69,5	84,7	7.186,0 ^a	2,4 ^b	26,0
Carácter lechero	1	383,3	67,8	78,6	6711,5 ^b	2,0	23,9 ^{ab}
	2	382,6	68,4	80,2	6.869,1 ^{ba}	2,0	26,2 ^a
	3	386,9	72,1	87,3	7.159,9 ^a	2,2	23,4 ^b
Fortaleza	1	372,8 ^a	66,8	76,9	6.585,8 ^b	1,9	25,1
	2	396,9 ^b	68,5	81,5	7.199,3 ^a	2,0	24,8
	3	385,4 ^b	70,8	84,3	6.971,2 ^a	2,1	25,5
Profundidad Corporal	1	371,9 ^a	72,9	72,9	6.155,0 ^c	2,0 ^a	24,1
	2	381,0 ^a	81,5	81,5	6.882,5 ^b	2,0 ^a	25,8
	3	402,5 ^b	84,5	84,5	7.360,7 ^a	2,5 ^b	23,2
Ángulo anca	1	384,6	66,9	80,6	6.848,6 ^b	2,0	25,8
	2	395,8	69,3	82,3	7.599,6 ^a	2,3	26,2
	3	382,0	68,9	80,8	6.792,0 ^b	2,0	25,1

^{a-c} Significa que dentro de cada columna y variable, con diferente superíndice tienen diferencia significativa (P<0,05).

Cuadro 21. Características físicas de cuerpo y su influencia en la reproducción y producción de las vacas Holstein.

Característica	Rango	IEP (Días)	P1SR (Días)	PC (Días)	P305 (kg)	SER	PDC (kg)
Estatura	1	401,4	70,7	95,6	8.126,2	1,6	20,1
	2	388,6	83,3	96,0	8.380,1	2,1	29,8
	3	390,0	87,7	102,0	9.104,1	1,8	28,7
Carácter lechero	1	397,0	91,6	103,0	8.272,5 ^b	1,7	24,9 ^b
	2	384,0	80,9	95,3	8.361,5 ^b	2,2	32,5 ^a
	3	395,6	83,1	99,8	9.543,7 ^a	1,8	25,3 ^b
Fortaleza	1	386,9 ^{ab}	77,8	88,9	8.683,5	1,4 ^a	29,5
	2	364,0 ^a	82,1	84,5	7.817,7	3,8 ^b	24,8
	3	397,3 ^b	89,7	108,7	8.686,6	1,8 ^{ab}	30,3
Profundidad corporal	1	384,3	81,7	94,6	8.083,2 ^b	1,5	29,8
	2	389,4	84,3	99,3	8.946,4 ^b	2,2	30,3
	3	399,0	85,1	97,3	9.712,3 ^a	1,9	25,0
Ángulo anca	1	409,3	87,8 ^b	107,6 ^b	9.056,1	1,5 ^a	28,7
	2	409,1	60,2 ^a	69,9 ^a	8.448,0	4,3 ^b	29,1
	3	383,9	85,2 ^b	98,6 ^{ab}	8.536,7	1,6 ^a	29,6

^{a-c} Significa que dentro de cada columna y variable, con diferente superíndice tienen diferencia significativa (P<0,05).

4.2.3 Efecto de las características de ubre sobre variables productivas y reproductivas en estudio

Las características de ubre analizadas son: la ubre delantera, alto y ancho de la ubre trasera, ligamento medio, profundidad de la ubre, colocación de pezones delanteros y traseros y el largo de los pezones delanteros. En conjunto estas características forman el componente de ubres.

En la raza Jersey ubres delanteras intermedias, ubre trasera ancha, ligamento central de fortaleza intermedia y pezones delanteros y traseros ubicados debajo de los cuartos favorecen una mayor producción en una lactancia corregida a 305 días. Las demás características de ubre evaluadas no mostraron diferencia significativa (P< 0,05) en sus diferentes niveles con respecto a las variables productivas (Cuadro 22). Los cuartos traseros llevan la mayor cantidad de leche por eso la ubre trasera más ancha se relaciona positivamente con producción de leche (Berry et al. 2004). La adecuada conformación de la ubre favorece la producción de leche y la vida productiva de las vacas (Schneider et al. 2003), un ejemplo es la puntuación intermedia de la ubre delantera con adecuada capacidad y sin largo

excesivo formado por tejido adiposo no productivo. Los valores intermedios en el ligamento central son debido a que el peso de una ubre de una vaca alta productora provoca rompimiento del mismo, probablemente el mismo ligamento en una vaca de baja producción sea considerado como muy fuerte, pero por efecto de que sufre menos estrés por el peso de la leche, otra razón por la que el ligamento central de fortaleza intermedia es que favorece la adecuada colocación de los pezones, ya que si es débil los abre y si es muy fuerte los cierra, provocando problemas con el equipo de ordeño mecánico. Otra característica intermedia que favorece la producción de leche es la profundidad de ubre intermedia, ya que le proporciona a la ubre adecuada capacidad para almacenar leche, sin sufrir los problemas de salud que presentan las ubres profundas (Pérez-Cabal y Alenda 2002). La colocación de los cuatro pezones debajo del cuarto (puntuación intermedia), beneficia a la producción de leche ya que permite una adecuada succión por parte de la pezoneras y mantener la adecuada presión en el equipo de ordeño o la adecuada colocación de las pezoneras en el caso de equipos robotizados (Berry et al. 2004). Estas características son de mayor importancia conforme el animal aumenta en número de lactancias, para favorecer su salud y producción y aumentar su permanencia en el hato (Boettcher et al. 1997).

Igual que en la raza Jersey, las vacas Holstein con ubres de buena conformación están ligadas a buenas producciones, la ubre trasera ancha, profundidad de ubre intermedia, pezones colocados en el centro de cada cuarto y largo intermedio de los mismos, por otra parte las vacas de mayor producción se asocian a un ligamento central débil (Cuadro 23). Este tipo de ubre permite una buena capacidad de almacenamiento y correcta función de los equipos de ordeño, por lo que favorece una mayor producción de leche. El ligamento central más débil que muestran las vacas altas productoras se debe a que la vaca Holstein es la que en promedio produce más leche en diaria y en una lactancia, este mayor peso de la ubre provoca rompimiento de dicho ligamento, por eso el efecto es mayor en las vacas altas productoras. La elasticidad de este ligamento le permite adaptarse a los cambios de peso por la cantidad de leche, a los movimientos de la vaca y a los cambios por la edad (Smith 1960).

Los animales Jersey en producción con ubres traseras altas y anchas, con ligamentos débiles y ubres profundas (Cuadro 22) se asocian a animales de alta producción de leche (Boettcher et al. 1997). Las vacas altas productoras son más susceptibles a enfermedades y problemas reproductivos debido a que están sometidas a mayor estrés (Jones et al. 1994). Un animal con un buen sistema mamario generalmente tiene buena salud y es de esperar que tenga menos problemas reproductivos, sin embargo se asocia las buenas ubres con intervalos entre partos más largos debido a que ese tipo de ubre correlaciona favorablemente con mayores producciones a 305 días (Wall et al. 2005).

Las vacas Holstein con ubres más profundas demoraron más su primer servicio (Cuadro 23), al igual que las Jersey la profundidad de ubre se asocia positivamente con la producción de leche, por lo que las vacas Holstein altas productoras movilizaron más reservas corporales para cubrir la necesidad de ese nivel productivo en los primeros días de la lactancia (Ferguson 1991), provocando un retraso en la presentación del celo o celo silencioso debido a una limitación en el crecimiento de los folículos ováricos, dificultando la observación del mismo y retrasando el momento de dar la primer inseminación post parto (Henaó 2001).

Cuadro 22. Características físicas de conformación de ubres y su influencia en la reproducción y producción de las vacas Jersey.

