



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

**IMPORTANCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS
DE CONFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN
GENÉTICA DE DURACIÓN DE VIDA PRODUCTIVA
DE GANADO LECHERO EN MÉXICO**

TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA
ADRIANA GARCÍA RUIZ

TUTOR:
FELIPE DE JESÚS RUIZ LÓPEZ

COMITÉ TUTORAL:
CARLOS VÁSQUEZ PELÁEZ
MAURICIO VALENCIA POSADAS

Cuautitlán Izcalli.

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A las siguientes instituciones por su apoyo y aportación para el desarrollo del trabajo de tesis, ya que sin su ayuda no hubiera sido posible.

- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID-Fisiología-INIFAP).

- Asociación Holstein de México

Al Dr. Felipe Ruíz, por su confianza, apoyo, amistad y enseñanzas que durante este tiempo me ha brindado.

A los miembros del comité tutorial, a los Doctores Carlos Vásquez y Mauricio Valencia, por su disponibilidad y aportaciones al trabajo y a mi vida profesional.

A los Doctores Vincente Ducrocq y Antonia Samoré por su ayuda y recomendaciones para el uso del "Survival kit".

A Dong y Héctor por su ayuda en las prácticas de la calificación de ganado.

A las personas que incondicionalmente me ayudaron durante la maestría; José, Edgar y a todos los que me apoyaron para la obtención de material.

RESUMEN

Se usaron registros proporcionados por la Asociación Holstein de México de 72 hatos con información de 10,066 animales de la raza Holstein, con fechas de parto del 2000 al 2008 que contaban con información de control de producción, conformación y pedigrí. La producción de leche fue corregida a 305 días EM y la duración de vida productiva (DVP) se ajustó a 305 días en cada lactación. El 34% de los registros fueron censurados. El objetivo fue evaluar el impacto de las 23 características de conformación que se califican en ganado Holstein de México sobre la evaluación genética de DVP a través del análisis de supervivencia con un modelo semental-abuelo materno. La función de riesgo de desecho fue modelada a través de la función de riesgo basal asumiendo una distribución Weibull, incluyendo las variables de el efecto de la edad al primer parto en meses, las variables tiempo dependientes (hato-año de parto incluido como aleatorio, número de lactación por fase de lactación con cortes en los días 29, 249 y 365 y nivel de producción estandarizado con 10 clases), el efecto aleatorio del semental y las características de conformación. Todos los efectos incluidos en el modelo, sin incluir las características de conformación, tuvieron una aportación significativa en la función de verosimilitud; mientras que, sólo anchura del anca, vista lateral de patas posteriores, carácter lechero, profundidad del cuerpo y textura de ubre resultaron importantes para las evaluaciones genéticas de DVP. Por lo tanto, las evaluaciones genéticas para DVP deberían incluir estas características porque permitirán obtener un predictor de la longevidad del ganado más preciso. Además, se esperaría un mejoramiento en DVP si estas características son incluidas en los programas de selección del ganado Holstein en México, dado que las heredabilidades para DVP en una escala logarítmica y real fueron de 0.076 y 0.135 respectivamente.

Palabras Clave: Análisis de supervivencia, características de conformación, variable tiempo dependiente, ganado lechero.

ABSTRACT

The data set obtained from the Mexican Holstein Association consisted of 72 herds with 10,066 lifetime records of Holstein cows calving for the first time from January 2000 to December 2008 with information of milk production, type traits and pedigree. Data files had ME 305 d milk, length of productive life (DVP) adjusted to a maximum of 305 days for each lactation and 34% were censored records. The objective of this study was to investigate the impact of conformation traits on the genetic evaluation of DVP of Mexican Holstein Cattle using Survival Analysis with a sire-maternal grandsire model. The hazard function was modeled with a baseline hazard function assumed to follow a Weibull distribution, including the variables of effect of age at first calving, time dependent covariates (random effect of herd-year of calving, production level within herd-year of calving, and lactation phase with changes at 29, 249 and 305 d in each lactation), random effects of sire and maternal grandsire and score of conformation traits including a trait at time. All effects included in the model before including type traits had significant contributions to the likelihood function and when conformation traits were included, rump width, rear leg side view, dairy character, body depth and udder texture were statistically significant. Therefore, the genetic evaluation for DVP should include these traits if we are to obtain a more precise predictor of longevity. In addition, DVP showed a heritability high enough (0.076 and 0.135 in logarithmic and real scales, respectively) to warrant its use in genetic selection programs.

CONTENIDO

Resumen

Abstract

Lista de cuadros

Lista de figuras

Abreviaturas y siglas utilizadas

Revisión bibliográfica

Introducción

 Longevidad

 Clasificación de longevidad

 Selección para mejorar longevidad

 Desecho

 Definición

 Causas de desecho

 Selección de reemplazos

 Calificación de características de conformación

 Análisis de supervivencia

 Distribución Weibull

 Modelo de supervivencia

 Cálculo de heredabilidades en su escala logarítmica, real y valores genéticos estandarizados

 Evaluaciones genéticas

 Justificación

Objetivos

Hipótesis

Materiales y métodos

Resultados

Discusión

Conclusiones

Referencias

Anexo 1

III. HIPÓTESIS.	24
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	24
V. RESULTADOS	30
VI DISCUSIÓN	43
VII. CONCLUSIONES	52
VIII. REFERENCIAS	53
ANEXO 1	59

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.** Características de conformación estandarizadas internacionalmente por la World Holstein Friesian Federation (WHFF), su punto de referencia para su calificación y las calificaciones lineales extremas de las mismas. 7
- Cuadro 2.** Características de tipo y los puntos de referencia que adiciona la Asociación Holstein de México a su sistema de evaluación de Conformación. 10
- Cuadro 3.** Sistemas de las Características de conformación que se evalúan en ganado lechero en Holstein de México y el óptimo de su puntuación. 11
- Cuadro 4.** Características de Conformación que muestran influencia sobre longevidad de ganado lechero, utilizando diferentes análisis. 13
- Cuadro 5.** Estadísticas descriptivas de las variables que se incluyeron dentro del modelo. 30
- Cuadro 6.** Modelo sin incluir las características de conformación, en el análisis de supervivencia, su contribución en la función de verosimilitud, y el nivel de significancia de las variables incluidas. 31
- Cuadro 7.** Riesgo relativo de desecho por calificación de las características de conformación que resultaron significativas en análisis de supervivencia para la explicación de duración de vida productiva (DVP): anchura del anca (AA), vista lateral de patas posteriores (VLPP), profundidad del cuerpo (PROFC), textura de la ubre (TEX) y carácter lechero (CLECH). 39
- Cuadro 8.** Parámetros de la distribución Weibull y genéticos de la población Holstein de México utilizando un análisis de supervivencia. 39

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Prueba gráfica de la validación del ajuste adecuado de los datos a la suposición de la distribución Weibull para el riesgo basal, a través de graficar: $\ln[-\ln S(t)]$ contra el $\ln(t)$ con una pendiente = 1.89. 31
- Figura 2.** Riesgo de desecho en cada una de las lactaciones (1, 2, 3 y 4 ó más) y sus fases correspondientes; de 0-29, 30-249 y 250-305 días para la fase 1, 2 y 3 respectivamente en cada una de las lactaciones de la población Holstein de México. 32
- Figura 3.** Riesgo relativo de desecho por nivel de producción de los animales Holstein de México nacidos del 2000 al 2008. 33
- Figura 4.** Riesgo relativo de desecho de la población Holstein de México por efecto de la edad al primer parto en meses. 34
- Figura 5.** Contribución a la función de verosimilitud (X^2) del fenotipo ajustado para la características con 4 grados de libertad ($p < 0.1$) y ($p < 0.05$), ángulo de pezuña (ANPEZ) y uniformidad de la pezuña (UPEZ) sobre duración de vida productiva en ganado Holstein de México. 35
- Figura 6.** Contribución a la función de verosimilitud (X^2) del fenotipo ajustado para la características con 5 grados de libertad ($p < 0.1$) y ($p < 0.05$), altura a la cruz (ALTC), profundidad del cuerpo (PROFC), profundidad del talón (PROFT), vista lateral de patas posteriores (VLPP), profundidad de la ubre (SMPROF) y textura de ubre (TEX), sobre duración de vida productiva (DVP), en ganado Holstein de México. 36

Figura 7. Contribución a la función de verosimilitud (X^2) del fenotipo ajustado para la características con 6 grados de libertad ($p<0.1$) y ($p<0.05$), estatura (EST), tamaño (TA), anchura de pecho (PACH), fortaleza de lomo (LO), anchura de anca (AA), vista posterior de patas posteriores (VPPP), inserción de ubre anterior (ALTIN) posición de pezones anteriores (POSI), longitud de pezones (LONGP), altura de inserción de ubre posterior (UPALTU), anchura de inserción de ubre posterior (UPANCH), posición de pezones posteriores (UPPOSI) y carácter lechero (CLECH) sobre duración de vida productiva en ganado Holstein de México. 37

Figura 8. Contribución a la función de verosimilitud (X^2) del fenotipo ajustado para la características con 7 grados de libertad ($p<0.1$) y ($p<0.05$), inclinación del anca (PUNT) y ligamento medio suspensorio (LMS) sobre duración de vida productiva en ganado Holstein de México. 38

Figura 9. Distribución de los VGE (valores genéticos estimados) de los sementales de la población Holstein de México con hijas nacidas del 2000 al 2008 40

Figura 10. Confiabilidad de los sementales en función del número de hijas observadas. 41

Figura 11. Distribución de los sementales con rangos de confiabilidad del 40% o más (701 sementales presentaron confiabilidades inferiores al 40%). 42

Figura 12. Tendencia genética para riesgo relativo de desecho de los sementales nacidos de 1990 al 2001 con hijas en la población Holstein de México. 42

ABREVIATURAS Y SIGLAS UTILIZADAS

AA	= Anchura del anca.
ALTC	= Altura a la cruz.
ALTIN	= Altura de inserción de ubre anterior.
ANPEZ	= Ángulo de pezuña.
CH	= Calidad de hueso.
CLECH	= Carácter lechero.
DVP	= Duración de vida productiva.
EST	= Estatura.
h^2 Log	= Heredabilidad en su escala logarítmica.
h^2_o	= Heredabilidad en su escala real.
$h(t)$	= Función de riesgo.
INIFAP	= Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
LMS	= Ligamento medio suspensorio.
LO	= Fortaleza del lomo.
LONGP	= Longitud de pezones posteriores.
PACH	= Anchura de pecho.
POSI	= Posición de pezones anteriores.
PROFC	= Profundidad del cuerpo.
PROFT	= Profundidad de talón.
PUNT	= Inclinación de anca.
$S(t)$	= Función de supervivencia.
SMPROF	= Profundidad de la ubre.
REML	= Método de máxima verosimilitud restringida
T	= Tiempo de vida del animal.
t	= Tiempo que transcurre entre el inicio del parto hasta el desecho.

TA	=	Tamaño.
TEX	=	Textura de la ubre.
UPALTU	=	Altura de inserción de ubre posterior.
UPANCH	=	Anchura de inserción de ubre posterior.
UPEZ	=	Uniformidad de pezuña.
UPPOSI	=	Posición de pezones posteriores.
v	=	Constante de Euler.
VGES	=	Valor genético estandarizado.
VLPP	=	Vista lateral de patas posteriores.
VPPP	=	Vista posterior de patas posteriores.
WHFF	=	World Holstein-Friesian Federation.
γ	=	Parámetro Gamma de la distribución Weibull.
ρ	=	Parámetro Rho de la distribución Weibull.

INTRODUCCIÓN.

El mejoramiento genético de bovinos productores de leche en diferentes países del mundo se ha basado en el uso de las evaluaciones genéticas y ha utilizado a la inseminación artificial como una herramienta que ayuda en el proceso de selección (Goddard & Wiggans, 1999).

Durante los últimos 25 años se han tenido cambios importantes en las evaluaciones genéticas, por el desarrollo de la metodología matemática usada y de herramientas computacionales que han permitido la inclusión de diversas características a evaluar (Powel & Norman, 2006).

Algunos países han desarrollado metodologías sofisticadas para la inclusión de características con un alto valor económico en los índices de selección, mientras que otros se basan en la inclusión de un gran número de características dentro sus evaluaciones genéticas, pero todos buscando *caracteres funcionales*, es decir las características que hagan a un animal más eficiente, no sólo aumentando la cantidad de producto sino reduciendo los costos de producción (Mark, 2004).

Powel & Norman (2006) mencionan en su documento diversos factores que se consideran importantes en la actualidad a nivel mundial para mejorar la eficiencia del ganado productor de leche y sugieren que características como facilidad al parto, fertilidad de la hembra, susceptibilidad a mastitis y longevidad o vida productiva son temas importantes para mejorar en el ganado productor de leche.

En ganado lechero, la longevidad es uno de los componentes de importancia y su utilidad se ve reflejada al retener en el hato a vacas funcionales tanto tiempo como sea posible. Algunos autores sugieren que una vaca funcional corresponde a aquel animal que sea rentable para el ganadero, tomando en cuenta los costos asociados a la producción, manejo y salud así como las ganancias que ésta genere en el hato por cuestiones productivas, reproductivas y venta del mismo animal. Por lo anterior, se han buscado indicadores indirectos,

como lo son los caracteres de tipo o conformación, para realizar la selección con base en ellas y mejorar la longevidad del ganado lechero (Smith & Quaas, 1984; Chirinos, *et al.* 2005).

En México se ha estudiado la duración de vida productiva (DVP) como la habilidad de permanencia a los 48 meses y como DVP hasta la tercera lactación, empleando métodos de análisis basados en el uso de modelos lineales (Valencia, *et al.* 2004).

RESUMEN

Se usaron registros proporcionados por la Asociación Holstein de México de 72 hatos con información de 10,066 animales de la raza Holstein, con fechas de parto del 2000 al 2008 que contaban con información de control de producción, conformación y pedigrí. La producción de leche fue corregida a 305 días EM y la duración de vida productiva (DVP) se ajustó a 305 días en cada lactación. El 34% de los registros fueron censurados. El objetivo fue evaluar el impacto de las 23 características de conformación que se califican en ganado Holstein de México sobre la evaluación genética de DVP a través del análisis de supervivencia con un modelo semental-abuelo materno. La función de riesgo de desecho fue modelada a través de la función de riesgo basal asumiendo una distribución Weibull, incluyendo las variables de el efecto de la edad al primer parto en meses, las variables tiempo dependientes (hato-año de parto incluido como aleatorio, número de lactación por fase de lactación con cortes en los días 29, 249 y 365 y nivel de producción estandarizado con 10 clases), el efecto aleatorio del semental y las características de conformación. Todos los efectos incluidos en el modelo, sin incluir las características de conformación, tuvieron una aportación significativa en la función de verosimilitud; mientras que, sólo anchura del anca, vista lateral de patas posteriores, carácter lechero, profundidad del cuerpo y textura de ubre resultaron importantes para las evaluaciones genéticas de DVP. Por lo tanto, las evaluaciones genéticas para DVP deberían incluir estas características porque permitirán obtener un predictor de la longevidad del ganado más preciso. Además, se esperaría un mejoramiento en DVP si estas características son incluidas en los programas de selección del ganado Holstein en México, dado que las heredabilidades para DVP en una escala logarítmica y real fueron de 0.076 y 0.135 respectivamente.