Característica	Rango	IEP (Días)	P1SR (Días)	PC (Días)	P305 (kg)	SER	PDC (kg)
Ubre delantero	1	379,2	68,2	81,1	6.710,5 ^b	2,1	24,4
	2	390,2	68,1	73,3	7.512,2 ^a	2,1	25,6
	3	385,0	69,3	82,2	6.870,3 ^b	2,0	25,7
Altura ubre trasera	1	391,4	69,7	85,6	6.857,9	2,4 ^b	23,2 ^b
	2	388,4	68,3	80,4	6.968,0	2,1 ^b	24,7 ^a
	3	376,0	69,2	80,7	6.775,8	1,9 ^a	26,1 ^a
Ancho ubre trasera	1	374,6 ^a	67,8	73,0 ^a	6.127,5 ^b	1,8 ^a	23,7
	2	397,0 ^b	67,1	74,8 ^a	7.198,3 ^a	1,9 ^{ab}	25,3
	3	381,2 ^a	69,7	85,8 ^b	7.001,8 ^a	2,1 ^b	25,7
Ligamento central	1	376,7 ^a	69,8	84,1	6.702,6 ^b	2,0	23,5
	2	393,4 ^b	69,5	81,4	7.243,2 ^a	2,1	25,0
	3	383,4 ^{ab}	68,4	80,0	6.857,7 ^b	2,0	25,7
Profundidad ubre	1	381,5	70,2 ^a	82,5	7.181,1 ^b	1,9	24,2
	2	395,9	68,7 ^b	80,8	7.701,7 ^a	2,0	23,9
	3	381,8	68,3 ^a	80,4	6.567,6 ^c	2,1	25,8
Colocación pezones Delanteros	1	372,4	70,2	80,0	6.685,6 ^b	2,0	30,1
	2	385,1	67,1	76,6	7.520,2 ^a	2,0	26,9
	3	386,8	68,7	81,8	6.836,0 ^b	2,0	29,9
Colocación pezones traseros	1	386,2	71,1	83,9	6.900,1 ^b	2,2	30,7
	2	391,2	68,0	77,8	7.312,0 ^a	2,0	32,9
	3	378,5	68,7	81,8	6.637,6 ^b	2,0	28,4
Largo de pezones	1	391,7	66,5	80,7	6.856,7	1,9	30,1
	2	382,7	68,4	80,2	6.878,5	2,1	29,5
	3	380,8	71,2	82,5	6.897,6	2,0	28,9

IEP: intervalo entre partos en días; P1SR: intervalo del parto al primer servicio en días; PC: intervalo del parto a la concepción en días; P305: Producción de leche de la última lactancia concluida corregida a 305 días en Kg., SER: Servicios por concepción, PDC: Producción diaria. ^{a-c} Significa que dentro de cada columna y variable, con diferente superíndice tienen diferencia significativa (P<0,05).

Cuadro 23. Características físicas de conformación de ubres y su influencia en la reproducción y producción de las vacas Holstein.

Característica	Rango	IEP (Días)	P1SR (Días)	PC (Días)	P305 (kg)	SER	PDC (kg)
Ubre delantero	1	393,5	83,1	97,0	8.906,9	2,0	29,4
	2	393,3	76,0	87,2	8.682,8	1,7	25,8
	3	386,9	85,6	100,4	8.413,3	2,0	30,3
Altura ubre trasera	1	387,9	82,4	93,6	8.563,2	1,5 ^a	30,3
	2	388,2	84,6	100,9	8.416,0	2,7 ^b	27,7
	3	393,1	83,8	97,3	8.818,4	1,6 ^a	30,6
Ancho ubre trasera	1	390,5	88,2 ^b	104,1	8.277,2 ^{ab}	1,6 ^a	27,1
	2	300,5	65,9 ^a	100,4	8.056,7 ^b	3,5 ^b	32,0
	3	392,1	86,4 ^b	100,5	8.944,0 ^a	1,7 ^a	30,2
Ligamento Central	1	396,6	80,2	90,8	9.137,2 ^a	1,6	28,0
	2	396,8	81,4	95,0	8.085,6 ^b	1,5	32,0
	3	385,4	85,8	101,4	8.474,4 ^{ab}	2,2	29,4
Profundidad Ubre	1	398,6	95,1 ^b	115,9 ^b	9.328,0 ^a	1,8	27,0
	2	381,6	63,7 ^a	62,4 ^a	8.933,6 ^{ab}	1,5	29,3
	3	388,2	83,6 ^b	98,0 ^b	8.288,5 ^b	2,1	30,2
Colocación pezones delanteros	1	395,8	92,1	108,3	8.730,8	2,0	23,7 ^b
	2	386,8	81,4	95,1	8.953,6	1,7	26,7 ^a
	3	388,7	81,9	95,4	8.471,8	2,0	25,4 ^{ab}
Colocación pezones traseros	1	373,1 ^{ab}	79,5 ^{ab}	88,0	8.931,9	1,5 ^a	22,5 ^b
	2	365,5 ^a	68,0 ^a	92,4	8.133,4	4,2 ^b	25,3 ^a
	3	401,2 ^b	87,9 ^b	102,5	8.538,0	1,6 ^a	25,8 ^a
Largo pezones	1	386,5	82,0	97,6	8.597,2	1,7	26,1 ^a
	2	392,2	85,0	100,6	8.470,1	2,2	25,7 ^a
	3	388,3	82,8	92,5	8.829,1	1,8	23,6 ^b

IEP: intervalo entre partos en días; P1SR: intervalo del parto al primer servicio en días; PC: intervalo del parto a la concepción en días; P305: Producción de leche de la última lactancia concluida corregida a 305 días en Kg., SER: Servicios por concepción, PDC: Producción diaria. ^{a-c} Significa que dentro de cada columna y variable, con diferente superíndice tienen diferencia significativa ($P < 0,05$).

La producción de leche aumentó significativamente en la última década (Lucy 2001), este aumento tiene efecto sobre la ubre y la reproducción de las vacas lecheras (Roxstrom et al. 2001).

4.2.4 Efecto de las características de patas y pezuñas sobre las variables reproductivas en estudio

Al agrupar las características patas vistas de atrás, curvatura lateral de las patas y ángulo del casco, se puede formar un componente de patas, el problema con dichas características es que posee una baja heredabilidad, por lo que el progreso

genético que se puede realizar de una generación a otra es mínimo y hay gran influencia del ambiente. Por ejemplo la curvatura lateral de patas tiene una heredabilidad (h^2) de 0,15; el ángulo de la pezuña un $h^2= 0,11$ y la locomoción en general tiene un $h^2= 0,11$ (Onyiro y Brotherstone 2008).

Con la información contenida en los Cuadros 24 y 25, se nota que las patas traseras vistas desde atrás (tanto en Jersey como en Holstein) es la característica del componente de patas que más afecta la producción y reproducción de las vacas. Las vacas Jersey con mejores patas vistas de atrás (LRV) tienen menor intervalo entre partos y reciben su primer servicio a menos días que las vacas con problemas en esta característica. En la raza Holstein las patas vistas de atrás (LRV) alteran los días abiertos y los días al primer servicio, cuando la vaca tiene LRV de puntaje alto aumenta los días a primer servicio y los días abiertos. Con respecto a la curvatura lateral se tiene que los animales Holstein con pata más recta tienen menos días post parto necesarios para la concepción. En el caso del ángulo de pezuña los valores más bajos en este rubro son causantes de periodos más largos para el primer servicio; pero en ambas razas los puntajes más bajos de dicho ángulo se relacionan con mayores producciones en una lactancia corregida a 305 días. Probablemente la diferencia entre ambas razas en algunas características de patas y pezuñas se debe a que la diferencia en peso afecte el desempeño de sus patas, la parte reproductiva, y productiva.

Las patas y pezuñas son parte importante de la industria lechera actual. Cerca del 25 al 30 % de las vacas lecheras son tratadas anualmente por problemas de patas (Somers et al 2003).

La conformación de las patas y pezuñas puede contribuir indirectamente al desecho de animales por problemas reproductivos por ejemplo al disminuir la expresión del celo, aumentar el intervalo entre partos, más días abiertos y menor rentabilidad (Fatehi 2003).

Las vacas con ubres de ancho intermedio, bien adheridas, poco profundas, con patas traseras con suficiente separación y buen aplomo caminan mejor (Van Dorp et al. 2004), por lo que van a tener mejor acceso a la alimentación y a la sala de ordeño, favoreciendo la producción de leche (Warnick et al. 2001).

Cuadro 24. Características físicas de conformación de patas y pezuñas y su influencia en la reproducción y producción de las vacas Jersey.

Característica	Rango	IEP (Días)	P1SR (Días)	PC (Días)	P305 (kg)	SER	PDC (kg)
Patas vista trasera	1	385,5 ^{ab}	71,4 ^b	83,9	6.850,6 ^b	2,0	25,0
	2	389,3 ^b	65,5 ^a	81,5	7.183,2 ^a	2,1	25,2
	3	376,4 ^a	67,4 ^{ab}	76,1	6.715,3 ^b	2,0	25,6
Curva lateral	1	388,1	71,0	81,0	6.598,9	1,8	26,2
	2	384,6	68,9	81,4	6.938,9	2,0	25,6
	3	380,0	68,1	79,7	6.808,2	2,0	24,0
Ángulo de pezuña	1	382,8	68,3	79,0	6.977,9 ^a	2,0	25,6
	2	385,0	69,8	84,6	6.686,3 ^b	2,1	24,4

IEP: intervalo entre partos en días; P1SR: intervalo del parto al primer servicio en días; PC: intervalo del parto a la concepción en días; P305: Producción de leche de la última lactancia concluida corregida a 305 días en Kg., SER: Servicios por concepción, PDC: Producción diaria. ^{a-c} Significa que dentro de cada columna y variable, con diferente superíndice tienen diferencia significativa ($P < 0,05$).

Cuadro 25. Características físicas de conformación de patas y pezuñas y su influencia la reproducción y producción de las vacas Holstein.

Característica	Rango	IEP (Días)	P1SR (Días)	PC (Días)	P305 (kg)	SER	PDC (kg)
Patas vistas de atrás	1	388,0	88,4 ^{ba}	97,0 ^{ba}	8.658,0	2,3	28,3
	2	400,4	70,7 ^b	84,6 ^b	8.711,9	1,4	31,8
	3	387,1	89,0 ^a	107,4 ^a	8.443,2	1,8	30,0
Curva lateral	1	388,4	68,9 ^b	78,3 ^b	8.501,9	1,5	32,5
	2	383,2	85,7 ^a	100,4 ^a	8.508,1	2,3	28,4
	3	399,0	91,6 ^a	108,2 ^a	8.817,4	1,7	28,2
Ángulo de pezuña	1	389,6	88,6 ^a	102,4 ^a	8.872,6 ^a	2,2	27,8
	2	390,4	78,2 ^b	92,7 ^a	8.175,2 ^b	1,7	31,5

IEP: intervalo entre partos en días; P1SR: intervalo del parto al primer servicio en días; PC: intervalo del parto a la concepción en días; P305: Producción de leche de la última lactancia concluida corregida a 305 días en Kg., SER: Servicios por concepción, PDC: Producción diaria. ^{a-c} Significa que dentro de cada columna y variable, con diferente superíndice tienen diferencia significativa ($P < 0,05$).

En ambas razas los animales con ángulos bajos de pezuña se relacionan con mayor producción de leche en una lactancia, esto probablemente a que son animales adultos, que presentan desgaste del casco por la edad, al tener más producción de leche sus dietas son más altas en concentrado, produciendo una lactoacidosis que desencadena en la liberación de sustancias vasoactivas como la endoxina y la

histamina, que causan alteraciones hemodinámicas en el casco por lo que son más propensas a tener cascos más largos y menor ángulo respecto al suelo (Greenough y Vermunt 1991).

Con respecto a las variables de fertilidad el mayor efecto lo ejercen las características de cuerpo, luego la conformación de la ubre y por último la conformación de las patas y pezuñas (Wall et al. 2005). Esto se da porque el componente ambiental en el fenotipo de las patas y pezuñas es mayor al genético, por ejemplo el tipo de piso donde se encuentren los animales causa variación en el puntaje de las patas, lo mismo sucede si se realiza recorte funcional de cascos regularmente, esta última práctica da como resultado mejores puntajes en el ángulo de la pezuña y menor variabilidad en el mismo (Fatehi et al. 2003). Otro aspecto que altera el puntaje de las patas es el lugar donde fueron desarrolladas las terneras, hay diferencias en la conformación del casco entre animales desarrollados en corrales individuales de piso de concreto y animales desarrollados en casas individuales sobre tierra (Vermunt y Greenough 1996).

La evaluación de patas y pezuñas está afectada por un gran número de factores ambientales como: tipo de piso donde se encuentran los animales, edad, raza, y momento del recorte funcional (Gilmore 1978).

4.3 Análisis de regresión

4.3.1 Características físicas con mayor influencia en el Intervalo entre Partos (IEP)

Hay múltiples factores que afectan el intervalo entre partos. La detección de celos y el esfuerzo invertido en esa labor, afectan directamente el intervalo entre partos (Ferguson y Skidmore. 2013).

Para la raza Jersey las características físicas que más influencia tienen sobre el intervalo entre parto según los resultados de esta investigación, son la estatura, las patas vistas de atrás, la ubre delantera y la altura de la ubre. Por ejemplo los animales de más estatura tienen más días entre partos. El Cuadro 26 presenta la información de la regresión que permite determinar las características físicas de mayor influencia y su efecto en el intervalo entre partos.

La raza Holstein en su intervalo entre partos tiene mayor influencia del ángulo del anca, del ligamento central y la colocación de pezones traseros (Cuadro 27).

A mayor estatura los intervalos entre partos son mayores con mayor efecto para la raza Jersey. Animales más pesados tienen mayores problemas de patas y mayor requerimiento alimenticio. Hansen et al. (1999), reportó que las vacas seleccionadas para ser de mayor talla no presentan diferencia significativa en producción de leche al compararse con animales más pequeños, sin embargo, las vacas de mayor tamaño tienen menor vida productiva y más problemas reproductivos.

La relación negativa entre algunas características de ubre y el intervalo entre partos, indica que los animales de mejores ubres son animales con intervalo entre partos más cortos, debido a que las buenas ubres se asocian con menos problemas reproductivos, menos producción de células somáticas y vacas más saludables (Jones et al. 1994).

Cuando las puntas del anca se ubican más abajo que la cadera permite una mayor facilidad de parto y que los movimientos del útero requieran menor tiempo de drenaje de tejidos y de líquidos, lo que ayuda a disminuir el intervalo entre partos (Rutter 2002).

Cuadro 26. Características físicas con mayor influencia en el intervalo entre partos para la raza Jersey.

Coeficiente	Estimado estándar	Error	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	433,49	15,10	28,72	< 2e ⁻¹⁶
Estatura	2,77	1,23	2,25	0.02521
Patas vistas de atrás	5,74	1,18	4,85	1,7e ⁻¹⁰
Ubre delantera	-4,20	1,22	-3,44	0,00063
Altura de la ubre trasera	-3,67	1,31	-2,80	0,00536

Cuadro 27. Características físicas con mayor influencia en el intervalo entre partos para la raza Holstein.

Coefficiente	Estimado estándar	Error	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	426,83	28,21	15,13	$< 2e^{-16}$
Ángulo del anca	-6,75	3,12	-2,17	0,0320
Ligamento central	-7,22	2,97	-2,43	0,0162
Colocación de los pezones traseros	8,55	2,74	3,11	0,0022

4.3.2 Características físicas con mayor influencia en el Intervalo parto – primer servicio (P1SR)

A mayor promedio de producción mayor intervalo entre partos, por efecto de un requerimiento mayor de días necesarios para realizar el primer servicio a los animales (Pryce y Veekamp 2001). En este periodo de tiempo es muy importante la nutrición del hato, las fincas que dan raciones totales mezcladas tienen intervalos mayores que los que no las tienen (Lof et al. 2007), los resultados anteriores se obtuvieron en hatos homogenizados en la alimentación, mientras que para este trabajo exploratorio se tomaron los registros sin igualar la nutrición de las vacas.

Hay varias características físicas que tienen influencia en el tiempo que transcurre desde el parto hasta el momento del primer servicio de la vaca Holstein, pero ese mismo periodo solamente tiene influencia de la colocación de pezones para la raza Jersey (Cuadros 28 y 29).

Cuadro 28. Características físicas con mayor influencia en el intervalo parto-primer servicio para la raza Holstein.

Coeficiente	Estimado estándar	Error	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	75,57	23,42	3,23	0,00157
Angulosidad	3,99	2,09	-1,91	0,05775
Curvatura de patas	2,96	1,81	1,63	0,10534
Ligamento central	2,98	1,72	1,73	0,08611
Profundidad de ubre	-3,20	1,75	-1,82	0,07018
Colocación de pezones delanteros	-2,91	1,76	-1,65	0,10022

Cuadro 29. Característica física con mayor influencia en el intervalo parto-primer servicio para la raza Jersey.

Coeficiente	Estimado estándar	Error	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	76,28	5,01	15,23	$<2e^{-16}$
Colocación pezones delanteros	-1,30	0,83	-1,58	0,12

Haile-Mariam et al. (2004), obtuvieron una correlación de 0,5 entre el carácter lechero y el intervalo entre partos, y de 0,49 entre el carácter lechero y los días al primer servicio. Los animales que durante los días abiertos producen más leche tienen mayores necesidades nutricionales y pueden mantener por más tiempo un balance energético negativo, además un desbalance en proteína puede aumentar el período en el cual la vaca no sule su necesidad energética, aumentando el riesgo de un anestro prolongado (Ferguson 1991). El ligamento central deficiente es indicativo de mayor producción de leche, debido a una mayor presión sobre el mismo (Boettcher et al. 1997). Según lo anterior la mayor producción láctea conlleva a más días al primer servicio. Los pezones delanteros y traseros ubicados muy cercanos entre sí causan mayor conteo de células somáticas y menor salud de ubre, retrasando la aparición del primer celo (Jones et al. 1994). Los días al primer

servicio se afectan negativamente cuando hay problemas de parto, los cuales se asocian de manera más frecuente con los animales que realizan su primer parto (Eaglen et al. 2011), los cuales tienen en general ubres poco profundas (Berry et al. 2004), por lo que animales jóvenes son más susceptibles a retrasar su primer servicio por problemas en el parto.

4.3.3 Características físicas con mayor influencia en el Intervalo parto – concepción

Sobre los días abiertos tienen mayor influencia: la fortaleza, patas vistas de atrás, curvatura de las patas y el ángulo de la pezuña para las vacas Holstein, pero únicamente la estatura y el largo de los pezones tienen influencia sobre este parámetro en la raza Jersey (Cuadros 30 y 31).