Palabras Clave: Análisis de supervivencia, características de conformación, variable tiempo dependiente, ganado lechero.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Longevidad.

Diversos autores definen longevidad como duración de vida productiva (DVP) medida como el tiempo transcurrido desde el primer parto hasta el desecho (Smith & Quaas, 1984; Ducrocq, *et al.* 1998a; Chirinos, *et al.* 2005). DVP es una característica económicamente importante ya que mientras más tiempo permanezca una vaca en el hato, tiene posibilidad de tener mayor número de lactaciones, producir mayor cantidad de leche (por lactación y de por vida), dejar mayor cantidad de crías para su reposición y por consiguiente disminuir el costo de reemplazo (Burnside, *et al.* 1984; Ducrocq, *et al.* 1998a).

Clasificación de Longevidad.

Longevidad se ha clasificado de manera arbitraria, tomando en cuenta dos tipos:

- La global (LG) que comprende la vida total del animal, desde su nacimiento hasta su muerte o desecho.
- La funcional (LF) es medida desde que el animal inicia la producción de leche hasta su desecho (voluntario o involuntario). Además, si la medida es ajustada por la producción de leche del animal, es llamada “Duración de vida productiva funcional” (DVPF), y mide la habilidad de una vaca para evitar el desecho involuntario (Ducrocq, *et al.* 1988b; Chirinos, *et al.* 2005). En este trabajo se considerará la DVPF como el objeto de estudio.

Actualmente se busca prolongar la DVP, pero resulta que el mejorar esta característica por selección es difícil debido a su baja heredabilidad (0.03 a 0.21), por lo que se han buscado indicadores indirectos que ayuden a mejorar la duración de vida productiva de los animales y se ha recurrido a la selección con base en las características de conformación (Burnside, *et al.* 1984).

Selección para mejorar Longevidad

La inclusión de DVP en los programas de Mejoramiento Genético además de buscar el incremento de la vida productiva de los animales en el hato, espera disminuir el porcentaje de animales que se desechan por causas de salud o baja producción (desecho involuntario), proporcionando menores tasas de reemplazo debido a problemas funcionales.

En este sentido, la selección directa sobre los caracteres funcionales, como lo son medidas de la fertilidad de los animales o de su resistencia a adquirir enfermedades, sería más eficiente para disminuir las tasas de desecho. Sin embargo, la selección para DVPF se puede considerar como una herramienta para obtener animales funcionales en esquemas donde no se recoge información sobre fertilidad y resistencia a enfermedades (Ducrocq, 1999).

DESECHO

Definición

La rentabilidad de la producción de leche de vaca es un proceso sobre el cual inciden diversos factores entre los que se encuentran aquellos relacionados con el desecho de animales, aspecto, este último, importante en la eficiencia de la empresa lechera.

El desecho de ganado se define como el acto mediante el cual se eliminan animales del hato y es de suma importancia debido a los posibles efectos que tiene sobre el nivel de producción de leche del establo y sobre los costos por reposición de animales (Vitela, *et al.* 2004). Aunque las decisiones de desecho tienen una influencia importante sobre la rentabilidad del ganado y la explotación lechera, frecuentemente no son programadas y se basan parcialmente en la intuición del ganadero (Lehenbahuer & Oltjen, 1998).

Causas de desecho

Hay diversas causas de desecho que afectan la duración de vida productiva del ganado y de acuerdo a la causa de desecho, se han clasificado en dos tipos: *a) Desecho Voluntario*: cuando el ganadero decide retirar a los animales menos productivos o que no desea que sigan en el hato porque tiene nuevos reemplazos que le proporcionen un mayor margen de ganancia y *b) Desecho Involuntario*: eliminación de animales por causas de salud o funcionales como lo son la producción, fertilidad, etc., que refleja problemas del hato e implica costos elevados al productor.

Estudios realizados en México muestran que las principales razones de desecho involuntario de ganado lechero después del primer parto son baja producción, infertilidad, problemas mamarios, aparición de problemas funcionales como son de locomoción, patas y pezuñas, así como digestivos, respiratorios y muerte (Vitela, *et al.* 2004).

SELECCIÓN DE REEMPLAZOS

Desde principios de siglo pasado, se puso mayor énfasis en la selección de los animales con mayor rendimiento de leche, pero criadores e investigadores notaron que conforme aumentaba la producción de leche por lactación, algunas características de conformación y funcionalidad de la vaca resultaban negativamente afectadas, por ejemplo, se observaba una gran proporción de vacas con ligamentos medio suspensorio débiles provocando que las ubres fueran pendulosas, lo que estuvo asociado a problemas mamarios que a su vez disminuyeron la DVP de las vacas.

Por lo anterior se comenzó a poner atención no sólo en la selección para producción de leche por lactación sino también en la duración de vida productiva y en la conformación funcional de los animales (Moro & Ruiz, 1998).

La repercusión directa de incrementar la vida productiva de vacas lecheras es reducir las tasas de reemplazo. Sin embargo, la selección directa para incrementar duración de vida productiva no ha sido viable ya que las evaluaciones de longevidad de un semental basada en la DVP de sus hijas implica esperar mucho tiempo y estas evaluaciones podrían obtenerse demasiado tarde para usar el semental en programas de mejoramiento. Asimismo y como ya se mencionó, el mejoramiento de la DVP se ve limitado por su baja heredabilidad por lo que se recurre a otros indicadores indirectos, aunque se reconoce que la selección para duración de vida productiva puede incrementar el intervalo de generación y disminuir el progreso genético anual (Smith & Quaas, 1984; Rogers & Daniel, 1988; Moro & Ruiz, 1998; Larroque & Ducrocq, 2001; Vukasinovic, *et al.* 2002; Chirinos, *et al.* 2005).

El mejoramiento genético de los bovinos lecheros tiende a efectuarse con base en una selección de múltiples características que incluyen tanto rasgos productivos como de conformación con el propósito de hacer selecciones de animales con altas producciones de leche y de sus componentes, además es importante que posean características de conformación que les permitan permanecer mayor tiempo dentro del hato productivo (Smith & Quaas, 1984; Moro & Ruiz, 1998; Vukasinovic, *et al.* 2002; Chirinos, *et al.* 2005) La permanencia de una vaca en el establo está frecuentemente condicionada por sus características de conformación y producción (Larroque & Ducrocq, 2001).

CALIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE CONFORMACIÓN

En diferentes países donde se realiza la calificación de tipo o conformación, a lo largo del tiempo han usado diversos rangos de las escalas lineales para la

calificación de conformación que han variado desde 1 a 9 puntos hasta rangos de 50 a 100 puntos para evaluar desde 11 y hasta 27 rasgos diferentes. Por otro lado, se han realizado investigaciones para determinar las características de conformación que tienen altos valores de heredabilidad y que se consideren importantes para ser consideradas dentro de programas de mejoramiento genético (Moro & Ruiz, 1998; Powel & Norman, 2006).

La World Holstein-Friesian Federation (WHFF) tiene un programa de calificación que se aplica en casi todos los países afiliados para la evaluación de características de tipo o conformación de ganado Holstein con la finalidad de tener uniformidad y estandarizar información para estas características.

El programa cuenta con 16 características lineales estandarizadas que han sido aceptadas, aunque varios países adecúan los programas de calificación de la conformación para complementar sus evaluaciones de acuerdo a recomendaciones nacionales.

Las características lineales son la base de los sistemas modernos de calificación de tipo, ya que se basan en las mediciones de características de conformación individuales en lugar de calificaciones subjetivas. Las ventajas de calificar de manera lineal son que las características son evaluadas individualmente, las evaluaciones representan un rango biológico y la variación entre las características es identificable (World Holstein Friesian Federation).

En el Cuadro 1 se presentan los diferentes caracteres de tipo o conformación que recomienda la WHFF, así como los puntos de referencia en los que se basan para su calificación.

Cuadro 1. Características de conformación estandarizadas internacionalmente por la World Holstein Friesian Federation (WHFF), su punto de referencia para su calificación y las calificaciones lineales extremas de las mismas.

Característica a	Punto de Referencia	Caracteres Lineales Extremos
-----------------------------------	----------------------------	---

		1	9
Estatura	Medición de la altura a la espina dorsal medida a nivel de la 6ª lumbar. Es una medición precisa en centímetros, 3 cm por punto.	Baja (1.30 cm)	Alta (1.54 cm)
Anchura de pecho	Medición de la distancia que existe entre la superficie interna entre los codos. 2 cm por punto.	Estrecho	Amplio
Profundidad de cuerpo	Distancia entre la columna vertebral y el ombligo al nivel de la 1ª lumbar. Es independiente de la estura y su medición es óptica en relación con el balance del animal	Poco profundo	Profundo
Angularidad (Carácter lechero)	El ángulo y apertura de las costillas, combinado con la uniformidad en liso del hueso. La evaluación se hace con base en tres componentes; Angulo y apertura de costilla (80%), calidad de hueso (20%).	Falta de angulosidad costillas cerradas y hueso áspero	Muy angular, costilla abierta, hueso liso
Inclinación del anca	Diferencia de la medición de la altura entre íleon e ísquion	Ísquion alto (+4 cm)	Muy inclinada (-12 cm)
Anchura del anca	Es la distancia entre la punta de los huesos posteriores de la cadera (Ísquion). 2 cm por punto.	Estrecho (10 cm)	Amplio (26 cm)
Vista posterior de patas	Dirección o posición de los pies en vista posterior	Corvejones extremadamente juntos	Corvejones paralelos
Vista lateral	Medición del ángulo que se forma en	Recto (160)	Cerrado

de patas	la parte anterior entre tibia y metatarso	grados)	(134 grados)
Angulo de pezuña	Angulo de la pezuña visto de la parte lateral, midiendo la dirección de la banda coronaria	Angulo muy cerrado (15°)	Angulo muy abierto (65°)
Inserción de ubre anterior	Fortaleza de inserción de la ubre a la pared abdominal.	Débil	Muy fuerte
Posición de pezones anteriores	Posición de pezones anteriores tomando como referencia el centro del cuarto	Fuera del cuarto	Dentro del cuarto
Longitud de pezones.	Longitud de pezones anteriores, 1 cm por punto	Cortos (1 cm)	Largos (9 cm)
Profundidad de la ubre	Medida de la distancia que existe de la parte más baja del piso de la ubre a la altura de los corvejones. El nivel a los corvejones es = 2 de la escala (0 cm); 3 cm por punto.	Abajo del nivel de los corvejones	Poco profunda
Altura de inserción de la ubre	Distancia entre la base de la vulva y el inicio del tejido de la glándula mamaria, en relación con la altura de animal. El punto medio representa una calificación de 4 (29 cm); 2 cm por punto	Muy baja	Alta
Ligamento Medio Suspensorio	Medición de la profundidad del ligamento medido en la base de la ubre posterior.	Piso de ubre convexa (+ 1cm)	Definición profunda (-6 cm)
Posición de	Posición de pezones posteriores	Fuera del	Hacia

pezones posteriores	respecto al centro del cuarto.	cuarto	adentro del cuarto
------------------------	--------------------------------	--------	--------------------------

World Holstein Friesian Federation, 2008

La Asociación Holstein de México realiza evaluaciones de conformación bajo un sistema lineal de calificación propio, empleando una escala del uno al nueve, siguiendo las recomendaciones de la Federación Mundial Holstein Friesian y del Comité Internacional de Registros de Producción Animal, que establece la existencia de doce características principales y dos secundarias en un sistema lineal (Moro & Ruiz, 1999).

En México la calificación de conformación en ganado lechero se basa en la calificación de 23 características, 16 de evaluación internacional y siete que se consideran importantes para la ganadería lechera nacional. A éstas últimas las podemos observar en el Cuadro 2 así como los puntos de referencia que se toman para la calificación de cada una de ellas.

Cuadro 2. Características de tipo y los puntos de referencia que adiciona la Asociación Holstein de México a su sistema de evaluación de Conformación.

Característica	Punto de Referencia	Caracteres Lineales Extremos	
		1	9
Tamaño	Apreciación del tamaño general del animal vista desde la parte posterior	Pequeña	Grande
Altura a la Cruz	Medición de la distancia del piso a la altura a la cruz en relación con la estatura del animal.	Baja	Alta
Fortaleza de	Posición del lomo en relación a la	Débil	Fuerte

lomo	altura de inserción de la base de la cola.		
Profundidad del talón	Medición de la distancia del piso al final de la pezuña medido en la parte posterior de la misma.	Poca profundidad	Muy profundo
Calidad de Hueso	Apreciación de la forma del metatarso	Redondo y grueso	Ovalado y delgado
Textura de Ubre	Apreciación de la textura y apariencia de la ubre. Se desea que sea plegable, altamente vascularizada e inervada	Carnosa	Blanda y flexible
Anchura de ubre posterior.	Amplitud de la ubre medida en el inicio del tejido secretor de la ubre	Estrecha	Amplia

(Asociación Holstein Canadá 2008).

Las 23 características de conformación antes mencionadas tienen un óptimo en la escala de calificación del 1 al 9 y se dividen en cuatro sistemas, cada uno de ellos presentado en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Sistemas de las características de conformación que se evalúan en ganado lechero en Holstein de México y el óptimo de su puntuación.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN	CARACTERÍSTICA	ÓPTIMO
Estructura y capacidad	Estatura	7
	Altura a la cruz	7
	Tamaño	7

	Pecho ancho	9
	Profundidad de cuerpo	7
	Fortaleza del lomo	9
Anca	Punta del anca	5
	Anchura del anca	9
Patas y pezuñas	Ángulo de pezuñas	7
	Profundidad del talón	9
	Calidad de hueso	9
	Aplomo	5
	Aplomo vista posterior	9
Sistema mamario		
Sist. mamario	{ Profundidad	5
	{ Textura	9
	{ L.M.S.(Ligamento medio)	9
Ubre anterior	{ Inserción	9
	{ Tetas { Posición	5
	{ Longitud pezones	5
Ubre posterior	{ Altura de inserción	9
	{ Anchura de inserción	9
	{ Posición pezones	5
Carácter lechero		9

Algunos estudios muestran la importancia que tiene el seleccionar animales con base en características de conformación para mejorar el periodo de vida productiva (Vollema & Groen, 1998; Chirinos, 2003).

En el Cuadro 4 se muestran los resultados de diversos métodos que se han utilizado por diferentes autores para ver la influencia de los caracteres de tipo sobre la longevidad de los animales.