Cuadro 30. Características físicas con mayor influencia en el intervalo parto concepción para la raza Holstein.

Coeficiente	Estimado estándar	Error	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	55,72	27,12	2,05	0,042
Fortaleza	4,46	2,45	1,82	0,071
Curvatura de patas	4,76	2,73	1,74	0,084
Patas vistas de atrás	4,70	2,66	1,77	0,079
Ángulo de pezuña	-5,84	2,75	-2,13	0,035

Cuadro 31. Características físicas con mayor influencia en el intervalo parto concepción para la raza Jersey

Coeficiente	Estimado estándar	Error	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	80,95	8,71	9,30	<2e ⁻¹⁶
Estatura	1,82	1,32	1,38	0,17
Largo de los pezones	-1,73	1,17	-1,48	0,14

La separación de animales primerizos y vacas de razas pequeñas tiene un efecto positivo en el desempeño reproductivo de los animales, debido a que son grupos sociales más homogéneos con tamaño y fortaleza más similares entre ellos

(Becker et al. 2012). Esto es una probable causa de las diferencias de producción entre animales, claro está que es una causa ambiental (manejo) y no genética. Otra causa ambiental que influencia los días abiertos es el sistema utilizado para preñar las vacas, al igual que el método para detectar celo (Olynk y Wolf 2009).

Los animales más grandes y fuertes producen más leche pero también se les asocia más problemas reproductivos en especial la manifestación del primer celo (Valdez 2000).

Los animales en confinamiento producen más leche que los en pastoreo (Kolver y Muller 1998), por lo que animales con mayor fortaleza en general mantienen más su condición corporal, lo que favorece la fertilidad, ya que las vacas que pierden excesiva condición corporal en el primer tercio de la lactancia provoca un pobre desempeño reproductivo (Bastin y Gengler. 2013).

Existe relación de algunas enfermedades podales con determinadas características físicas del componente de patas y pezuñas, demostrando que con mejoramiento genético se puede mejorar la salud de los animales, pero el manejo correcto de las patas y pezuñas tiene un impacto más rápido que los cambios por medio de la genética, ya que la heredabilidad de las patas y pezuñas es baja. (Van der Waaij et al. 2005).

La salud de las patas es fundamental en la vida productiva del animal, las malas patas pueden contribuir al descarte involuntario de animales de forma indirecta, ya que aumentan los días abiertos e incrementan los intervalos entre partos (Fatehi et al. 2003). Esto concuerda muy bien con el resultado del ángulo de pezuña por ejemplo, donde mejores ángulos de pezuña conllevan a menos días abiertos, o patas más curvas (que causan más problemas y enfermedades podales que las rectas) alargan el periodo entre el parto y la concepción (Uggla et al. 2008).

4.3.4 Características físicas con mayor influencia en el número de servicios necesarios para la concepción

Al analizar las características físicas que tienen influencia sobre la cantidad de servicios necesarios para obtener una preñez, se obtiene que pocos aspectos físicos tienen influencia en este parámetro reproductivo. Solamente la raza Holstein tiene

influencia de parte de la fortaleza sobre dicho parámetro, lo cual se detalla en el Cuadro 32.

Cuadro 32. Características físicas con mayor influencia en el número de servicios para la concepción en la raza Holstein.

Coeficiente	Estimado estándar	Error	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	-0,0458	0,2255	-0,20	0,839
Fortaleza	0,1106	0,0441	2,51	0,012

Lof et al. (2007) encontraron diferencias significativas para el número de servicios por concepción entre hatos que mezclaban razas y los que ordeñan una sola, diferencias que también se dan en animales confinados y amarrados o animales confinados que se desplazan libremente. También obtuvieron que las fincas con altos niveles de producción de leche, tienen una alta diferencia significativa para el número de servicios, a mayor producción de leche más servicios son necesarios para lograr la preñez.

Cuando el animal es muy fuerte puede carecer de angulosidad y puede guardar muchas reservas y provocar obesidad en los animales (Dechow et al 2003), el exceso de grasa provoca un ambiente uterino que causa muerte embrionaria temprana, y dando origen a las vacas repetidoras (Wathes et al. 2012) y los niveles altos de lípidos circulando a nivel del ovario dañan la supervivencia de los ovocitos (Tiezzi et al. 2013).

4.3.5 Características físicas con mayor influencia en la producción de leche en una lactancia corregida a 305 días

La producción de leche a lo largo de una lactancia es un parámetro que tiene gran influencia sobre las características físicas de las vacas, en ambas razas al menos cuatro aspectos físicos evaluados son importantes en este aspecto productivo. Las características son parte del componente corporal y el componente de ubres, pero ninguna característica es parte del conjunto de patas Cuadro (32 y 34).

Cuadro 33. Características físicas con mayor influencia en la producción de leche en una lactancia corregida a 305 días para la raza Holstein.

Coeficiente	Estimado estándar	Error	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	7.817,4	917,3	8,52	1,9e ⁻¹⁴
Angulosidad	207,5	101,2	2,05	0,04225
Profundidad corporal	200,4	104,7	1,91	0,05757
Ubre delantera	-198,8	95,0	-2,09	0,03808
Ancho de la ubre trasera	237,9	83,4	2,85	0,00500
Profundidad de la ubre	-299,8	79,1	-3,79	0,00022

Cuadro 34. Características físicas con mayor influencia en la producción de leche en una lactancia corregida a 305 días para la raza Jersey.

Coeficiente	Estimado estándar	Error	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	7.763,8	511,5	15,18	<2e ⁻¹⁶
Angulosidad	-101,2	53,5	-1,89	0,059
Profundidad corporal	108,4	64,9	1,67	0,095
Ancho de la ubre trasera	-80,4	48,1	-1,67	0,095
Colocación de pezones Delanteros	-82,3	47,4	-1,74	0,083

Las fincas crecen en número de animales y las horas laborales por animal disminuye ya que el número de colaboradores se mantiene constante (Caraviello et al. 2006), lo que afecta a los grupos sociales más débiles, como las vacas primerizas y las vacas de razas pequeñas, este efecto negativo se refleja en el desempeño productivo y reproductivo (Becker et al. 2012). La correcta división de los animales por talla y fortaleza ayuda a mejorar la producción de leche de animales más livianos y débiles, reduce la cantidad de casos de cetosis y aumenta el consumo de materia seca, por ejemplo: separar las vacas de primer parto, que generalmente son más livianas y débiles que las multíparas.

La conformación de la ubre en animales de alta producción es importante para favorecer su producción (Boettcher et al. 1997), al igual que la buena salud y por lo tanto aumentar su resistencia a mastitis (Jones et al. 1994).

Las vacas de la raza Holstein, donde las ubres más anchas y menos profundas tienen influencia positiva en la producción láctea. Pero ambas razas presentaron asociación entre mayor producción de leche y ubres con problemas de conformación (pezones abiertos y ubres delanteras pendulosas) causado por un mayor peso provocado por la cantidad de leche o mayor fuerza ejercida sobre los ligamentos de la ubre.

Sawa et al. (2013), reportan una correlación genética de 0,14 entre producción de leche en la vida productiva de una vaca y el ancho de ubre trasero, concordando con lo obtenido para la raza Holstein en la presente investigación. En ese mismo estudio se reportó una correlación genética negativa entre producción de leche y la ubre delantera, al igual que el resultado obtenido, indicando que la alta producción de leche causa daños al ligamento anterior de la ubre, resultado similar al obtenido por Dadpasand (2012), ese daño a la ubre puede ser cuantificado con la correlación genética de -0,22 de esta característica física y la producción de células somáticas en una lactancia de 305 días, indicando que mejores ubres delanteras producen leche con menos conteo de células somáticas.

En esta investigación se obtuvo una relación negativa entre la profundidad de ubre y la producción de leche en una lactancia, lo cual difiere de varios autores que indican que las vacas con más cantidad de leche tienen ubres más bajas (Norman et al. 1988), este estrés provoca en esas vacas altas productoras mayor susceptibilidad a enfermedades y problemas de ubre (Jones et al. 1994), así la importancia de la conformación de las ubres debe ser especial para esas vacas (Boettcher et al. 1997). Esta diferencia en resultados se puede deber a que las fincas estudiadas tienen descartes muy rigurosos con respecto a la profundidad de ubre debido a los problemas de salud y calidad de leche que causan las ubres profundas y se combina con planes de mejoramiento genético con énfasis en ubre, por lo que encontrar ubres sobre el corvejón en vacas altas productoras es muy probable, ya que la buena

conformación de la ubre es más importante para las vacas de mediana y alta producción (Boettcher et al. 1997).

Las vacas con mayor carácter lechero producen más leche en una lactancia (Boettcher et al. 1997). La relación antagónica entre la angulosidad y longevidad, puede ser explicada por una mayor susceptibilidad de los animales con más carácter lechero a las enfermedades (Rogers et al. 1996). Pero debido a una alta correlación genética entre carácter lechero y producción de leche (0,52) reportada por Short y Lawlor (1992), gran cantidad de los criadores siguen seleccionando PTA's altos para esta característica. Hay reportes de correlaciones genéticas moderadas entre el carácter lechero y la producción de leche, e indican que esa selección no es necesaria siempre y cuando existan registros confiables de producción de leche, por lo que se pueden seleccionar animales altos productores y con bajo carácter lechero, lo cual va a favorecer las características de salud y reproducción, porque este tipo de animal pierde menos condición corporal al inicio de la lactancia (Dechow et al. 2004a), los registros deben tener un mínimo de animales según el modelo que se utilice para que sean confiables, actualmente se puede apoyar esos registros con las pruebas genómicas de alta confiabilidad (Baizabal y Sánchez 2010).

4.3.6 Características físicas con mayor influencia en la producción de leche diaria

La producción de leche diaria es un parámetro productivo con influencia de un momento y situación ambiental específicos, combinados con factores genéticos tales como la heredabilidad (0,30 para Holstein y 0,35 para Jersey) de la producción de leche (Cassell 2001). Los pocos aspectos físicos que influyen se enumeran en los Cuadros 35 y 36.

Cuadro 35. Característica física con mayor influencia en la producción de leche diaria corregida para la raza Holstein.

Coeficiente	Estimado estándar	Error	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	18,299	4,344	4,21	4,5e ⁻⁰⁵
Ángulo de pezuña	2,241	0,846	2,65	0,009

Cuadro 36. Característica física con mayor influencia en la producción de leche diaria corregida para la raza Jersey.

Coeficiente	Estimado estándar	Error	Valor t	Pr (> t)
Intercepto	19,928	2,077	9,60	$<2e^{-16}$
Colocación de pezones delanteros	0,848	0,345	2,46	0,014

La producción diaria está muy relacionada con el puntaje de condición corporal individual. Existe una correlación genética entre la condición corporal y el carácter lechero en animales de primer parto de -0,73; la correlación con la estatura es de 0,2 y con el ángulo del casco es de 0,38 (Dechow et al. 2003). En este estudio no se evaluó la condición corporal del animal, pero se puede asociar correctos ángulos de pezuñas y colocación de pezones adecuada, con menos problemas de salud, menos procesos infecciosos y menos renqueras, lo que favorece la producción de leche, y según Dechow et al. (2003) los animales no estarían en condición de obesidad.

El ángulo de pezuña es importante en la salud de las patas y pezuñas, un animal que se encuentre saludable, sin problemas de renqueras, puede comer mejor, ya que puede desplazarse más rápido, por períodos más largos y cubrir mayores distancias. Esta característica física tiene una correlación genética moderada con el puntaje de locomoción, y su correlación fenotípica es menor en magnitud que la correspondiente genotípica (Onyiro y Brotherstone 2008).

Otro aspecto que favorece la producción diaria es una buena posición de los pezones, lo cual favorece mayor salud de la ubre, menos mastitis y por lo tanto hay que desechar menos leche, la correcta anatomía y las características funcionales del pezón tienen un papel fundamental en el desempeño del ordeño (Weiss et al. 2004).

4.4 Análisis multivariado

Este análisis por medio de la técnica de componentes principales permite agrupar las características físicas con más correlación entre sí, y formar un grupo de variables físicas que tiene poca correlación con otro conjunto de variables físicas diferentes, lo que permite tomar decisiones sobre descarte voluntario de forma más rápida que si se realiza de forma individual para cada característica física. Así por

ejemplo se puede hablar de la ubre como un todo y no tener que tomar decisiones en base a 7 características físicas individuales que la conforman.

Mediante el análisis de componentes principales se extrajeron tres componentes para la raza Jersey y cuatro para la raza Holstein. Este análisis pretende reducir la dimensión (número de variables), y perder la menor cantidad de información posible (Gurrea 2000).

Para la raza Jersey los tres primeros componentes principales explican el 42% de la varianza, el cuarto componente no se considera ya que agrega menos del 7% de la varianza total, pero si se elimina el tercero se pierde un 11% de la misma. Para la raza Holstein los cuatro primeros componentes principales son los considerados ya que ellos abarcan el 52 % de la varianza. El quinto tan sólo aporta menos de un 7% de la varianza y si se elimina el cuarto se pierde un 10% de la varianza total. La Figura 25 muestra la proporción de la varianza para los diferentes componentes obtenidos.

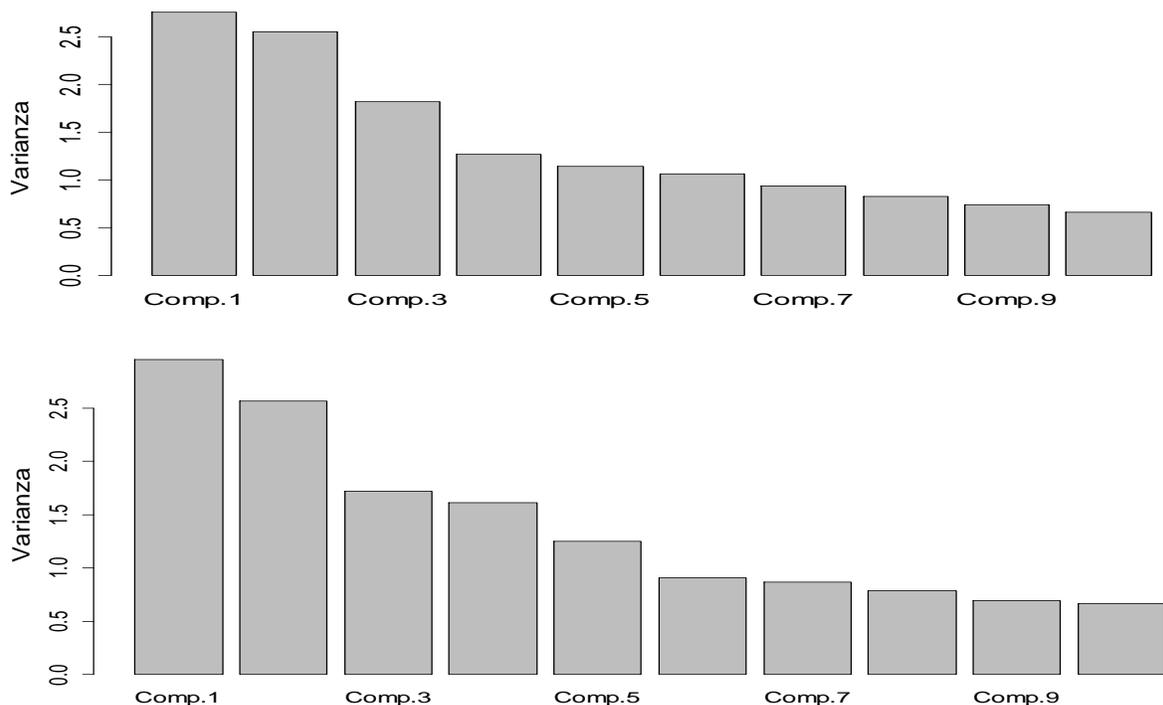


Figura 25. Proporción de la varianza en función del número de componentes principales (Comp) seleccionados para la raza Jersey (superior) y la raza Holstein (inferior)

El análisis de las correlaciones permite identificar las variables con mayor influencia para cada componente de la raza Jersey (Cuadro 37). En el primer componente principal pesan especialmente las variables profundidad de ubre, ángulo de pezuña, ligamento central de la ubre, colocación de pezones delanteros y la colocación de los pezones traseros. Todas con signo negativo, indicando que todas varían en la misma dirección, o sea se asocia una ubre con mal ligamento central a una mala colocación de los cuatro pezones. Estas variables son similares a las del componente de ubres determinado por la Asociación Americana de Criadores de Ganado Jersey en el 2010, por excepción del ángulo de pezuña. Un ejemplo del tipo de animales donde es frecuente encontrar esta relación en la que hay problemas de ubre casco, es en las vacas de mucha producción de leche, y con más de dos lactancias. En el segundo componente todas las variables presentan signo negativo, las variables de peso son ligamento central de la ubre, colocación de pezones traseros, el ancho de la ubre y la angulosidad o carácter lechero. Los animales descritos en este componente tienen problemas de ubre, ligamento central débil, pezones traseros abiertos y ubres traseras menos anchas asociadas a una vaca tosca con más problemas de producción y con problemas de fortaleza de ligamentos probablemente por menos textura o elasticidad en la ubre. El tercer componente de la Jersey asocia características corporales, no hay de patas ni de ubre. En este caso todas las variables tienen correlaciones positivas, las vacas con mayor tamaño son más fuertes, más profundas en su cuerpo y tienen ancas más anchas, esto sugiere un componente corporal, en general las vacas más fuertes tienen hocico más amplios, pechos más anchos, más separación entre las costillas izquierdas y las derechas y ancas con los isquiones más separados entre sí.