Cuadro 4. Características de conformación que muestran influencia sobre longevidad de ganado lechero, utilizando diferentes análisis.

Característica de conformación que influyen sobre longevidad	Método	Referencia
Estatura, inserción de la ubre anterior, posición de los pezones y puntos finales	REML	Smith, <i>et al.</i> 1998
Características de ubre	REML	Pérez & Ruiz 1998
Profundidad de ubre, colocación de pezones y aplomos	Métodos lineales e índice de selección	Rogers & Daniel 1988
Características de patas y pezuñas, especialmente ángulo de pezuña y aplomos de patas posteriores estuvieron positivamente correlacionados con producción y longevidad, pero no con fertilidad.	REML	Pérez, <i>et al.</i> 2006
Determinación de LG y LF. Todos los caracteres mostraron efecto significativo sobre LG, excepto estatura, colocación de isquiones y ángulo de pezuña, mientras que para LF los caracteres que	Análisis de supervivencia	Chirinos, <i>et al.</i> 2005

describen el sistema mamario.		
Capacidad, angularidad, posición de los pezones, profundidad de la ubre, tamaño y sobre todo las características que conforman el sistema mamario, patas y pezuñas	Análisis de supervivencia	Vollema & Groen, 1998
Las características de la ubre sobre todo profundidad	Análisis de supervivencia	Vukasinovic, <i>et al.</i> 2002
Profundidad e inserción de la ubre, así como aplomos	Análisis de supervivencia	Caraviello, <i>et al.</i> 2004
Características de ubre (sobre todo profundidad de la ubre, altura de inserción de la ubre) y punta del anca.	Análisis de supervivencia	Larroque & Ducrocq, 2001
Casi todas las características tienen un nivel de significancia en el modelo, pero las de mayor relación con DVP son profundidad de la ubre, inserción de ubre anterior y posición de pezones anteriores	Análisis de supervivencia	Buenger, <i>et al.</i> 2001
Inserción de ubre anterior, textura, profundidad de ubre, altura y anchura de inserción de ubre posterior están relacionadas con DVP Funcional	Análisis de supervivencia	Sewalem, <i>et al.</i> 2004
Las variables de conformación que resultaron más importantes para predecir la habilidad de permanencia a los 48 meses de	REML	Valencia, <i>et al.</i> 2008

edad fueron posición de pezones anteriores, profundidad de ubre y puntos finales.		
---	--	--

DVP: Duración de Vida Productiva.

LF: Longevidad funcional.

LG: Longevidad global.

REML: Método de Máxima Verosimilitud Restringida.

ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA

La relación entre longevidad y conformación se ha medido a través del cálculo de correlaciones genéticas o a partir de regresiones lineales (Smith & Allaire, 1986; Chirinos, *et al.* 2005). Sin embargo, los métodos lineales incluyen sólo información de animales que tienen datos completos de DVP, ya que el manejo de información incompleta no es posible con los modelos lineales empleados por lo que son inadecuados para el análisis de fallas o desecho y sólo se mide la relación lineal entre caracteres (Smith & Allaire, 1986; Vollema & Groen, 1998b; Chirinos, *et al.* 2005).

El uso de modelos y técnicas de análisis de supervivencia ha sido propuesto como procedimiento teóricamente óptimo para el análisis de longevidad, ya que la relación ente las características de conformación y longevidad no son lineales frecuentemente (Larroque & Ducrocq, 2001).

El análisis de supervivencia permite el uso de toda la información disponible, tanto de datos completos como incompletos; es decir, de animales que ya fueron desechados y que aún están con vida, permite reconocer la distribución no normal del carácter, la naturaleza no aditiva de los factores que determinan la supervivencia, el uso de variables que cambian su efecto a lo largo de la vida del animal y la evaluación de posibles relaciones no lineales entre la longevidad y estos caracteres. La información obtenida puede emplearse para seleccionar aquellas características a utilizar como posibles indicadores de la longevidad y mejorar la precisión de la selección de este carácter. Asimismo, este tipo de

análisis proporciona información sobre el cambio en el riesgo de desecho que supone un cambio en la morfología, dato que puede ser de interés para cuantificar la importancia económica de este tipo de caracteres (Smith & Quaas, 1984; Burnside, *et al.* 1984; Ducrocq, 1999; Chirinos, *et al.* 2005).

El análisis de supervivencia permite el uso de diferentes tipos de observaciones que involucra tanto a individuos que ya han sido desechados (observaciones tratadas como completas o no censuradas) como animales que aún continúan con vida (observaciones tratadas como censuradas o incompletas). Existen diversos tipos de censura y la censura a la derecha es la más frecuente; sólo se conoce que el tiempo de eliminación será mayor que el valor conocido y es de suma importancia en el área pecuaria por que este tipo de censura se produce cuando: a) una vaca se encuentra en producción al final del periodo de estudio; b) el hato abandona el control de producción de leche oficial o la fuente oficial de datos; c) la vaca no puede ser ubicada en la base de datos en sus lactaciones sucesivas (Ducrocq, 2001). Los datos completos y los censurados son utilizados en el análisis y ponderados de manera diferente, permitiéndonos dar un tratamiento estadístico apropiado a los registros censurados tomando en cuenta la no-linealidad de los datos (Vollema & Groen, 1998 b; Vukasinovic, *et al.* 1999; Caraviello, *et al.* 2004).

Por otro lado el análisis de supervivencia hace uso de funciones especiales para caracterizar la distribución de la variable DVP, que es una variable no negativa y continua, que mide la duración de un proceso desde un punto origen (fecha de primer parto) hasta el momento de fracaso en una población homogénea (fecha de desecho).

A este tipo de variables se les conoce como tiempo dependientes, cuyo efecto cambia a través del tiempo, como lo es el nivel de producción de leche, cambios anuales en el tamaño del hato, estado sanitario, manejo, entre otras (Ver Anexo 1)

Las funciones básicas que se manejan en el análisis de supervivencia y que describen las características de tiempo “T” (DVPF para este estudio) son (Ducrocq, *et al.* 1998b; Ducrocq, 2001):

- Función de riesgo acumulada $F(t)$

$$F(t) = \text{Prob}[T < t]$$

[1]

Donde $F(t)$ describe la probabilidad de riesgo acumulada que un animal muera o se deseche a un tiempo T , que es menor que el tiempo t determinado por el término del estudio; T representa la falla actual del tiempo.

- La *función de densidad* $f(t)$:

$$f(t) = \lim_{\partial t \rightarrow 0} \frac{\text{Prob}[t \leq T < t + \partial t]}{\partial t} = \frac{dF(t)}{dt}$$

[2]

Donde $\lim_{\partial t \rightarrow 0}$ presenta la falla instantánea de la probabilidad de que un evento ocurra en un intervalo de tiempo entre t y $t + \partial t$, dado que el tiempo de supervivencia T sea mayor o igual que t (Kleinbaum, 1996).

- La *función de supervivencia*, $S(t)$, que describe la probabilidad de supervivencia a un tiempo t :

$$S(t) = \text{Prob}[T \geq t] = [1 - F(t)]$$

[3]

Donde se expresa la probabilidad que el individuo o animal permanezca vivo a un tiempo T , dado que está vivo en el momento de estudio t (Kleinbaum, 1996).

- o La *función de riesgo* $h(t)$, que especifica la falla instantánea (muerte) al tiempo t , condicional sobre la supervivencia hasta el tiempo t .

$$h(t) = \lim_{\partial t \rightarrow 0} \frac{\text{Pr } ob[t \leq T < t + \partial t | T \geq t]}{\partial t} = \frac{f(t)}{S(t)}$$

[4]

Donde $h(t)$ mide la tasa de riesgo instantáneo de fracaso en un momento t , condicionado a que el individuo haya sobrevivido hasta ese momento. La función de riesgo puede interpretarse como la velocidad con que los individuos fracasan en cada momento del proceso medido.

La función de riesgo, es siempre positiva y puede ser mayor que 1, y a diferencia de la función de supervivencia, no es una función de probabilidad sino una razón entre la probabilidad condicional y el diferencial de tiempo cuando este diferencial es muy pequeño. Es decir, es una cantidad positiva, pero sin límite superior ($0 \leq h(t) < \infty$).

La función de riesgo se considera más informativa que la función de supervivencia en cuanto al mecanismo subyacente de desechos a lo largo del tiempo. Así, mientras que las funciones de supervivencia para distintas poblaciones son bastante similares, decreciendo con el tiempo, las correspondientes funciones de riesgo pueden ser considerablemente diferentes, mostrando formas monótonas crecientes o decrecientes o en formas cóncavas o convexas (Kleinbaum, 1996).

Todas las funciones implicadas en la definición de la distribución de la variable T están relacionadas entre sí, de forma que conociendo una pueden obtenerse las demás (Kleinbaum, 1996; Ducrocq, 2001).

Distribución Weibull

Al igual que la distribución Gamma son generalizaciones de la distribución exponencial (función más sencilla de aproximaciones paramétricas) y junto con la distribución lognormal, son distribuciones con dos parámetros. La distribución Weibull es una modificación de la exponencial, (Kleinbaum, 1996; Ducrocq, 2001) donde:

$$S(t) = \exp(-(\lambda t)^\rho)$$

[5]

Con λ que es la escala de distribución del parámetro y ρ la forma del parámetro de distribución.

Con $\lambda > 0$ y $\rho > 0$. El riesgo correspondiente es:

$$h(t) = -\frac{d \log S(t)}{dt} = \frac{d(\lambda t)^\rho}{dt} = \lambda \rho (\lambda t)^{\rho-1}$$

[6]

Si $\rho = 1$, la función de supervivencia se convierte a una exponencial. Si $\rho > 1$ el riesgo es monótono creciente, si $\rho < 1$ el riesgo es monótono decreciente. La función de densidad de Weibull es:

$$f(t) = h(t)S(t) = \lambda \rho (\lambda t)^{\rho-1} \exp(-(\lambda t)^\rho)$$

con, $t \geq 0$ y $\rho, \lambda > 0$

[7]

La distribución Weibull es una de las más empleadas por ser una distribución flexible (puede proporcionar patrones crecientes, decrecientes o planos de la función de riesgo) y relativamente simple desde el punto de vista analítico. El modelo de Weibull es un tipo particular de modelos de riesgos proporcionales; su uso generalizado se debe particularmente a que permite la inclusión de covariables tiempo dependientes y permite un análisis eficiente de duración de vida productiva (Ducrocq, *et al.* 1988b; Caraviello, *et al.* 2004).

Modelo de supervivencia

El modelo de supervivencia representa la función de riesgo $h(t; x)$ de la siguiente manera:

$$h(t; x) = \lambda_0(t) \exp\{x'\beta\}$$

[8]

Donde el primer término $\lambda_0(t)$ es común para todos los animales y se denomina función de riesgo basal, mientras que el segundo $\exp\{x'\beta\}$ considera el vector de parámetros β de los efectos fijos del proceso de desecho. La función de riesgo basal tiene una forma paramétrica, suponiendo una distribución exponencial, Weibull o puede tener una forma semiparamétrica general (Ducrocq, 2001).

Cálculo de heredabilidades en su escala logarítmica, real y valores genéticos estandarizados

El análisis de supervivencia, nos permite calcular la heredabilidad en una escala logarítmica (Ducrocq & Casella 1996).

$$h_{\log}^2 = \frac{4 \text{ var}(s)}{\frac{\pi^2}{6} + \Psi^{(1)}(\gamma_h) + \text{ var}(s)}$$

[9]

El parámetro Gamma se calcula en conjunto con los otros efectos después de la integración exacta algebraica log-gamma del efecto aleatorio hato-año.

Donde $\Psi^{(1)}(\gamma_h)$ es la función trigamma evaluada del efecto γ_h , y $\frac{\pi^2}{6}$ es la varianza del valor extremo de la distribución.

La heredabilidad sobre una escala original propuesta por Ducrocq (1999) se calcula de la siguiente manera:

$$h_o^2 = \left[\exp\left\{ \frac{1}{\rho} \nu \right\} \right]^{-2} h_{\log}^2$$

[10]

Donde:

ν es la esperanza de la distribución del valor extremo: $\nu = -$ constante de Euler $= -0.5772$.

ρ , Rho es la forma de la función de riesgo basal.

h_{\log}^2 es la heredabilidad sobre una escala logarítmica.

Los valores genéticos se expresaron como valores estandarizados como los expresan las evaluaciones genéticas de España, Alemania y Francia (Interbull, 2010):

$$\text{VGE} = -((\text{Estimador} - a)/b)$$

[11]

Donde:

VGE: Valor genético estandarizado.

Estimador: Valor genético del semental.

a = Media de los VG estimados de los sementales.

b = Desviación estándar de los VG estimados de los sementales.

EVALUACIONES GENÉTICAS PARA LONGEVIDAD

En una de las primeras investigaciones realizadas en el área de producción animal empleando el análisis de supervivencia (Fámula, 1981), se supuso que la supervivencia de vacas lecheras era una variable aleatoria exponencial afectada por ciertas covariables y el autor discutió las ventajas de utilizar observaciones censuradas. Smith y Quaas (1984) emplearon el análisis de supervivencia para predecir valores genéticos de sementales lecheros con base en las mediciones de la DVP de sus hijas. Ducrocq, *et al.* (1998b), desarrollaron un programa de cálculo para ajustar modelos mediante el análisis de supervivencia, que puede usarse con un número elevado de observaciones.

Las primeras evaluaciones genéticas nacionales de sementales basados en el análisis de supervivencia de la longevidad de sus hijas fue implementado en 1997 en Francia y Austria (Ducrocq, *et al.* 1998a) y posteriormente varios países realizaron sus evaluaciones usando las mismas técnicas.

JUSTIFICACIÓN

En México no existen evaluaciones genéticas para DVP, y es de suma importancia publicar estas evaluaciones con la finalidad de que los ganaderos pudieran seleccionar a sus sementales con base en las características que desee mejorar en su hato teniendo como herramienta los valores genéticos de DVP.

Como se mencionó anteriormente, las características de conformación pueden ser indicadores indirectos para la evaluación de DVP, por lo que en el presente trabajo se buscarán cuáles son las características de conformación que tienen mayor importancia para la DVPF.

OBJETIVO

Evaluar el impacto de las características de conformación sobre la predicción de valores genéticos para longevidad en ganado Holstein de México.

HIPÓTESIS

Alguna de las características de conformación actualmente calificadas tiene un impacto significativo sobre la evaluación genética de sementales para duración de vida productiva en ganado Holstein de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos utilizados en este estudio fueron proporcionados por la Asociación Holstein de México que incluyó registros de producción de leche EM 305 días, de conformación y genealógico.

Se usaron datos del periodo 2000 a 2008 con la siguiente información: identificación del animal, identificación de su padre, identificación de su madre, el hato al que pertenecía, la fecha de nacimiento, la fecha de parto, el número de lactación, días en lactación, la producción de leche por lactación e información de componentes de leche.