El Cuadro 38, presenta la influencia de las variables de tipo y sus correlaciones con los cuatro componentes determinados para la raza Holstein. En el primer componente pesan las variables ligamento central de la ubre, la colocación de los cuatro pezones, el ancho y el alto de la ubre trasera, el ligamento anterior de la ubre y la angulosidad del animal.

Cuadro 37. Correlaciones lineales entre las variables observadas y los tres componentes principales extraídos para la raza Jersey

VARIABLES	Componente1	Componente2	Componente3
Profundidad de ubre	-0,346	0,152	0,224
Ángulo de pezuña	-0,234	0,197	0,354
Ligamento central	-0,233	-0,376	0,263
Colocación pezones delanteros	-0,221	-0,266	0,121
Colocación pezones traseros	-0,206	-0,402	0,168
Altura ubre trasera	-0,168	-0,386	
Ubre delantera	-0,161		0,135
Patas vistas de atrás	-0,159	0,117	0,374
Ancho ubre trasera	0,144	-0,346	0,182
Curva de las piernas	0,192	-0,22	-0,308
Largo de los pezones	0,313	-0,104	
Estatura	0,32		0,304
Fortaleza	0,325		0,378
Ancho del anca	0,326		0,304
Profundidad corporal	0,361	-0,158	0,279
Angulosidad		-0,435	-0,121

Cuadro 38. Correlaciones lineales entre las variables observadas y los tres componentes principales extraídos para la raza Holstein.

VARIABLES	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
Ligamento central de la ubre	-0,454		0,167	
Colocación pezones trasero	-0,407	0,109	0,249	-0,18
Altura ubre trasera	-0,369	0,112	-0,139	0,283
Colocación pezones delanteros	-0,291	0,197	0,153	-0,225
Ancho de la ubre trasera	-0,289	-0,121	-0,322	0,137
Ubre delantera	-0,289		-0,199	-0,217
Angulosidad	-0,266	-0,135	-0,115	0,346
Ancho del anca	-0,193	-0,278	-0,181	
Profundidad de la ubre	-0,182	0,223		0,305
Profundidad de cuerpo	-0,15	-0,357	-0,26	-0,135
Curva de las piernas	-0,12	-0,339	0,376	
Ángulo de anca	0,213			0,348
Estatura		-0,442	-0,101	
Largo de los pezones		-0,339		0,361
Fortaleza		-0,216	-0,306	-0,514
Patas vistas de atrás		0,289	-0,391	
Ángulo de pezuña		0,29	-0,446	

Así las vacas Holstein de menor angulosidad tienen ubres bajas y angostas en su parte trasera, ubres delanteras cortas, pezones abiertos y ligamento central débil de profundidad, esto asociado en general a una menor producción de leche

(Boettcher et al. 1997). En el segundo componente hay asociación entre la profundidad de cuerpo, la curvatura de patas, la estatura y el largo de pezones; donde las vacas de menor tamaño presentan patas más rectas, cuerpos menos profundos y pezones más cortos, por lo que se puede asociar a vacas de menor talla con cuerpos más cilíndricos. En el tercer componente hay una asociación de dos variables de patas con la fortaleza, por lo que las vacas más débiles tienen tendencia a ser bajas de ángulo de casco y a tener patas menos curvas. El cuarto y último componente tiene asociación positiva entre el carácter lechero, la profundidad de ubre, ángulo de anca y largo de los pezones. Las vacas más angulosas representan más tensión a la ubre por mayor carga de leche, provocando que las ubres bajen, tienen pezones más largos y ancas más bajas, las cuales presentan menos problemas reproductivos que los animales de isquiones más altos que el Ilion (Wall et al. 2005).

V. Conclusiones

Existen asociaciones entre las características físicas de las vacas lecheras y su desempeño productivo y reproductivo, es importante conocerlas para poder tomar decisiones más acertadas en el descarte voluntario. No todas las partes de la vaca tienen igual importancia en la producción de leche, o tienen el mismo efecto sobre el intervalo entre partos, los días abiertos o los servicios necesarios para una preñez.

5.1 Variables a considerar para descarte voluntario

5.1.1 Características corporales

La estatura, la capacidad corporal, el carácter lechero, la fortaleza y el ángulo de anca son las partes de la vaca que más influencia tienen sobre el desempeño reproductivo.

En general las vacas Jersey muy altas, de cuerpos profundos y fuertes presentan problemas reproductivos, aumentado el periodo parto-concepción y el intervalo entre partos. El ángulo de anca no presenta efecto en la reproducción. La producción láctea se ve desfavorecida en animales de mucha fortaleza, pero beneficiada en vacas profundas, de anca baja y alto carácter lechero.

Por su parte la vaca Holstein según su estatura no presenta efecto en la reproducción ni en la producción. La fortaleza intermedia favorece intervalos entre partos más cortos, mientras que las vacas más profundas tienen más problemas reproductivos, por lo que probablemente esos problemas son más por causa de peso que de talla, mientras que las ancas bajas favorecen periodos al primer servicio menores, menos días para lograr alcanzar la preñez y favorece en la disminución de los servicios necesarios para obtenerla. La producción de leche se ve favorecida cuando las vacas son profundas y de alto carácter lechero.

5.1.2 Características de ubre

En general la conformación de la ubre no tiene influencia en los parámetros reproductivos, mayoritariamente no se obtuvo diferencias estadísticas entre los diferentes puntajes para las características de ubre y los parámetros reproductivos,

pero si se puede mencionar algunas tendencias en ambas razas. La ubre está asociada a la producción de leche más que las patas y pezuñas.

La vaca Jersey con ubre delantera de puntaje intermedio favorece la producción de leche, y disminuye el intervalo entre partos según aumenta el puntaje de la misma. La ubre trasera alta y ancha beneficia la producción láctea, pero la ubre muy ancha se asocia a una cantidad de servicios por concepción mayor, por ende se da un aumento en los días abiertos. Tanto la producción diaria como a lo largo de una lactancia se ve favorecida cuando la colocación de los pezones es en el centro de cada cuarto, y cuando el soporte central es fuerte. La correcta colocación de los pezones favorece la disminución del intervalo entre partos. La profundidad de ubre intermedia favorece la cantidad de leche que se produce en 305 días.

La ubre de la vaca Holstein ancha atrás, que mantenga el piso de la misma al menos 5 centímetros sobre el corvejón y una ubre delantera sin largo excesivo, favorece la producción de leche a lo largo de una lactancia. La ubre con ligamento central fuerte disminuye los días entre parto y parto, al igual que ubres de profundidad intermedia y pezones ubicados en el centro de su respectivo cuarto.

5.1.3 Características de patas y pezuñas

El componente ambiental en patas y pezuñas es muy influyente, por ejemplo el recorte funcional de cascos en promedio favorece el puntaje del ángulo del casco, la alimentación excesiva de granos, provoca un mayor crecimiento del casco y disminuye el puntaje del ángulo con respecto al suelo.

La vaca Jersey con patas traseras vistas desde atrás que tengan un correcto aplome, que posicione bien sus cascos favorece el desempeño reproductivo al disminuir el intervalo entre partos y la cantidad de días al primer servicio post parto. Además favorece la producción de leche, caso contrario se da en el ángulo de casco bajo y cara frontal larga que se encuentra de forma más frecuente en vacas de alta producción, lo cual puede tener mayor influencia ambiental que genética.

En el caso de las vacas Holstein analizadas las buenas patas traseras vistas desde la parte posterior del animal desfavorecen la cantidad de días necesarios para realizar el primer servicio después del parto, al igual que los días necesarios para

alcanzar la nueva preñez, ya que se asocian a mayor producción y mayor requerimiento nutricional, y mayor balance energético negativo. Las vacas Holstein con patas rectas tienen menos problemas reproductivos, con menos días al primer servicio y menos días necesarios para preñar al animal. El ángulo de la pezuña mayor a 45 grados favorece la reducción de los días necesarios para el primer servicio post parto, pero ángulos menores se encuentran de forma más frecuente en vacas de mayor producción láctea a lo largo de una lactancia corregida a 305 días.

Las correlaciones obtenidas en el análisis lineal son de tipo fenotípico y no mostraron asociación, por lo que para implementar un programa de descarte voluntario se recomienda acompañarlas de correlaciones genotípicas encontradas en la literatura, además es conveniente combinarlas con los resultados del análisis multivariado para tener una idea más clara de la parte física y su relación con la producción y reproducción. El uso de los resultados del análisis de los componentes principales, ayuda a tener mejores resultados y a simplificar el proceso por que muestran las correlaciones de las características físicas contenidas dentro de cada componente.