El archivo de conformación contaba con la identificación de la vaca, identificación del animal, año de nacimiento, número de lactación en las que fue calificada, fecha de parto, fecha de calificación, y la puntuación de cada una de las características de conformación en el siguiente orden: estatura, altura a la cruz, tamaño, anchura de pecho, profundidad del cuerpo, fortaleza del lomo, punta del anca, anchura del anca, ángulo de la pezuña, uniformidad de pezuña, profundidad del talón, calidad de hueso, aplomos desde vista lateral, vista posterior de aplomos, profundidad del sistema mamario, textura de la ubre, ligamento medio suspensorio, inserción de ubre anterior, profundidad de ubre anterior, longitud de pezones anteriores, altura de inserción de ubre posterior, anchura de inserción de ubre posterior, posición de ubre posterior, carácter lechero, calificación de puntos finales, todo con información de primera calificación.

El archivo de pedigrí proporcionado por la Asociación Holstein de México contaba con la identificación del animal, fecha de nacimiento e identificación del padre y madre.

Del archivo de producción se eliminaron animales sin identificación, vacas con fecha de primer parto antes del 2000, animales con producción por día fuera de rango establecido de 2.95 a 56.5, ($\text{media} \pm 3\text{DE}$), lactaciones con producciones de leche estandarizada fuera del intervalo de 1,147 a 19,866 kg de leche por

lactación correspondientes a percentil 1 y 99 respectivamente y que se consideró como información de lactaciones anormales. Asimismo, se eliminó información de todas aquellas vacas que carecían de información de la primera lactación y vacas que tenían cuatro o menos hermanas paternas. Se censuraron a los animales que tenían información de producción después del 2008, con lactaciones no consecutivas, y aquellos que tenían información en dos o más hatos, dejando sólo la información del primero.

Del archivo de conformación, a los animales con menos de 50 observaciones por clase de calificación en cada una de las características, se agregaron a la clase inmediata superior e inferior, según fuera el caso.

Para crear el archivo final que se utilizó para el programa Survival Kit (Ducrocq & Sölkner, 1998b) y conocer el riesgo de desecho que tienen las vacas de la población Holstein de México, se recopiló información de los archivos de producción, conformación y pedigrí y se calcularon las siguientes variables:

- La duración de vida productiva se calculó como el número de días entre la fecha de primer parto a la fecha de desecho o censura, sumando la duración de cada una de las lactaciones.
- El indicador hato-año de primer parto se identificó para cada lactación. Se incluyó como efecto aleatorio tiempo dependiente para prevenir problemas de no estimabilidad en los casos de grupos de comparación que tuvieran reducida cantidad de vacas desechadas (Ducrocq, 1994).
- El nivel de producción se calculó dentro de cada hato y año de parto, ordenando cada lactación con base en la producción en forma ascendente, y se obtuvo la media y la desviación estándar. Con estos parámetros se calcularon los deciles y con base en ellos se asignó el nivel de producción para cada lactación, con 10 clases siendo el nivel de producción 1 el más bajo (10%) y el nivel 10 el más alto (10%).
- Se consideraron 1, 2, 3 y ≥ 4 lactaciones, con cambios arbitrarios presentados dentro de cada lactación al tiempo 29, 249 y 305 días después

del primer parto, suponiendo que el riesgo no cambió dentro de cada segmento. Este efecto se incluyó para explicar el desecho durante la lactación.

- Se definieron como censurados los registros que correspondieron a animales que fueron vendidos vivos para producción a otros ranchos, registros de hatos que dejaron de estar en control de producción y de vacas con lactaciones no consecutivas.

El archivo final constó de las siguientes variables: identificación del animal, número de hato-año de primer parto (incluida como variable aleatoria tiempo dependiente con cambios en cada año calendario), año de primer parto, edad de primer parto en meses, fase inicial en la que el animal inicia su vida productiva (incluida como una variable tiempo dependiente), nivel de producción inicial (incluida como una variable tiempo dependiente con cambios en cada lactación), duración de vida productiva en días (ajustada previamente a 305 días por lactación), código de censura del animal, recodificado del semental, recodificado del abuelo materno, calificación de los 24 caracteres de conformación, número de cambios en la vida del animal (determinado por las variables tiempo dependientes) y modelada a través de los tripletes (ver Anexo 1).

El archivo final incluyó información de 10,066 vacas de 72 hatos, descendientes de 1,710 sementales, con el 34.05% de la información censurada.

Los archivos de datos y los de pedigrí se crearon utilizando programas escritos en lenguaje FORTRAN 5.0 y SAS 9.1.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las estimaciones de los parámetros de la distribución de Weibull y las predicciones de los valores genéticos se calcularon usando el programa Survival Kit V3.12 (Ducrocq, 1994; Ducrocq, *et al.* 1998b), empleando un modelo semental-abuelo materno, en el que se supuso una distribución Weibull para la función de riesgo basal. La DVP se analizó con el siguiente modelo de riesgos proporcionales:

$$h(t) = h_0(t) * \exp\{ HA(t)_i + EP_j + NP(t)_k + FL(t)_l + CM_m + S_q + A_r \}$$

Donde:

- $h(t)$ = Probabilidad de un animal de ser eliminado en el día t después del primer parto, dado que ha sobrevivido hasta ese momento.
- $h_0(t)$ = Función de riesgo basal, bajo la distribución de Weibull.
- $HA(t)_i$ = Variable tiempo dependiente que representó el efecto del hato – año de parto con cambios en cada año calendario, donde $i = 1$ hasta 926.
- EP_j = Efecto de la edad al primer parto en meses, donde $j = 1$ hasta 14.
- $NP(t)_k$ = Variable tiempo dependiente que representó el efecto del nivel de producción láctea con cambios en la vida productiva en cada parto, hasta 4 lactaciones; donde $k = 1$ hasta 10.
- $FL(t)_l$ = Variable tiempo dependiente que representó el efecto de la fase de la lactación con cambios en la vida productiva a los días 29, 249 y 305 días en cada lactación, donde $l = 1$ hasta 12.
- CM_m = Carácter de conformación lineal, considerado como valor fenotípico, donde $m = 1$ hasta 9.
- S_q = Efecto aleatorio del semental q , donde $q = 1$ hasta 788.
- A_r = Efecto aleatorio del abuelo materno r , donde $r = 1$ hasta 1484.

El nivel de significancia que se tomó para los efectos incluidos en el modelo (sin incluir las características de conformación), fue de $p < 0.005$ y para las características de conformación de $p < 0.1$ (Larroque & Ducrocq, 1999; Sölkner & Ducrocq, 1999; Larroque & Ducrocq, 2001).

Las heredabilidades en su escala logarítmica y real se calcularon como lo indican las fórmulas 9 (Ducrocq & Casella, 1996) y 10 (Ducrocq, *et al.* 1999), mientras que los VGE se calcularon como lo indica la fórmula 11 (Interbull, 2010).

RESULTADOS

Las estadísticas descriptivas de los 10,066 registros para DVP que se incluyeron dentro del análisis de supervivencia se encuentran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Estadísticas descriptivas de las variables que se incluyeron dentro del modelo.

Variable	Media	Desviación Estándar
Duración de vida productiva (días)	835.14	398.95
Número de partos	2.49	1.06
Edad al primer parto (meses)	24.75	2.12
% Registros censurados	34	
Total de producción láctea (Kg) ajustada a 305 días en 4 lactaciones o menos	24,755	13,229

La prueba gráfica de la validación del ajuste adecuado de los datos a la suposición de la distribución Weibull para el riesgo basal, se muestra en la Figura 1, al modelar el $(\ln [-\ln S(t)])$ contra el $\ln(t)$ de las DVP de ganado Holstein de México. En la gráfica, se observa que el conjunto de observaciones siguió una línea recta y se calculó la pendiente con un valor de 1.89, cercano al valor de $p(2)$ y similar a los obtenidos en otros trabajos (Roxström et al., 2003 y Weigel et al. 2003) para que la suposición antes mencionada fuera correcta.

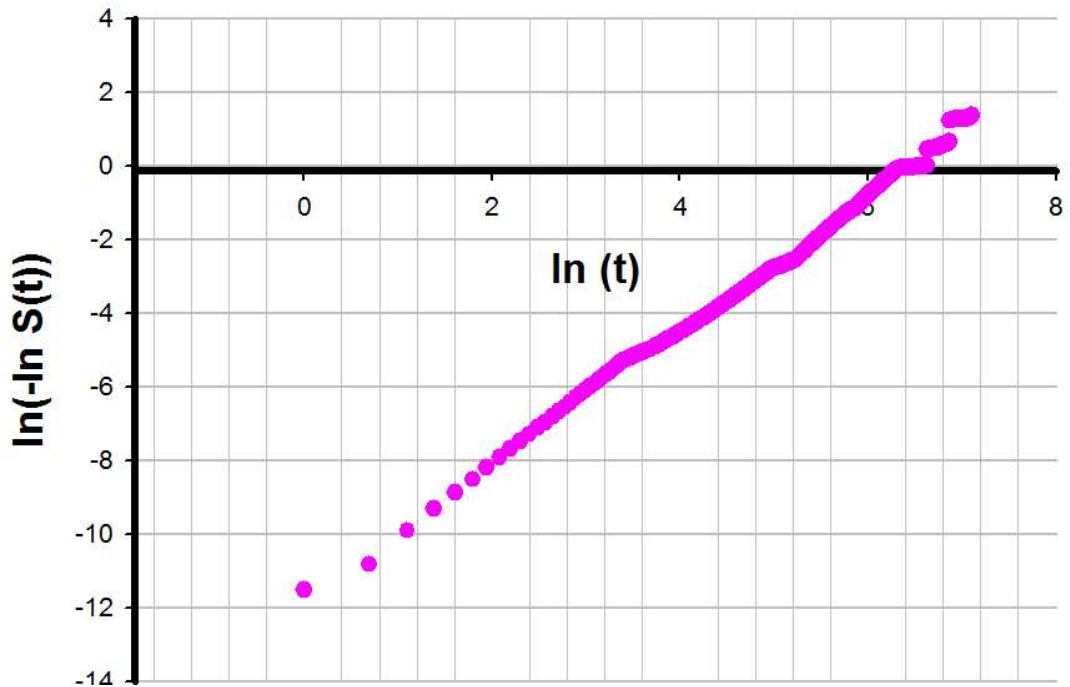


Figura 1. Prueba Grafica de la validación del ajuste adecuado de los datos a la suposición de la distribución Weibull para el riesgo basal, a través de graficar: $\ln[-\ln S(t)]$ contra el $\ln(t)$ con una pendiente = 1.89.

Todas las variables incluidas en el modelo antes de considerar las características de conformación tuvieron un efecto significativo ($p < 0.005$) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Modelo sin incluir las características de conformación, en el análisis de supervivencia, su contribución en la función de verosimilitud, y el nivel de significancia de las variables incluidas.

Fuente de Variación	-2 LOG LIK	CHI ²	GI	Prob > Chi2
Edad al primer parto	83624	26.2	11	0.0049
Nivel de producción	86363	2765.3	9	<0.001
Fase de lactación	89387	5789.4	11	<0.001

En la población Holstein de México incluida en este estudio, el efecto de la fase de lactación tuvo la mayor contribución a la función de verosimilitud (con un valor de Chi^2 de 5789.4).

Los riesgos de desecho en cada lactación (1, 2, 3 y ≥ 4) y en las tres fases en cada una de ellas (0-29, 30-249 y 250-305 días), se muestran en la figura 2 donde se observa que en la primera lactación el riesgo de la fase 1 fue ligeramente mayor que el de la fase 1 de las lactaciones subsecuentes. En la fase 2 de la primera lactación el riesgo se mantuvo con respecto al de la fase 1, mientras que para las lactaciones 2, 3 y 4, éste aumentó. En todas las lactaciones, el riesgo de la fase 3 fue mayor que el de las otras fases, presentándose el mayor riesgo en la última fase de la primera lactación.

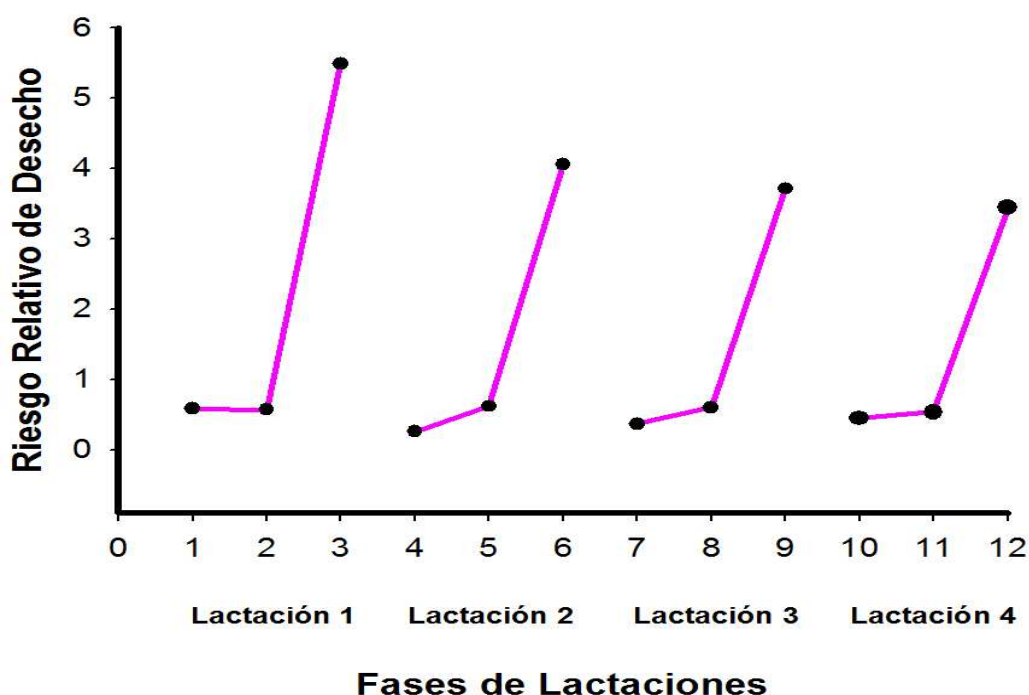


Figura 2. Riesgo de desecho en cada una de las lactaciones (1, 2, 3 y 4 o más) y sus fases correspondientes; de 0-29, 30-249 y 250-305 días para la fase 1, 2 y 3 respectivamente en cada una de las lactaciones de la población Holstein de México evaluada.

El nivel de producción fue una variable tiempo dependiente cuya inclusión en el modelo resultó estadísticamente significativa. Los animales con un menor nivel de producción tuvieron mayor riesgo relativo de desecho que los animales con un nivel de producción entre 6 y 8. Conforme aumentó el nivel de producción, el riesgo disminuyó, teniendo un menor riesgo en el nivel 7; posteriormente el riesgo aumentó ligeramente en los niveles de producción subsecuentes (Figura 3).

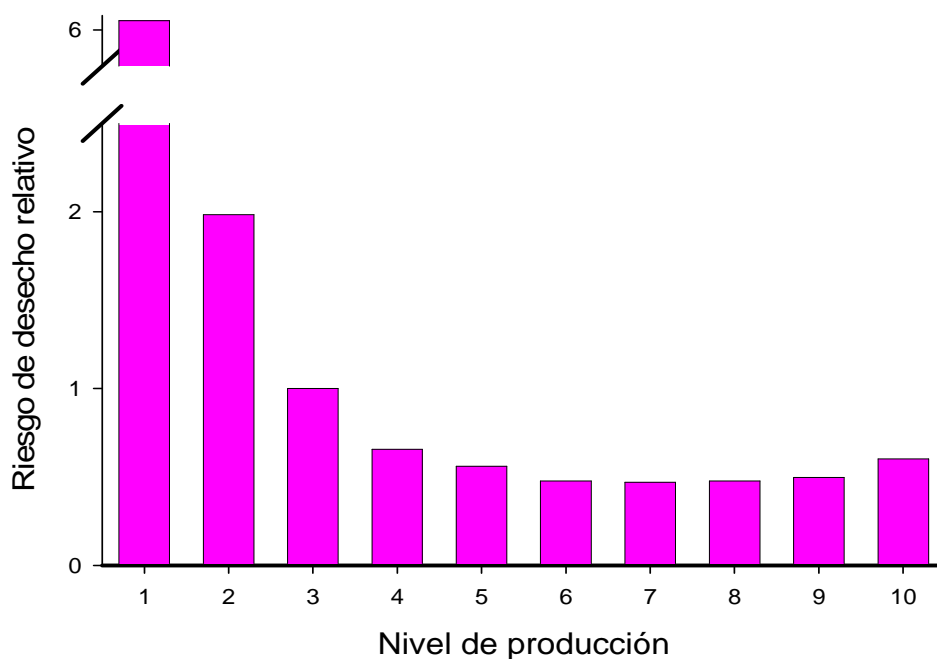


Figura 3. Riesgo relativo de desecho por nivel de producción de los animales Holstein de México nacidos del 2000 al 2008.

El efecto que tuvo la edad al primer parto en meses para el desecho de los animales se muestra en la Figura 4, donde observamos que las vaquillas que parieron a edad temprana, mostraron menor riesgo que aquellas que parieron después de los 21 meses de edad, posteriormente el riesgo de desecho aumentó ligeramente hasta los 23 meses. Los animales que parieron por primera vez entre los 24 y 27 meses de edad, tuvieron menor riesgo que los animales que parieron antes de los 24 y después de los 27 teniendo menor riesgo a los 25 meses, y para

los animales que parieron por primera vez después de los 27 meses el riesgo se mantuvo entre las clases superiores.

Cabe mencionar que los meses de edad al primer parto de 19 y 20 tuvieron pocas observaciones (59 y 24 animales censurados respectivamente), y el resto de las clases contaron con información de al menos 150 animales censurados.

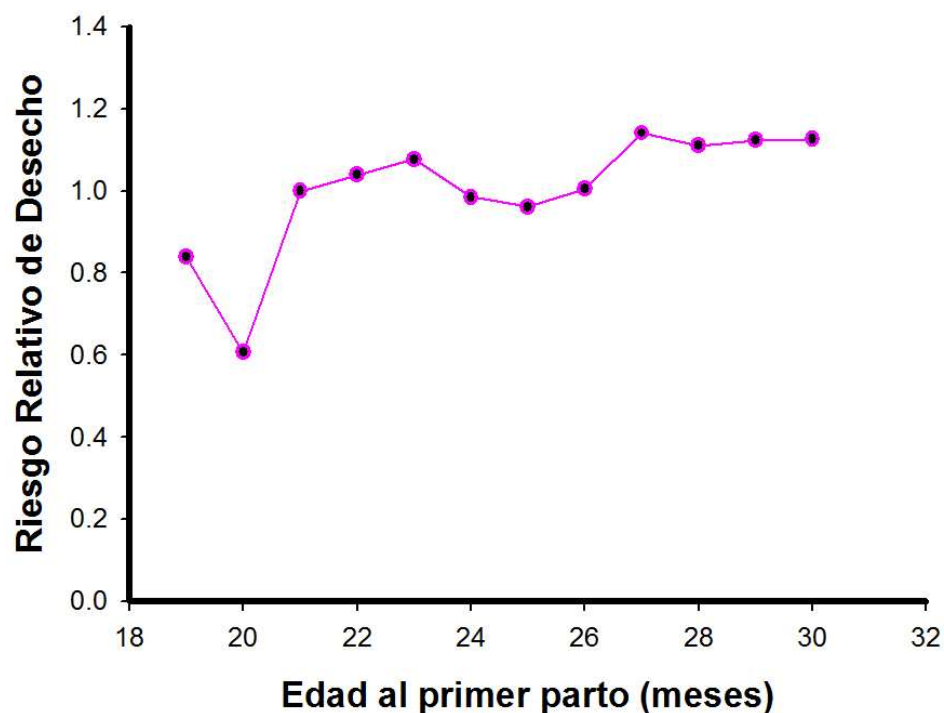


Figura 4. Riesgo relativo de desecho de la población Holstein de México por efecto de la edad al primer parto en meses.

De las 24 características de conformación que se incluyeron en el modelo para duración de vida productiva, sólo 5 características de conformación (vista posterior de aplomos, anchura de anca, carácter lechero, profundidad del cuerpo y textura de la ubre) resultaron significativas.

Las características de conformación que se incluyeron, tuvieron de 5 a 8 clases diferentes (calificaciones), por lo que las características contaban con diferentes grados de libertad para sus pruebas de significancia.

Los estadísticos de las pruebas de razón de verosimilitudes (X^2) utilizados para determinar el efecto de las características de conformación sobre la duración de vida productiva en ganado Holstein en México con 4, 5, 6 y 7 grados de libertad se muestran en las Figuras 5,6,7 y 8 respectivamente.

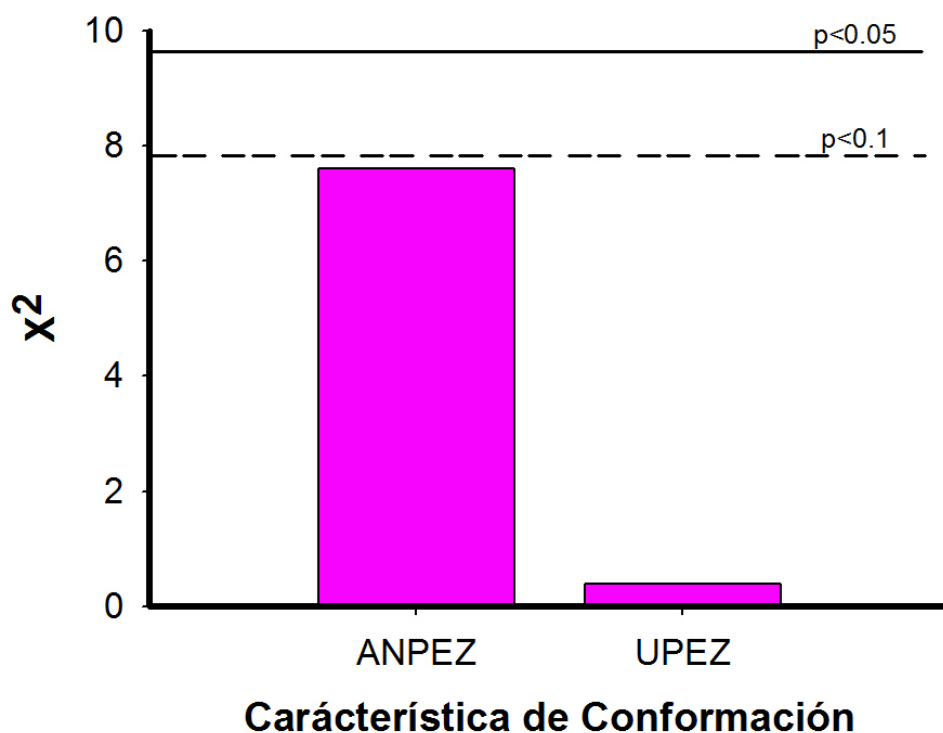


Figura 5. Contribución a la función de verosimilitud (X^2) del fenotipo ajustado para la características con 4 grados de libertad ($p < 0.1$) y ($p < 0.05$); ángulo de pezuña (ANPEZ) y uniformidad de la pezuña (UPEZ) sobre duración de vida productiva en ganado Holstein de México.

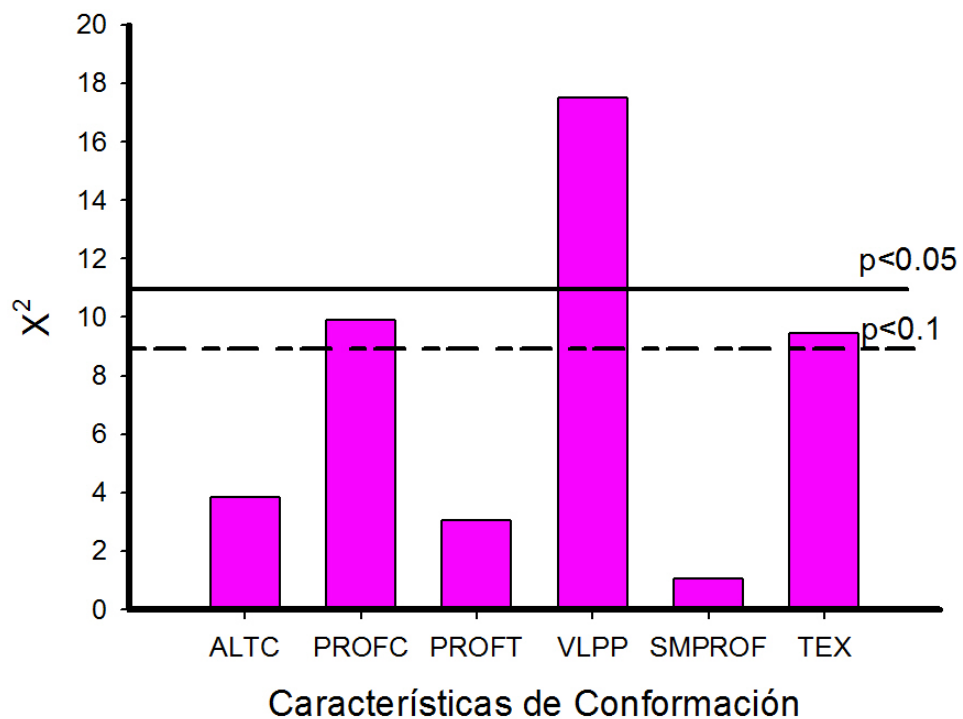


Figura 6. Contribución a la función de verosimilitud (X^2) del fenotipo ajustado para la características con 5 grados de libertad ($p < 0.1$) y ($p < 0.05$); altura a la cruz (ALTC), profundidad del cuerpo (PROFC), profundidad del talón (PROFT), vista lateral de patas posteriores (VLPP), profundidad de la ubre (SMPROF) y textura de ubre (TEX) sobre duración de vida productiva en ganado Holstein de México.

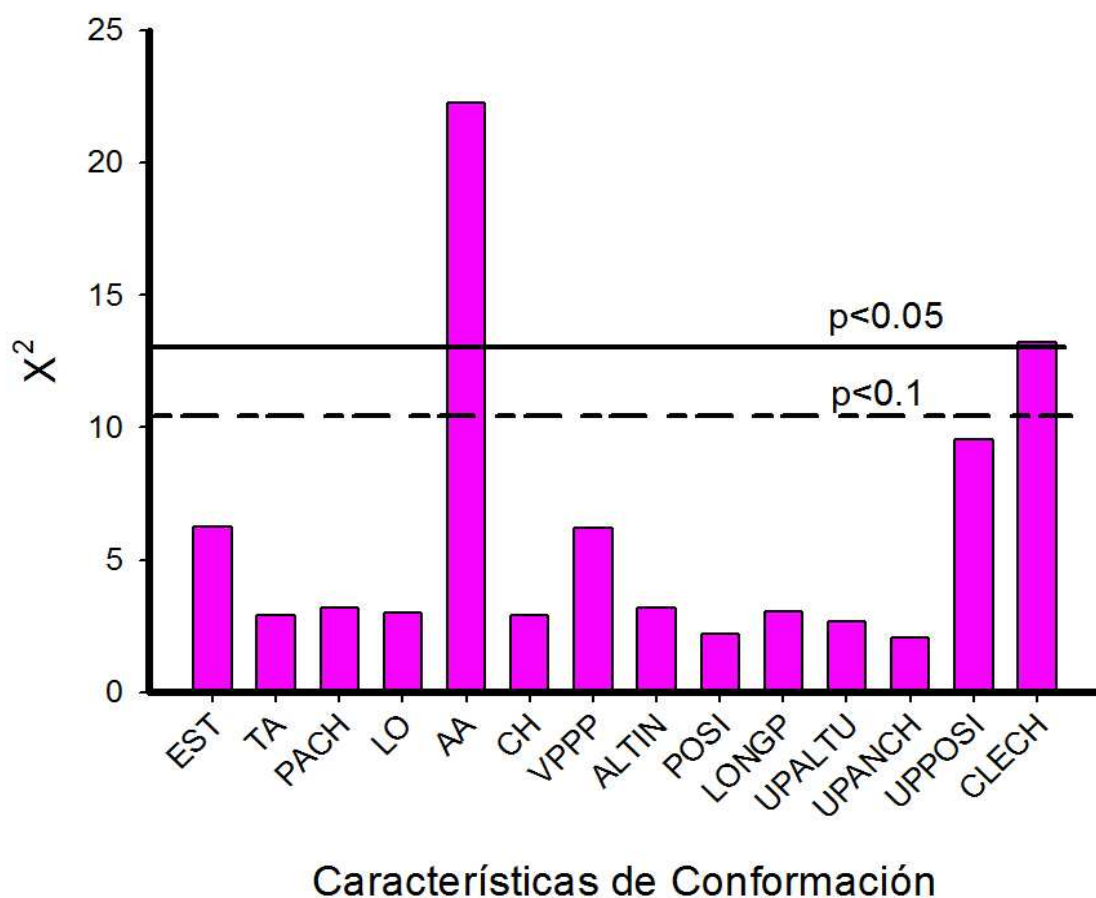


Figura 7. Contribución a la función de verosimilitud (X^2) del fenotipo ajustado para la características con 6 grados de libertad ($p < 0.1$) y ($p < 0.05$); estatura (EST), tamaño (TA), anchura de pecho (PACH), fortaleza de lomo (LO), anchura de anca (AA), vista posterior de patas posteriores (VPPP), inserción de ubre anterior (ALTIN) posición de pezones anteriores (POSI), longitud de pezones (LONGP), altura de inserción de ubre posterior (UPALTU), anchura de inserción de ubre posterior (UPANCH), posición de pezones posteriores (UPPOSI) y carácter lechero (CLECH) sobre duración de vida productiva en ganado Holstein de México.