Literatura citada

- ASTIZ B.S., GONZALEZ M.J.V., AYALA L., MONGE A. 2002. The influence of the pelvic conformation on the incidence of urovagina an epidemiological study. World of Buiatrics Congress. Pp 362-365.
- BAIZABAL F., SÁNCHEZ H. 2010. La genómica: mejorando el programa genético. Primer foro sobre ganadería lechera de la zona alta de Veracruz.
- BASTIN C.; GENGLER N. 2013. Genetics of condition score as an indicator of dairy cattle fertility. A review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 17:64-75.
- BECKER J.C. HEINS B.J., HANSEN L.B. 2012. Cost for health care of Holstein cows selected for large versus small body size. *Journal of Dairy Science* 95: 5384-5392.
- BERRY D.P., BUCKLEY F., DILLON P., EVANS R.D., VEERKAMP R.F. 2004. Genetic relationships among linear type traits, milk yield, body weight, fertility and Somatic cell count in primiparous dairy cows. *Irish Journal of Agricultural and Food Research.* 43:161- 176.
- BOELLING D., FOGH A., NIELSEN U.S. 2007 Locomotion as a new trait: first results from Denmark. *Interbull Bulletin* 37, 174-178.
- BOELLING D., POLLOTT G. 1998. Locomotion, lameness, hoof, and leg traits in cattle. Genetics relationships and breeding values. *Livestock Production Science.* 54: 205-215.
- BOETTCHER P. J. 2005. Breeding for improvement of functional traits in dairy cattle. *Italian Journal of Animal Science.* 4:7-16.
- BOETTCHER P.J., DEKKERS J.C.M., WARNICK L.D., WELLS S.J. 1998. Genetic analysis of clinical lameness in dairy cattle. *Journal of Dairy Science.* 81:1148-1156.
- BOETTCHER P.J., JAIRATH L.K., KOOTS K.R., DEKKERS J.C.M. 1997. Effects of interactions between type and milk production on survival traits of Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science.* 80:2984-2995.

- CARAVIELLO D.Z., WEIGEL K.A., FRICKE P.M., WILTBANK M.C., FLORENT M.J., COOK N.B., NORDLUND K.V., ZWALD N.R., RAWSON C.L. 2006. Survey of Management on reproductive performance of dairy cattle on large US commercial farms. *Journal of Dairy Science* 89:4723-4735.
- CARAVIELLO D.Z., WEIGEL K.A., GIANOLA D. 2003. Analysis of the relationship between type traits inbreeding and functional survival in Jersey cattle using a Weibull Proportional Hazards Model. *Journal of Dairy Science*. 86:2984-2989.
- CARAVIELLO D.Z., WEIGEL K.A., GIANOLA D. 2004. Analysis of the relationship between type traits and functional survival in US Holstein cattle using a Weibull Proportional Hazards Model. *Journal of Dairy Science*. 87:2677-2686.
- CASSELL B. G. 2001. Using heritability for genetic improvement. Virginia Tech USA. Consultado el 13 de enero del 2014. Disponible en: <http://www.thedairysite.com/articles/699/using-heritability-for-genetic-improvement>
- CUE R.I., MONARDES H.G., HAYES J.F. 1990. Relationship of calving ease with type traits. *Journal of Dairy Science*. 73:3586-3590.
- DADATI E., KENNEDY B.W., BURNSIDE E.B. 1986. Relationship between conformation and calving interval in Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*. 69:3112-3119
- DADPASAND M., ZAMIRI M.J., ATASHI H., AKHLAGHI A. 2012. Genetic relationship of conformation traits with average somatic cell score at 150 and 350 days in milk in Holstein cows of Iran. *Journal of Dairy Science*. 95:7340-7345.
- DECHOW C.D., ROGERS G.W., KLEI L., LAWLOR T.J. 2003. Heritabilities and correlations among body condition score, dairy form and selected linear type traits. *Journal of Dairy Science*. 86:2236-2242.
- DECHOW C.D., ROGERS G.W., KLEI L., LAWLOR T.J. 2004a. Heritability and correlations for body condition score and dairy form within and across lactation and age. *Journal of Dairy Science*. 87:717-728.

- DECHOW C.D., ROGERS .G.W, SANDER-NIELSEN U., KLEI L., LAWLOR T.J., CLAY J.S., FREEMAN A.E., ABDEL-AZIM G., KUCK A., SCHNELL S. 2004b. Correlations among body condition scores from various sources, dairy form, and cow health from the United States and Denmark. *Journal of Dairy Science*. 87:3526-3533.
- EAGLEN S.A.E., COFFEY M.P., WOOLLIAMS J.A., MRODE R., WALL E. 2011. Phenotypic effects of calving ease on the subsequent fertility and milk production of dam and calf in UK Holstein-Friesian heifers. *Journal of Dairy Science*. 94:5413- 5423.
- EVANS J., APPLE K. 2007. Beef improvement terminology. Oklahoma Cooperative Extension Service ANSI-3265. Oklahoma State University. USA. 3265:1-4
- FATEHI J., STELLA A., SHANNON J.J. BOETTCHER P.J. 2003. Genetic parameter for feet and leg traits evaluated in different environments. *Journal of Dairy Science*. 86:661-666.
- FERGUSON J.D. 1991. Nutrition and reproduction in dairy cows. *Vet. Clin. North Am*.7:483-507.
- FERGUSON J.D., GALLIGAN D.T., THOMSEN N. 1994. Principal descriptors of body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 77: 2695-2703.
- FERGUSON J.D.,SKIDMORE A. 2013. Reproductive performance in a Select sample of dairy herds. *Journal of Dairy Science*. 96: 1269 – 1289.
- GILMORE J.A. 1978. The effect of housing, age, breed and time after trimming on hoof measurements. *Journal of Dairy Science*. 61(Suppl.1):83.(Abstr).
- GREENOUGH P.R, VERMUNT J.J. 1991. Evaluation of subclinical laminitis in a dairy herd and observations on associated nutritional and management factors. *Vet. Rec*. 128: 11-17.
- GURREA M. 2000. Análisis de componentes principales. Proyecto e Math. Universidad de Cataluña.
- HAILE-MARIAN M., BOWMAN P.J., GODDARD M.E. 2004. Genetic parameters of fertility traits and their correlation with production, type, workability, liveweight, survival index and cell count. *Aust. J. Agric. Res*. 55: 77-87.

- HANSEN L.B., COLE J.B., MARX G.D., SEYKORA A.J. 1999. Productive life and reasons for disposal of Holstein cows selected for large versus small body size. *Journal of Dairy Science*. 82:795-801.
- HANSEN L.B., FREEMAN A.E., BERGER P.J. 1983. Association of heifer fertility and cow fertility and yield in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 66:306.
- HENAO G. 2001. Reactivación ovárica post parto en bovinos. Universidad Nacional de Colombia. *Revista Facultad Nacional Agropecuaria Medellín*. 54:1285-1302.
- HOLDRIDGE L.R. 1967. Life zones ecology. Tropical Science Center. San José Costa Rica.
- HOLSTEIN ASSOCIATION USA, INC. 2011. TPI Formula April 2011.
- HOLSTEIN ASSOCIATION USA, INC. 2012. Características descriptivas lineales. Pp 1-4.
- HOLSTEIN CANADA. 2007. Functional conformation of dairy cattle CD.
- JONES W.P., HANSEN L.B., CHESTER-JONES H. 1994. Response of health care to selection for milk yield of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 77:3137.
- KEARNEY J.F., SCHUTZ M.M. 2000. Changes to U.S. genetic evaluations of dairy cattle. Purdue University. Cooperative Extension Service.
- KEARNEY J.F., SHUTZ M.M., BOETTCHER P.J., WEIGEL K.A. 2004. Genotype x Environment interaction for grazing versus confinement. I. Production Traits. *Journal of Dairy Science*. 87:501-509.
- KOLVER E. S., MULLER L.D. 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mix ration. *Journal of Dairy Science*. 81:1403-1411.
- LASSEN J, HANSEN M., SORENSEN K., AAMAND G.P., CHRISTENSEN L.G., MADSEN P. 2003. Genetic relationship between body condition score, dairy character, mastitis, and diseases other than Mastitis in first – parity Danish Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 86:3730 - 3735.
- LAURSEN M.V., BOELLING D., MARK T. 2009. Genetic parameter for claw and leg health, foot and leg conformation, and locomotion in Danish Holsteins. *Journal of Dairy Science*. 92:1770-1777.