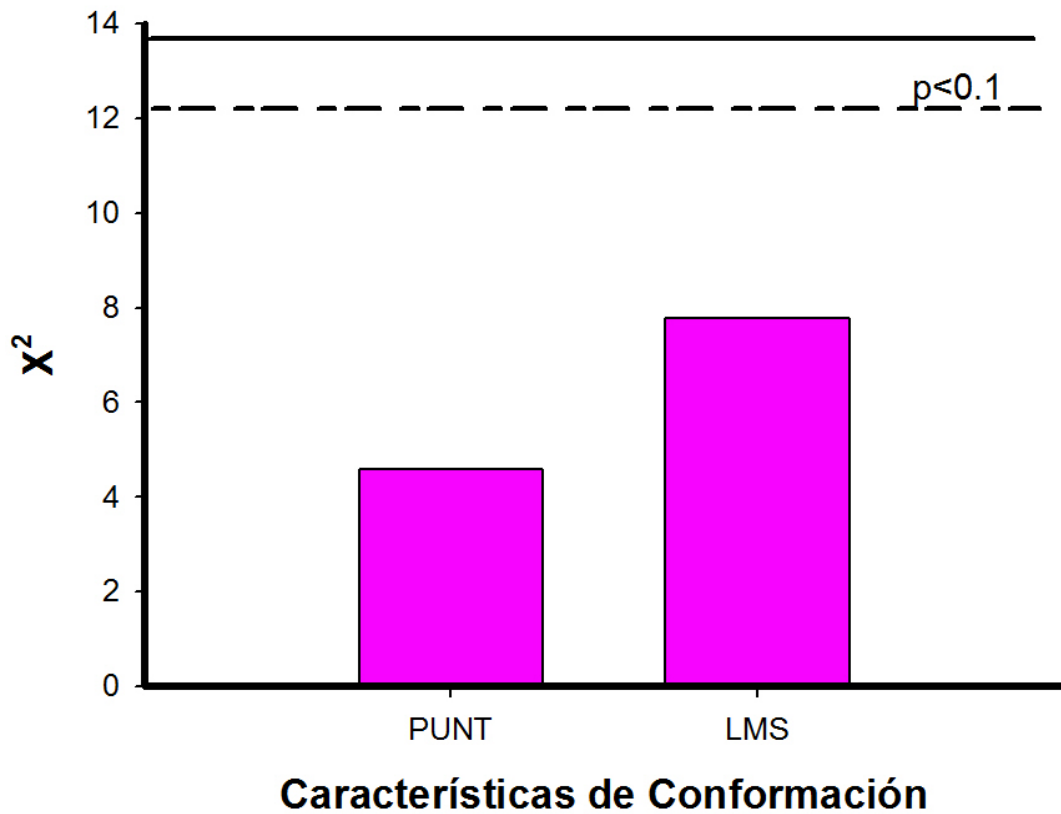


Figura 8. Contribución a la función de verosimilitud (X^2) del fenotipo ajustado para las características con 7 grados de libertad ($p < 0.1$) y ($p < 0.05$); inclinación del anca (PUNT) y ligamento medio suspensorio (LMS) sobre duración de vida productiva en ganado Holstein de México.

El riesgo relativo de desecho de los animales asociado a las diferentes calificaciones de las características de conformación que resultaron significativas en el modelo, se encuentran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Riesgo relativo de desecho por calificación de las características de conformación que resultaron significativas con el análisis de supervivencia para la explicación de duración de vida productiva (DVP): anchura del anca (AA), vista lateral de patas posteriores (VLPP), profundidad del cuerpo (PROFC), textura de la ubre (TEX) y carácter lechero (CLECH).

CALIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA DE CONFORMACIÓN				
	AA	VLPP	PROFC	TEX	CLECH
3	1	1.344	1	1.125	1.066
4	1.019	1.186	0.89	1.146	1
5	0.862	1.053	0.934	1.188	1.055
6	0.767	1.153	1.004	1.062	1.068
7	0.761	1.126	1.085	1	0.964
8	0.75	1	1.04	1.066	0.901
9	0.786				0.95

Los parámetros de la distribución Weibull y genéticos del análisis de supervivencia de la población Holstein de México en estudio se obtuvieron con base en el modelo original más las 5 características de conformación que resultaron tener un efecto significativo sobre DVP (Cuadro 8).

Cuadro 8. Parámetros de la distribución Weibull y genéticos de la población Holstein de México utilizando un análisis de supervivencia.

Parámetros	Valores
ρ (fijo)	2
γ hato-año de parto	2.17
σ^2 semental	0.03
h^2 en escala logarítmica	0.076

La distribución de los valores genéticos del semental se muestra en la Figura 9, donde éstos tienden a distribuirse de manera normal. Los valores a la derecha de la gráfica (valores positivos), muestran una tendencia favorable para DVP mientras que los valores a la izquierda (valores negativos), fueron animales no favorables para la misma característica.

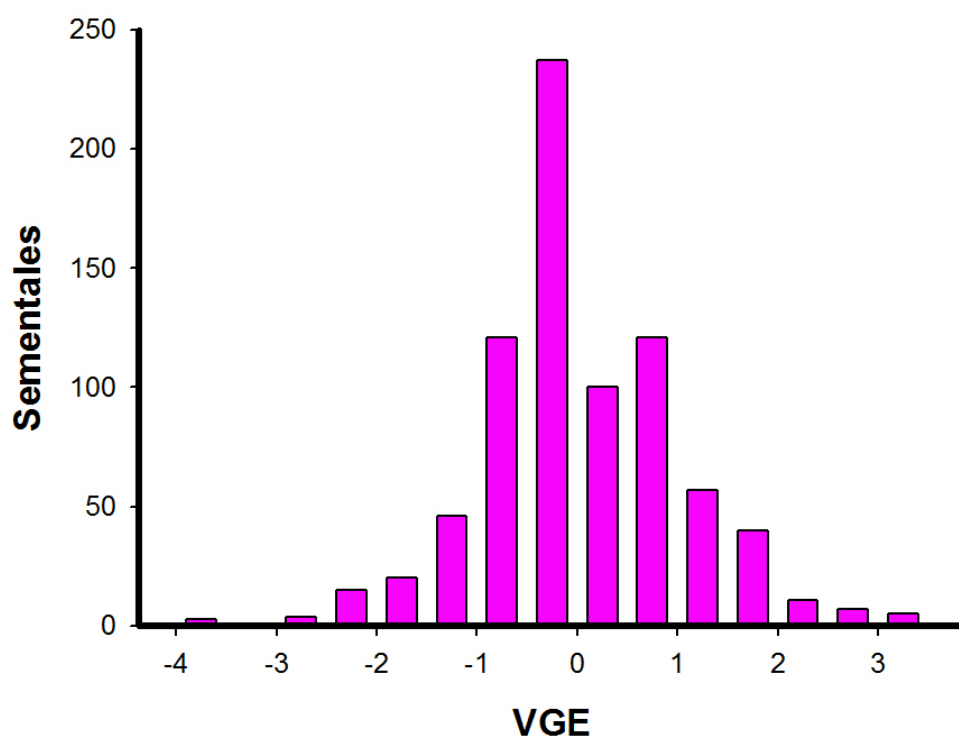


Figura 9. Distribución de los VGE (valores genéticos estimados) de los sementales de la población Holstein de México con hijas nacidas del 2000 al 2008.

La confiabilidad de los sementales para DVP osciló entre 0 y 84%, y sólo el 5.32% de los animales contaron con una confiabilidad mayor o igual a 50%. La confiabilidad de la estimación del VGE de los sementales se muestra en la Figura 10, donde se puede apreciar que a mayor número de hijas con observaciones completas se tiene mayor confiabilidad de la estimación de los VGE. Se encontró

una correlación del 86% entre la confiabilidad estimada a partir del número de hijas y el error de predicción asociado al valor genético. En la Figura 11, se puede observar la frecuencia de la confiabilidad a partir del 40%, observando que hay pocos sementales con estas confiabilidades.

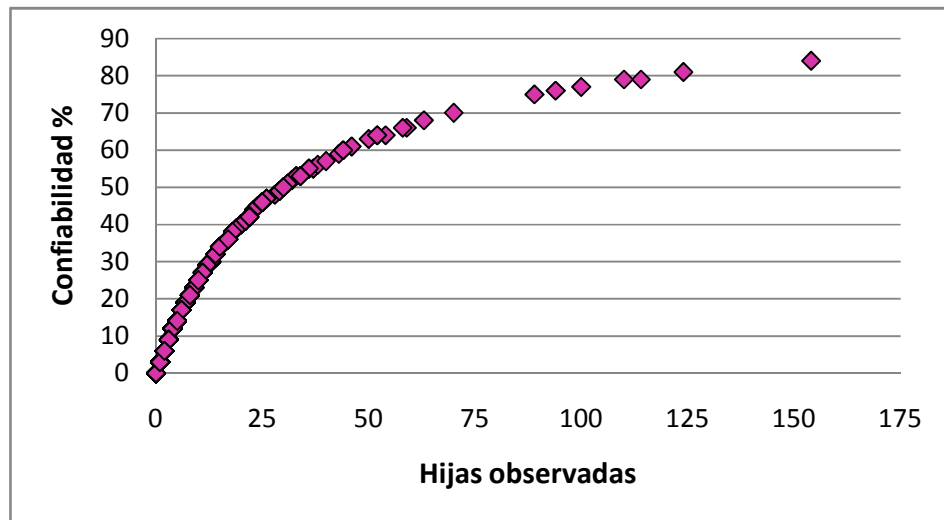


Figura 10. Confiabilidad de los sementales en función del número de hijas observadas.

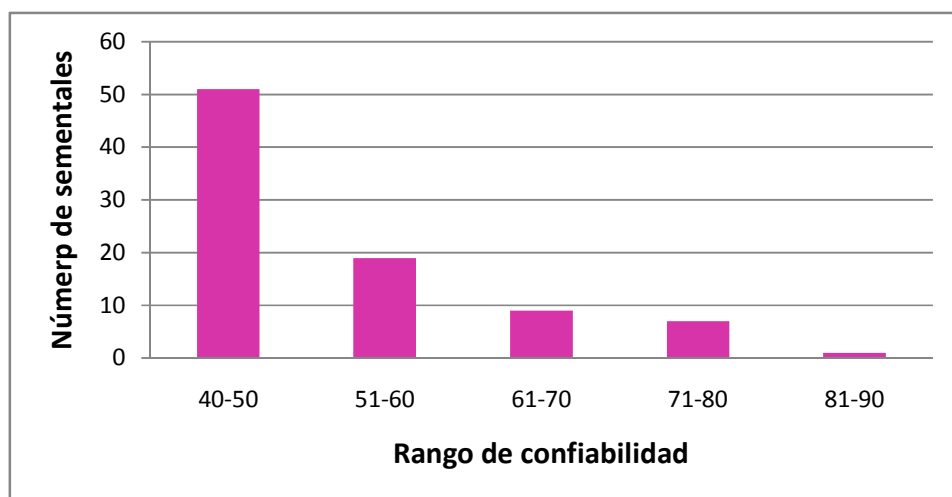


Figura 11. Distribución de los sementales con rangos de confiabilidad del 40% o más (701 sementales presentaron confiabilidades inferiores al 40%).

Los valores genéticos estimados (VGE) de los sementales nacidos entre 1990 y 2002 muestran un decremento por año de nacimiento del semental, de 1990 a 1992, se observa que los VGE tienen un aumento y posteriormente tienen una ligera disminución por año de nacimiento (Figura 12).

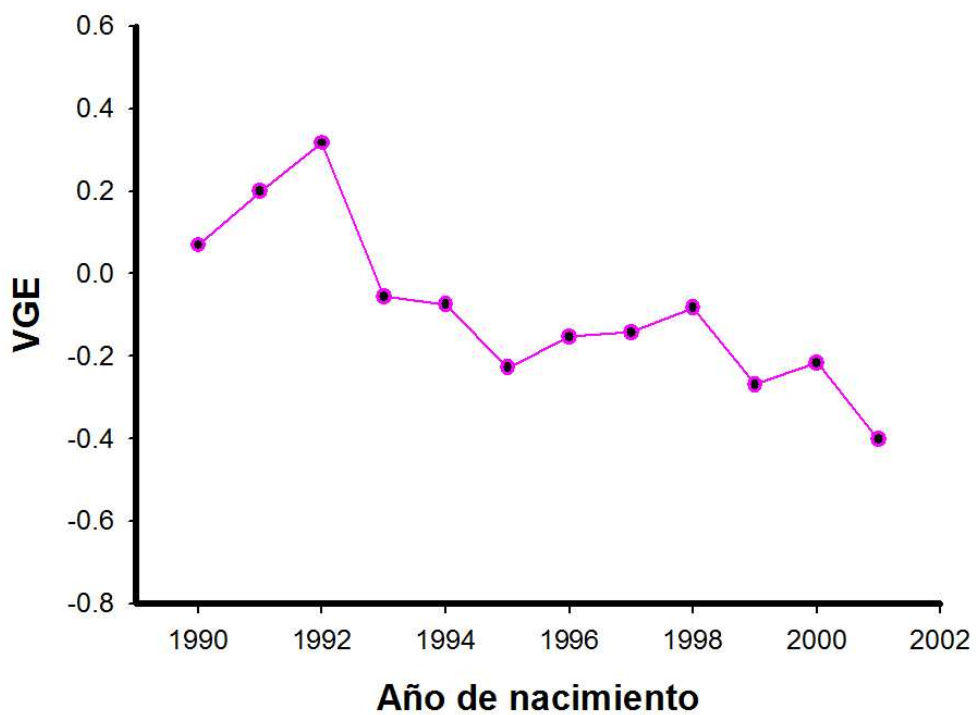


Figura 12. Tendencia genética para riesgo relativo de desecho de los sementales nacidos de 1990 al 2001 con hijas en la población Holstein de México.

DISCUSIÓN

La población bajo estudio presentó una media de 2.49 partos y una producción promedio de 24,755 kg de leche EM (Cuadro 5), en el periodo de vida productiva con una producción promedio por lactación de 9,941 kg EM. Resultados similares fueron encontrados en la misma población de 1990 a 1997 con promedios de producción de 9,797 kg EM (Valencia, *et al.* 2004).

En el presente trabajo, el 34% de la población no contaba con información completa de la DVP (Cuadro 5), es decir eran datos censurados, lo cual se encuentra dentro del rango de 19 a 74.4% que reportan otros trabajos que usaron la misma metodología (Büenger, *et al.* 2001; Ducrocq, 2005; Roxström, *et al.* 2003; Chirinos, *et al.* 2007; Sewalen, *et al.* 2004, Terawaki, *et al.* 2006).

Prueba gráfica del ajuste del modelo.

En la Figura 1 podemos observar que en el presente estudio los datos se ajustaron correctamente a la distribución Weibull que se asumió de acuerdo con la prueba gráfica que menciona Kleinbaum(1996) al obtener una línea recta con pendiente cercana al valor de p de 2. Resultados de esta prueba gráfica fueron similares en otros estudios realizados por Roxström, *et al.* (2003) y Schneider, *et al.* (2005), Chirinos, *et al.* (2007).

Efectos incluidos en el modelo.

La contribución de las variables tiempo dependientes incluidas en el modelo (fase de lactación y nivel de producción), mostraron tener un efecto significativo ($p < 0.005$) sobre el riesgo relativo de desecho de los animales, así como la edad al primer parto; ésta última con una menor contribución a la función de verosimilitud que las variables tiempo dependientes (Cuadro 6). El factor que muestra la mayor contribución en la función de verosimilitud fue la fase de la lactación, seguida del

nivel de producción. Resultados similares fueron encontrados en estudios realizados por Vukasinovic, *et al.* (1999), Vukasinovic, *et al.* (2001), Chirinos, *et al.* (2007). Al igual que en la población de estudio, en otras poblaciones (Vukasinovic, 1999; Chirinos *et al.* 2007) se ha observado que la edad al primer parto no tiene una tendencia clara que explique el riesgo relativo de desecho de los animales.

El efecto de las fases dentro de cada lactación muestra que el riesgo relativo de desecho que los animales presentaron del día 1 al 29 en la primera lactación fue mayor que el de los días 30 al 249 y al acercarse el final de la primera lactación el riesgo aumentó notablemente. No fue así para las lactaciones 2, 3 y 4, donde el riesgo incrementó conforme se pasa de la fase 1 a la 2 y a la 3 (Figura 2). Estas tendencias del riesgo relativo de desecho coinciden con los resultados publicados por Dürr, *et al.* (1999); Vukasinovic, *et al.* (1999); Roxtrom, *et al.* (2003) y Terawaki, *et al.* (2006). El riesgo de desecho que se presenta al inicio de todas las lactaciones, y sobre todo al inicio de la primera podría estar asociado al desecho voluntario de vacas con bajas producciones de leche, problemas peri parto o problemas funcionales que se pudieron presentar (Dürr, *et al.* 1999; Terawaki, *et al.* 2006), mientras que el aumento del riesgo de ser eliminados al final de cada lactación se atribuye a que la mayoría de los animales son desechados cuando su producción de leche no es redituable y cuando además los animales no están gestantes (Dürr, *et al.* 1999; Vukasinovic, *et al.* 1999; Terawaki, *et al.* 2006).

Sin embargo, es importante destacar que en el ganado Holstein de México el riesgo de la fase 1 incrementó en cada una de las lactaciones, a partir de la segunda lactación, mientras que el riesgo de la fase 2 se mantuvo constante y el de la fase 3 disminuyó en cada una de las lactaciones (Figura 2), tendencias que no coinciden con los resultados publicados por Ducrocq (1999); Terawaki, *et al.* (2006) y Chirinos, *et al.* (2007), quienes encontraron que el riesgo relativo de desecho tiende a incrementarse durante las lactaciones en cada una de sus fases. El cambio de la tendencia del riesgo relativo de desecho en cada una de las

lactaciones puede asociarse a que los animales en su primer parto tienden a experimentar una serie de cambios fisiológicos y anatómicos que no todos los animales son capaces de adaptarse, y si además, asociamos éstos cambios con el manejo y genotipo del animal, resulta una serie de problemas relacionados con la fertilidad, salud de la ubre, problemas metabólicos, etc. y que por el estrés que ocasiona toda la serie de cambios antes mencionados, las vacas no queden gestantes durante la lactación y que el ganadero decida eliminarlas. Se considera que existe mayor riesgo al final de la primera lactación porque es cuando los animales experimentan una serie de cambios mayor que en las lactaciones subsecuentes.

Estudios realizados por Strapák, *et al.* (2005) mostraron que existe una correlación negativa entre producción de leche y DVP, lo que ayuda a explicar el riesgo relativo de desecho que se encontró en la población de estudio por nivel de producción estandarizada dentro de cada hato, observando que los animales con un bajo nivel de producción (1), tienen 12.6 veces más posibilidades de ser desechados que los animales con los niveles de producción que tienen riesgos más bajos (6 y 7), lo que concuerda con otros estudios (Ducrocq, 1997; Vukasinovic, *et al.* 1999; Pasman & Reinhardt, 1999; Terawaki, *et al.* 2006; Weigel, *et al.* 2003). El alto riesgo de desecho que tienen los animales con niveles de producción más bajos puede deberse a que el ganadero tiende a eliminar de manera voluntaria a los animales que le están produciendo menos, o que esa baja producción sea consecuencia de problemas de salud. En la Figura 3 podemos observar que no existe una tendencia decreciente en el riesgo conforme aumenta el nivel de producción, ya que a partir del nivel 8, el riesgo incrementa ligeramente; atribuyéndose al estrés al que son sometidas las vacas (Weigel, *et al.* 2003). Una de las posibles causas por las que el riesgo no fue mayor en los niveles de producción más altos (9 y 10) puede asociarse al trato preferencial (relacionado con los cuidados especiales que se les proporciona a los animales élite de cada

establo, medicamentos que se les administran, instalaciones de alojamiento, etc.) que tienen los animales más productores dentro de cada hato.

La edad al primer parto fue el efecto que contribuyó menos en la predicción del riesgo relativo de desecho comparado con los otros efectos incluidos en el primer modelo, lo que resulta similar a los resultados encontrados en otros trabajos (Ducrocq, 1994; Vukasinovic, *et al.* 1999; Chirinos, *et al.* 2007). Además, es importante destacar que no se aprecia una tendencia clara en el cambio de riesgo por edad al primer parto. Los riesgos de desecho que se muestran en la Figura 4 para las edades al primer parto de 19 y 20 meses no se considerarán para interpretar la tendencia del riesgo relativo de desecho para este factor, debido a que cuentan con muy pocas observaciones por cada clase (59 y 24 animales respectivamente). En los meses del 21 al 30 sólo se puede observar un ligero decremento del riesgo en los animales con edad al primer parto entre los 24 y 26 (Figura 4).

Otras investigaciones (Boettcher, *et al.* 1997; Vollema & Groen, 1998a; Dürr, *et al.* 1999; Ducrocq, 2005) concluyeron que la edad al primer parto ayuda a predecir el riesgo de desecho de los animales, tendiendo a aumentar a una mayor edad al primer parto.

Características de conformación.

Estudios realizados en la población Holstein de México (Valencia, *et al.* 2008) utilizando información de animales con calificación de 1994 a 1998 y usando un modelo lineal, concluyeron que características como profundidad de la ubre y vista lateral de patas posteriores fueron las que tuvieron mayor correlación genética con habilidad de permanencia a los 48 meses (HP48). La HP48 se ha usado como indicador de longevidad expresando la posibilidad de un animal para permanecer en el hato a un tiempo determinado.

En este estudio, las características de conformación: AA, VLPP, CLECH, PROFC y TEX resultaron ser las que más ayudaron a describir la DVP de los animales en la población bajo estudio (Figuras 5, 6, 7 y 8); mientras que en otras poblaciones las que tuvieron mayor relación con DVP fueron profundidad de la ubre, posición de pezones, altura de inserción y longitud de pezones (Boettcher, *et al.* 1997; Ducrocq, 1997; Vollema & Groen, 1998b; Larroque & Ducrocq, 2001; Buenguer, *et al.* 2001; Vukasinovic, *et al.* 2002; Caraviello, *et al.* 2004, Sewalem, *et al.* 2004; Strapák, *et al.* 2005; Chirinos, *et al.* 2005).

La variable AA de este estudio resultó tener mayor impacto sobre DVP; aunque Caraviello, *et al.* (2004) concluyó que AA y ESTAT tienen un impacto mínimo sobre DVP. El riesgo de desecho por calificación se encuentra en el Cuadro 7, donde podemos observar que el mayor riesgo relativo de desecho se encuentra en los animales con calificación más baja, encontrando menor riesgo en los animales con calificación de 8 y los animales con 9 incrementa el riesgo ligeramente. Resultados similares en las tendencias de riesgo fueron encontrados por Caraviello, *et al.* (2004) y Sewalem, *et al.* (2004).

VLPP es una característica de interés que muestra gran influencia sobre DVP; encontrando que el menor riesgo se encuentra en el óptimo que se cita en la literatura (World Holstein Friesian Federation), mientras que las calificaciones menores que 5 tienden a aumentar el riesgo y las calificaciones mayores que 5 no muestran una tendencia clara en el riesgo de desecho (Cuadro 7), resultados similares fueron encontrados por Chirinos, *et al.* (2005) y Caraviello, *et al.* (2004).

Sewalem, *et al.* (2004) concluyeron que entre otras características, TEX ayuda a predecir de manera importante la DVP, encontrando menor riesgo de desecho a mayor calificación en la población de estudio; sin embargo, en nuestra población de estudio no se observó una tendencia de desecho clara (Cuadro 7) como en los estudios citados.

Sewalem, *et al.* (2004) concluyeron al igual que en nuestro estudio que entre otras características, PROFCA mostró influencia en la explicación de DVP. Pero en la población de estudio no se observó una tendencia clara en el desecho de los animales por calificación; resultados similares fueron encontrados por Chirinos, *et al.* (2005).

En el presente trabajo, también CLECH es importante para predecir DVP, parecido a resultados presentados por Chirinos *et al.* (2005), pero en la población de estudio al igual que TEX y PROFCA, no mostraron una tendencia clara en el desecho de los animales por calificación al igual que resultados presentados por Caraviello, *et al.* (2004), pero no mostrándose así en otros estudios realizados (Sewalem, *et al.* 2004).

Estimación de parámetros.

Existen diferentes estimaciones de los parámetros de la distribución de Weibull utilizados en el análisis de DVP. Los valores estimados para p varían de 0.36 a 5 (Vukasinovic, *et al.* 1999; Boettcher, *et al.* 1997; Røxtrom, *et al.* 2003; Sewalem, *et al.* 2004; Caraviello, *et al.* 2004; Schneider, *et al.* 2005; Chirinos, *et al.* 2007); sin embargo en otros trabajos (Buenguer, *et al.* 2001; Ducrocq V. 2005) han utilizado un valor fijo de p de 1 y 2, respectivamente, por lo que en el presente trabajo se fijó el valor a 2 (Cuadro 8). El valor fijo de 2 indica que el riesgo de desecho incrementa, y se puede observar en la forma de la curva de supervivencia (Ducrocq, 1994). Este es un parámetro de escala y cuando lo fijamos a 2, nos permite comparar mejor los resultados con trabajos que hayan tenido valores similares o iguales.

El parámetro Gamma corresponde a la varianza dentro de cada hato – año y un valor mayor que 1 indica que existe heterogeneidad en las prácticas de desecho de los ganaderos (Ducrocq, 1994). En este estudio el valor de Gamma fue de 2.17

(Cuadro 8), resultado que concuerda con otras investigaciones (Ducrocq, 1999; Boettcher, *et al.* 1997; Dürr, *et al.* 1999; Vukasinovic, *et al.* 2001).

La varianza del semental es un parámetro de gran importancia que nos permite observar la variabilidad que existe entre la estimación del riesgo de las hijas, que es atribuible al semental (Ducrocq, 1994) y además es indispensable su cálculo para estimar las heredabilidades; el valor encontrado en la población de estudio, fue de 0.03 (Cuadro 8), encontrándose dentro del rango (de 0.012 a 0.052) que se ha reportando (Ducrocq, 1997; Dürr, *et al.* 1999; Vukasinovic, *et al.* 1999; Buenguer, *et al.* 2001; Roxström, *et al.* 2003; Sewalem, *et al.* 2004; Schneider, *et al.* 2005; Ducrocq, 2005; Chirinos, 2007).

Las heredabilidades reportadas en estudios utilizando el análisis de supervivencia para DVP en su escala logarítmica y real varían en un rango de 0.022 a 0.11 y de 0.038 a 0.22 respectivamente (Ducrocq, 1997; Vollema & Groen, 1998b; Ducrocq, *et al.* 1998a; Vukasinovic, *et al.* 1999; Dürr, *et al.* 1999; Buenguer, *et al.* 2001; Roxstrom, *et al.* 2003; Schneider, *et al.* 2005; Ducrocq, 2005; Chirinos, *et al.* 2007) por lo que los valores encontrados en la población Holstein de México se encuentran dentro de los rangos de otros trabajos, con un valor de 0.076 para la heredabilidad logarítmica y de 0.135 para la real (Cuadro 8).

Los valores obtenidos en el presente estudio para cada uno de los parámetros de la distribución Weibull y genéticos para DVP se encuentran dentro de los rangos que reportan otros trabajos utilizando la misma metodología; por lo anterior, se asume que la metodología y variables utilizadas fueron apropiadas para el trabajo realizado.

Publicación del Valor Genético de DVP.

En los países donde se realizan las evaluaciones genéticas para DVP utilizando el análisis de supervivencia, como lo son España, Alemania y Francia, se publican los valores genéticos estandarizados (Interbull, 2010) al igual que los resultados que se presentan en este estudio; donde los valores genéticos positivos indican mayor habilidad de las hijas de los sementales para permanecer en el hato y con esto incrementar su DVP respecto a los animales con valores menores o negativos.

La distribución de los VGE para DVP en la población Holstein de México presentó una forma acampanada (Figura 9), lo que indica que existen diferencias entre los sementales y por lo tanto aún resulta posible mejorar ésta característica a través de la elección de los sementales que se encuentran con VGE positivos.

A la vez, es importante destacar que la confiabilidad de los VGE para los sementales de la población en estudio varió entre 0 y 84%; la gran variabilidad entre la confiabilidad encontrada se debe a que se calcula en relación al número de hijas con observaciones completas y no a través del número total de hijas (Figura 10), lo que presenta una desventaja para la población en estudio, ya que a pesar de tomar en cuenta los datos no completos para la estimación del VGE no es así para estimar la confiabilidad de los mismos. Lo anterior, puede representar una desventaja para los sementales jóvenes que aunque tengan muchas hijas con vida, su confiabilidad es muy baja, por lo que se sugiere desarrollar una metodología para estimar la confiabilidad a través del error estándar asociado a cada semental, ya que la correlación que existe entre el error de estimación y la precisión es alta (86%).