- LOF E., GUSTAFSSON H., EMANUELSON U. 2007. Associations between herd characteristics and reproductive efficiency in dairy herds. *Journal of Dairy Science*. 90: 4897- 4907.
- LUCY M.C. 2001. Reproductive loss in high producing dairy cattle: Where will It end? *Journal of Dairy Science*. 84: 1277-1293.
- LYIMO Z.C, NIELEN M., OUWLTJES W., KRUIP T.A.M., VAN EERDENBURG J.C. 2000. Relationship among estradiol, cortisol, and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology*. 53: 1783-1795.
- MENA M. 2010. Instituto Meteorológico Nacional. Estación 84030 evaluación desde 1976 hasta el 2010. Fraijanes. 2010.
- NORMAN H.D., POWELL R.L., WRIGHT J.R., CASSELL B.G. 1988. Phenotypic and genetic relationship between linear functional type traits and milk yield for five breeds. *Journal of Dairy Science*. 71:1880-1896.
- OCHOA R.F., TAYLOR J.F., TOMASZEWSKI M.A., LACEWELL R.D. 1991 Effects of sire fertility and daughter stayability on profitability of sire selection. *Journal of Dairy Science*. 74:3961—3972.
- OLYNK N.J., WOLF C.A. 2009. Stochastic economic analysis of dairy herds. *Journal of Dairy Science*. 92: 1290-1299.
- ONYIRO O.M., BROTHERSTONE S. 2008. Genetic analysis of locomotion and associated conformation traits of Holstein-Friesian dairy managed in different housing systems. *Journal of Dairy Science*. 91:322-328.
- PEREZ-CABAL M.A., ALENDA R. 2002. Genetic relationships between lifetime profit and Type in Spanish Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 85:3480-3491.
- PEREZ-CABAL M.A., GARCIA C., GONZALEZ-RECIO O., ALENDA R. 2006. Genetic and phenotypic relationships among locomotion type traits, profit, production, longevity, and fertility in Spanish dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89:1776-1783.
- PRYCE J.E., VEEKAMP R.F. 2001. The incorporation of fertility indexes in genetic improvement programs. *British Society Animal Science*. 237-250. U.K.

- ROGERS G.W., BANOS G., SANDER NIELSEN U., PHILIPSSON J. 1996. Genetic correlations among somatic cell scores, productive life, and type traits from the United States and diseases other than mastitis from Denmark and Sweden. Page 39, in proc. Open session INTERBULL Annu. Mgt. Bull. No 14. Int. Comm. Anim. Recording,Uppsala, Sweden.
- ROXSTROM A.,STRANDBERG E., BERGLAND B., EMANUELSON U., PHILIPSSON J. 2001. Genetic and enviromental correlations among female fertility traits and milk production in different parties of Swedish Red and White dairy cattle. *Acta Agricultura Escandinávica*. 51: 7-14.
- ROYAL M. D., PRYCE J.A., WOOLLIAMS J.A., FLINT A.P. 2002. The genetic relationship between commencement of luteal activity and calvin interval, body condition score , production, and linear type traits in Holstein-Friesian Dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 85: 3071: 3080.
- RUTTER B. 2002. Puerperio Bovino. Facultad Veterinaria, Universidad de Buenos Aires. Argentina. Pp 1-13.
- SAS.STATA 2003. Stata tm 9.1 Statistics/Data analysis. Special edition. Copyright 1984-2003. Stata Corporation 4905 Lakeview Drive College Station, Texas 77845, USA.
- SATTLER J.D. 2002. The importance of locomotion. *Midwest Dairy Business*. 32:34
- SAWA A., BOGUCKI M., KREZEL-CZOPEK S., NEJA W. 2013. Relationship between conformation traits and lifetime production efficiency cows. *ISRN Veterinary Science*. 2013: 1-4.
- SCHEFERS J.M., WEIGEL K.A., RAWSON C.L. ZWALD N.R., COOK N.B. 2010. Management practices associated with conception rate and service rate of lactating Holstein cows in large, commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*. 93:1459-1467.
- SCHNEIDER M. DEL P., DURR J.W., CUE R.I. MONARDES H.G. 2003. Impact of type traits on functional herd life of Quebec Holsteins assesed by survival analysis. *Journal of Dairy Science*. 86:4083-4089.

- SEWALEM A., KISTEMAKER G.J., MIGLIOR F., VAN DOORMAAL B.J. 2004. Analysis for the relationship between survival in Canada Holsteins using Weibull Proportional Hazards Model. *Journal of Dairy Science*. 87: 3938-3946.
- SEYKORA A.J., McDANIEL B.T. 1983. Heritabilities and correlations of lactation yields and fertility for Holsteins. *Journal of Dairy Science*. 66:1486-1493.
- SHORT T.H. y LAWLOR T.J. 1992. Genetic parameters of conformation traits, milk yield, and herd life in Holsteins. *Journal of Dairy Science*. 75:1987-1998.
- SMITH V. 1960. Physiology of lactation. *Journal of Dairy Science*. 43:1387.
- SOMERS J.G.C.J, FRANKENA K, NOORDHUIZEN-STASSEN E.N., METZ J.H.M. 2003. Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. *Journal of Dairy Science*. 86:2082-2093.
- STAMSCHROR J., SEYKORA T., HANSEN L. 2000. Judging dairy cattle. University of Minnesota. Pp. 1-8.
- STEVENSON J. 2012. What holds A.I. back these days. *Hoards Dairymen*. 17:659.
- TIEZZI F., MALTECCA C., CHECCHINATO A., PENASA M., BITTANTE G. 2013. Thin and fat cows, and the nonlinear genetic relationship between body condition score and fertility. *Journal of Dairy Science*. 96:6730:6741.
- UGGLA E., JAKOBSEN J.H., BERGSTEN C., ERIKSSON J-A., STRANDBERG E. 2008. Genetic correlations between claw health and feet and leg conformation traits in swedish dairy cows. *Swedish University of Agricultural Sciences*. Pp.1-36.
- U.S. JERSEY CATTLE ASSOCIATION. 2010. 2010 Jersey Performance Index™ (JPI).
- U. S. JERSEY CATTLE ASSOCIATION. 2012. Uniform functional type traits appraisal program.
- VACEK M., STIPKOVA M., NEMCOVA E., BOUSKA J. 2006. Relationships between conformation traits and longevity of Holstein cows in the Czech Republic. *Czech Journal Animal Science*. 8:327-333.
- VALDÉZ J. 2000. Relación entre los cambios de condición corporal y la fertilidad post parto en vacas mestizas Holstein por Cebú. *Revista de Producción Animal*. Cuba. Pp 103-106.

- VAN EEDENBURG F.J.C.M., KARTHAUS D., TAVERNE M.A.M., MERICS I.SZENCIO. 2002. The relationship between estrous behavioral score and time of ovulation in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 85:1150-1156.
- VAN DER WAAIJ E.H., HOLZHAUER M., ELLEN E., KAMPHUIS C., JONG G. 2005. Genetic parameters for claw disorders in dutch dairy cattle and correlations with conformation traits. *Journal of Dairy Science*. 88:3672-3678.
- VAN DORP T.E., BOETTCHER P., SCHAEFFER L.R. 2004. Genetics of locomotion. *Livestock Production Science*. 90:247-253.
- VAN RADEN P.M., WIGGANS G.R. 1995. Productive life evaluations: calculation, accuracy and economic value. *Journal of Dairy Science*. 78: 631.
- VERMUNT J.J., GREENOUGH P.R. 1996. Claw conformation of dairy heifers in two management systems. *Br. Vet. J.* 152:3, 321-331.
- VILA A., SEDANO M., LOPEZ A. 2003. Correlación lineal y análisis de regresión. Universidad Abierta de Cataluña. España. Pp 1-20.
- WALL E., WHITE M.S., COFFEY M.P., BROTHERSTONE S. 2005. The relationship between fertility, rump angle, and selected type information in Holstein-friesian cows. *Journal of Dairy Science*. 88: 1521-1528.
- WALL E., WHITE M.S., COFFEY M.P., BROTHERSTON. 2007. The relationship between body energy traits and production and fitness traits in first-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 90:1527:1537.
- WATHES D.C., CLEMPSON A.M., POLLOT G.E. 2012. Associations between lipid metabolism and fertility in the dairy cow. *Reprod. Fertil. Dev.* 25: 48-61.
- WARNICK L.D., JANSSEN D., GUARD C.L., GRÖHN Y.T. 2001. The effect of lameness on milk production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 84:1988-1997.
- WEIGEL D.J., CASELL B.G. HOESCHELE I., PEARSON R.E. 1995. Multiple-Trait Prediction of transmitting abilities for herd life and estimation of economic weights using relative net income adjusted for opportunity cost. *Journal of Dairy Science*. 78:639.
- WEISS D., WENFURTNER M. y BRUCKMAIER. 2004. Teat anatomy and its relationship in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 87: 3280-3289.

- WIGGANS G.R., GENGLER N., WRIGHT J.R. 2004. Type Trait (Co)Variance components for five dairy breeds. *Journal of Dairy Science*. 87:2324-2330
- ZINK V., STIPKOVA M. y LASSEN J. 2011. Genetic parameters for female fertility, locomotion, body condition score and linear type traits in Czech Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*. 94:5176:5182.
- ZWERTVAEGHER I., DE VliegHER S., VERBIST B., VAN NUFFEL A., BAERT J., VAN NOGENBERG S. 2013. Short communication: Associations between teat dimension and milking-induced changes in teat dimensions and quarter milk somatic cell counts in dairy cows. 96:1075-1080.