La selección en México y en el mundo se enfocó por muchos años al mejoramiento de producción de leche, y no se consideraban otros factores como fertilidad, componentes, salud, conformación o longevidad

En la Figura 12, se aprecia que los VGE para DVP de los sementales usados en la población Holstein de México que nacieron de 1990 a 1992 mejoraron sus tendencias para DVP; no siendo así para los años de 1993 a 2001, donde puede apreciar una disminución de los VGE para mejorar la DVP de los animales en la población de estudio. Esto se puede asociar a que los ganaderos han seleccionado a sus animales para mejorar otras características diferentes de longevidad; además es importante señalar que en México no se habían publicado las evaluaciones genéticas para DVP, lo que implica que el ganadero desconocía el valor genético de los sementales para mejorar esta característica y usaba los sementales que le ayudaran a mejorar las deficiencias que en ese momento detectaba en su hato, y aunque detectara que la corta vida de los animales era un problema, no contaba con las herramientas para poder disminuirlo.

CONCLUSIONES

El análisis de supervivencia bajo una distribución Weibull y el modelo utilizado en el presente trabajo resultan ser adecuados para representar la DVP del ganado Holstein en México. La heredabilidad de DVP en ganado Holstein en México en la escala real fue de 13.5%.

Anchura de Anca, Vista Lateral de Patas Posteriores, Carácter Lechero, Profundidad de Cuerpo y Textura de ubre fueron las características de conformación que tuvieron mayor aportación en la predicción de DVP, por lo que se recomienda su inclusión en el modelo para las evaluaciones genéticas de DVP.

REFERENCIAS

1. Asociación Holstein Canadá, 2008. Movie of Functional Conformation of Dairy cattle.
2. Boettcher P. Jairath L. Koots K. & Dekkers J. 1997. Effects of Interaction Between Type and Milk Production on Survival Traits of Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci* 80(11): 2984 – 2995.
3. Buenger A. Ducrocq V. & Swalve H. 2001. Analysis of survival in dairy cows with supplementary data on type scores and housing systems from a region on northwest Germany. *J. Dairy Sci.* 84: 1531–1541.
4. Burnside E B. McClintock A E & Hammond K. 1984. Type, production and longevity in dairy cattle: a review. *Anim Breed. Abstr.* 52: 711 – 719.
5. 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. *J. Dairy Sci* 87: 2677 – 2686.
6. Chirinos Z. 2003. Desarrollo de un Sistema de Valoración Genética para la Longevidad en Ganado Frisón Español. Tesis Doctoral. Departamento de Producción animal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.
7. Chirinos Z. Hernández D & Carabaño M J. 2005. Relación entre características de tipo y longevidad en ganado Frisón utilizando técnicas de análisis de supervivencia. *FCV-LUZ*, XV (3): 263 – 271.
8. Chirinos, Z., Carabaño, M.J., Hernandez, D. 2007. Genetic evaluation of length of productive life in the Spanish Holstein-Friesian population. Model validation and genetic parameters estimation. *Livestock Science* 106 (2007) 120–131.
9. Ducrocq V. Quaas R L. Pollak E J & Casella G. 1988. Length of productive life in dairy cows: Justification of a Weibull Model. *J. Dairy Sci.* 71: 3061 – 3070.
10. Ducrocq, V. 1994. Statistical analysis of length of productive life for dairy cows of the Normande breed. *J. Dairy Sci.* 77(3): 855 – 866.

11. Ducrocq V. & Casella G. 1996. A Bayesian analysis of mixed survival models. *Genet. Sel. Evol.* 28: 505 – 529.
12. Ducrocq, V. 1997. Survival analysis, a statistical tool for longevity data. 48th Annual Meeting of the European Association for Animal Production - 25- 28. August, Vienna, Austria.s.htm.
13. Ducrocq V & Sölkner J. 1998a. Implementation of a routine breeding value evaluation for longevity of dairy cows using survival Analysis techniques Proc. 6th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Armidale, Australia. 23: 359 – 362.
14. Ducrocq V. & Solkner J. 1998b. " The Survival Kit: A Fortran Package for the Analysis of Survival Data", Proceeding of the Sixth World Congress on Genetic Applied to Livestock Production, 22:51-52, Armidale: Animal Genetics an Breeding Unit.
15. Ducrocq, V., 1999. Two years of experience with the French genetic evaluation of dairy bull on production - adjusted longevity of their daughter. Proceedings of an International Workshop on EU Concerted Action for Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle (GIFT): Longevity. Jouyen- Josas, Francia. Interbull Bulletin, vol. 21, pp. 60–68. <http://wwwwinterbull.slu.se>.
16. Ducrocq V. 2001. Survival Analysis Applied to Animal Breeding and Epidemiology. Station .de Genetiqué Quantitative et Appliquée. Institut National de la Recherche Agronimique. Notas de Curso.
17. Ducrocq V. 2004. A Two – Step Procedure to get Animal Models Used For Genetic Evaluations on Length of productive life. Station de Génétique Quantitative et Appliquée, Département de Génétique Animale. Interbull. Disponible en: <http://www-interbull.slu.se/bulletins/framesida-pub.htm> Consultado: 23/02/2010.
18. Ducrocq V. 2005. An improved model for the French genetic evaluation of dairy bulls on length of productive life of their daughters. *Anim. Sci.* 80, 249 –256.

19. Dürr J W. Monardes H G. Cue R I. 1999. Genetic analysis of herd life in Quebec Holsteins using Weibull models. *J. Dairy Sci.*, 82: 2503 – 2513.
20. Famula, T.R., 1981. Exponential stayability model with censoring and covariates. *J. Dairy Sci.* 64, 538–545
21. Goddard M E. & Wiggans G R. 1999. Genetic Improvement of Dairy Cattle. *The Genetics Cattle*. Cap 18. CAB International. Eds. R. Fries and A. Ruvinsky.
22. Interbull. 2010. National GES information. Description of National Genetic Evaluation Systems for Dairy Cattle Traits as Applied in Different Interbull Member Countries. http://www.interbull.slu.se/national_ges_info2/framesida ge consultado en: 03/03/2010.
23. International Type Evaluation by World Holstein Friesian Federation. Disponible en: <http://www.whff.info/info/index.php>. Consultado 23/08/08.
24. Kleinbaum G D. 1996. *Statistics in the Health Sciences “Survival Analysis”*. Ed. Springer. Primera Edición. pp. 4 – 16.
25. Larroque H. & Ducrocq V. 1999. Phenotypic relationship between type and longevity in the Holstein breed. Disponible en: <http://www-interbull.slu.se/bulletins/framesida-pub.htm>. Consultado el 18/03/2010.
26. Larroque H & Ducrocq V. 2001. Relationship between type and longevity in the Holstein breed. *Genet. Sel. Evol.* 33: 39 – 59.
27. Lehenbahuer W T & Oltjen W J. 1998. Dairy cow culling strategies: making economical culling decisions. *J. Dairy Sci.* 81: 264-271.
28. Mark T. 2004. Applied Genetic Evaluations for Production and Functional Traits in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 87: 2641 – 2652.
29. Moro M J & Ruiz L F. 1998. Mejoramiento genético de características de conformación en ganado Holstein. *Veterinaria México*. 29(4): 385 – 398.
30. Moro M & Ruiz L. 1999. Estimación de parámetros genéticos para características de conformación en bovinos Holstein de México. *Técnica Pecuaria en México* 37(1): 41 – 53.

31. Pasma E. & Reinhardt F. 1999. Genetic Evaluation for Length of Productive Life of Holstein Cattle in Germany. Disponible en: <http://www-interbull.slu.se/bulletins/framesida-pub.htm>. Consultado el 23/02/2010.
32. Pérez N I & Ruiz L F. 1998. Estimación de parámetros genéticos para algunas características de conformación de ubre y puntos finales en ganado Holstein mexicano. *Técnica Pecuaria en México* 36(1): 25 – 34.
33. Pérez-Cabal M A. García C. González-Recio & Alenda R. 2006. Genetic and Phenotypic Relationship Among Locomotion Type Traits, Profit, Production Longevity, and Fertility in Spanish Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 89 : 1776 – 1783.
34. Powel R L. & Norman H D. 2006. Major Advances in Genetic Evaluation Techniques. *J. Dairy Sci.* 89: 1337 – 1348.
35. Rogers G W & Mc Daniel B T. 1988. The usefulness of selection for yield and functional type traits. *J. Dairy Sci.* 72: 187 – 193.
36. Roxström A. Ducrocq V. Strandberg E. 2003. Survival analysis of longevity in dairy cattle on a lactation basis. *Genet. Sel. Evol.* 35, 305 – 318.
37. Schneider M. Strandberg V. Ducrocq V. & Roth A. 2005. Survival Analysis Applied to Genetic Evaluation for Female Fertility in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 88(6): 2253 – 2259.
38. Sewalem A, Kistemaker G J, Miglior F & Van Doormal B J. 2004. Analysis of the Relationship Between Type Traits and Functional Survival in Canadian Holsteins Using a Weibull Proportional Hazards Model. *J. Dairy Sci.* 87: 3938 – 3946.
39. Smith S P & Allaire F R. 1986. Analysis of failure times measured on dairy cows: theoretical considerations in animal breeding. *J Dairy Sci.* 69: 217 – 227.
40. Smith S & Quaas R L. 1984. Productive lifespan of bull progeny groups: Failure time analysis. *J Dairy Sci.* 67: 2999 – 30007.

41. Strapáček P. Candráček J. & Aumann J. 2005. Relationship Between Longevity and selected production, reproduction and type traits. Czech J. Anim. Sci., 50 (1): 1– 6.
42. Sölkner J & Ducrocq V. 1999. The Survival Kit: a tool for analysis of survival data. Disponible en: <http://www-interbull.slu.se/bulletins/framesida-pub.htm>. Consultado el 23/02/2010.
43. Terawaki Y. Katsumi T. & Ducrocq V. 2006. Development of a Survival Model with Piecewise Weibull Baselines for the Analysis of Length of Productive Life of Holstein Cows in Japan. J. Dairy Sci. 89(10): 4058 – 4065.
44. Valencia M P, Ruiz L F, Montaldo V H. 2004. Estimación de Parámetros genéticos para Características de Longevidad y producción de Leche en Ganado Holstein de México. Interciencia Vol. 29 No. 1.
45. Valencia P M. & Montaldo V H. & Ruiz L F. 2008. Parámetros genéticos para características de conformación, habilidad de permanencia y producción de leche en ganado Holstein de México. Técnica Pecuaria en México 46(3): 235 – 248.
46. Vitela M I. Cruz V C & Ramos P M. 2004. Identificación de las causas de desecho en cinco establos lecheros de Aguascalientes, México. Técnica Pecuaria en México 42(3): 437- 444.
47. Vollema A R & Groen A F. 1998 a. Conformation traits in survival analysis of longevity in dairy cattle. Proc. 6th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Armidale, Australia. 23: 371 – 374.
48. Vollema A R & Groen A F. 1998 b. A comparison of breeding value predictors for longevity using a linear model and survival analysis. J. Dairy Sci. 81: 3315 – 332.
49. Vukasinovic N. Moll J & Künzi N. 1999. Genetic Evaluation for Length of Productive Life with Censored Record. J. Dairy Sci. 82: 2178 – 2185.

50. Vukasinovic, N., Moll, J., Casanova, L. 2001. Implementation of a routine genetic evaluation for longevity based on survival analysis techniques in dairy cattle populations in Switzerland. *J. Dairy Sci.* 84:2073–2080.
51. Vukasinovic N. Schleppe Y & Kunzi N. 2002. Using Conformation Traits to Improve Reliability of Genetic Evaluation for Herd Life Based on survival Analysis. *J. Dairy Sci.* 85: 1556 – 1562.
52. Weigel K. Palmer R. & Caraviello D. 2003. Investigation of Factors Affecting Voluntary and Involuntary Culling in Expanding Dairy Herds in Wisconsin using Survival Analysis. *J. Dairy Sci.* 86(4): 1482 – 1486.

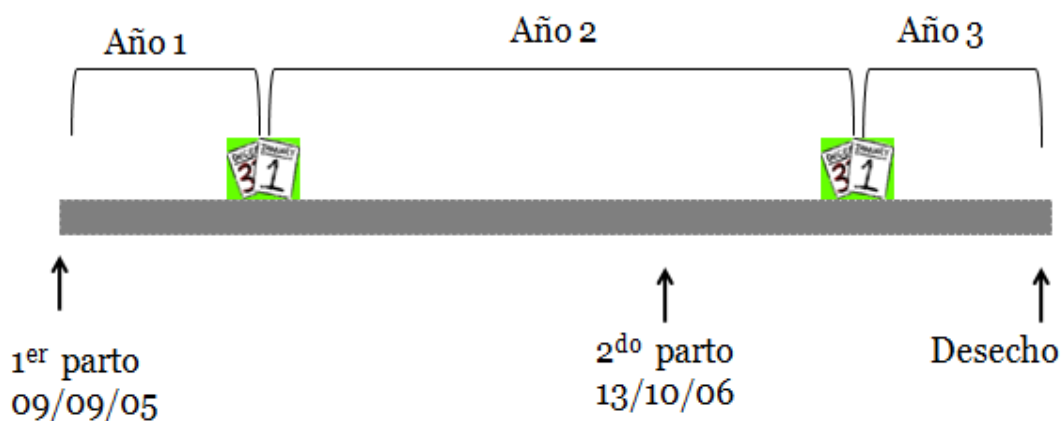
ANEXO 1.

Una variable tiempo dependiente es un efecto que se que se observa en la vida del animal y que cambia a través de la vida del animal.

Los tripletes ayudan a modelar los cambios que se presentan en la DVP y cada uno de ellos hace referencia a un cambio que indican las variables tiempo dependientes en la vida del animal. Un triplete consta de tres columnas; la primera hacen referencia a la posición en la columna donde se inicia la variable tiempo dependiente que se está modelando, la segunda hace referencia a los días en el que ocurre el cambio, y la última columna de cada triplete indica la fase, nivel de producción o hato año de parto al que realiza el cambio el animal.

Ejemplo: Tripletes creados para hato- año de parto para un animal con dos partos:

Hato 1



Se hace una codificación para cada hato-año de parto (en este ejemplo tomando los cambios en cada año calendario), y los tripletes se expresan de la siguiente manera:

Triplete A:	1	113	2
Triplete B:	2	313	2
Triplete C:	1	478	3

El Triplete A indica que el animal cambió al año-hato 2 a los 113 días de vida productiva (el uno de inicio se refiere a la variable tiempo dependiente que se está codificando, en este caso se le dio 1 al año-hato y 2 al número de parto). El Triplete B indica que al animal cambió a segundo parto a los 313 días de vida productiva (el dos de inicio se refiere a la segunda variable tiempo dependiente que en este ejemplo es el número de parto). El Triplete C indica que el animal cambió al año-hato 3 a los 478 días de vida productiva y el tiempo final de vida productiva estará dado por la diferencia en días entre la fecha de desecho y la fecha de primer parto.