

## Evaluación genética de la longevidad funcional medida en cada lactación en el ganado Holstein usando el modelo de Weibull

### Genetic evaluation of the functional longevity measured in each lactation of the Holstein cattle using the Weibull model

Zuleima Chirinos<sup>1\*</sup>, Delfino Hernández<sup>2</sup>, María Jesús Carabaño<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo. Venezuela

<sup>2</sup> Departamento Técnico CONAFE, Madrid. España

<sup>3</sup> Departamento de Mejora Genética Animal, INIA. Madrid. España

#### Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar la longevidad funcional (LF) medida en cada lactación en el ganado Holstein español usando el modelo de Weibull. Los datos fueron obtenidos de 48933 vacas Holstein-Friesian que parieron entre 1988 y 2000, con pedigrí de 10034 animales, 280 padres y 4450 abuelos maternos, distribuidas en 545 rebaños. Se consideró un modelo de riesgos proporcionales. La función de riesgo base fue definida para cada lactación en vez del análisis tradicional que contempla la vida productiva completa del animal. El modelo incluyó edad al primer parto (EP), número de lactación-estado de la lactación (NEL), cambio anual en el tamaño del rebaño (CTR), producción de leche (PL), grasa (PG) y proteína (PP). Los efectos de padre, abuelo materno y rebaño-año-época de parto (RAE) fueron aleatorios. La estimación no paramétrica de las funciones de riesgo demostraron que las curvas de riesgo base de diversas lactaciones poseían una forma similar, con una zona amplia que se solapaban entre ellas y de una tendencia leve de riesgos más bajos para la función que corresponde a la primera lactación y sugiere que el mejor ajuste de los datos fue obtenido cuando los estados de la lactación fueron de 0, 60, 180, 225, 280, 385 d después del parto. El modelo que consideró la longevidad en cada lactación fue mejor que un modelo con una única función de riesgo base. Las estimas de la heredabilidad en escala logarítmica y efectiva estuvieron alrededor de 3 y 6% y no se vio influenciada por el tipo de análisis realizado.

**Palabras clave:** Longevidad funcional, Análisis de supervivencia, Weibull.

#### Abstract

The objective of this study was to analyze the functional longevity (FL) measured in each lactation of the Holstein cattle using the Weibull model. Data were obtained from 48933 Spanish Holstein-Friesian cows that calved between 1988 and 2000, with information of pedigree of 10034 animals, 280 sires and 4450 maternal grandsires and distributed in 545 herds. The Analysis was performed using a proportional hazard model; the baseline hazard function was defined on a lactation basis instead of the traditional analysis of the whole length of life. The statistical model included the effects of age at first calving (AFC), lactation number-stage of lactation (NS), annual change in herd size (CHZ), milk (MY), fat (FY), and protein (PY) yield; the random effects of herd- year-season of calving, sire and maternal grandsire. The non parametric estimate of the hazard functions shows that the risk curves base corresponding to different lactations, show a very similar form, with ample zones of overlapping among them and a slight tendency of lower risks for the function of risk corresponding to the first lactation and suggest a best fit of the data was obtained when stages of lactation were chosen with cutpoints at 0, 60, 180, 225, 280, 385d after calving. Whatever the definition of stages of lactation, the piecewise Weibull baseline model was better than a unique baseline model. Log scale and effective heritability estimates were around 3 and 6 %, observing nearly no influence of the type of analysis.

**Key words:** Functional longevity, survival analysis, Weibull model.

---

<sup>1</sup> Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela. Apdo. correos 15205. E-mail: [zchirino@luz.edu.ve](mailto:zchirino@luz.edu.ve)

## Introducción

En muchos países de Europa, como España, se ha implementado en forma rutinaria la evaluación genética de los toros para el carácter longevidad funcional (LF), medida en sus hijas y utilizando técnicas de análisis de supervivencia (Chirinos *et al.*, 2002). Según se ha visto, el efecto lactación-estado de la lactación (NEL) es uno de los efectos que más contribuyen a explicar el riesgo de desecho de las vacas a lo largo de su vida productiva y su estimación presenta algunos problemas. De acuerdo con los resultados obtenidos en otras poblaciones (Ducrocq, 1987; Chirinos *et al.*, 2002), el patrón que se obtiene al graficar el riesgo base combinado con el efecto NEL indica que el riesgo de desecho aumenta a lo largo de la vida del animal en lactaciones sucesivas, con un patrón de riesgo bajo al comienzo de cada lactación, que va incrementando con los cambios en el estado de la lactación, con aumentos relativamente bruscos en el riesgo al pasar a las últimas clases de este efecto. Es decir, la forma regular que cabría esperar en el cambio de riesgo a lo largo de la lactación no es la observada, probablemente, por la definición arbitraria de intervalos y por el número limitado de los mismos. Para paliar estos problemas, Ducrocq (1999) sugiere una recodificación del registro de LF en base a la duración de cada lactación del animal (LFBL). Así, un animal tiene tantos registros LFBL como lactaciones, siendo el dato incompleto si el animal tiene una lactación posterior y completo o censurado si se trata de la última lactación registrada. La hipótesis es que un modelo en el cual la supervivencia sea considerada en cada lactación más que en toda la vida productiva del animal, daría lugar a una descripción mejor del factor NEL, entre y dentro de las lactancias (Roxström *et al.*, 2003). El objetivo de este estudio fue analizar la longevidad funcional (LF) medida en cada lactación en el ganado Holstein español usando el modelo de Weibull.

## Materiales y Métodos

Se han utilizado datos del control lechero oficial aportados por la Confederación de Asociaciones de Frisóna española (CONAFE). La medida de Longevidad Funcional (LF) fue obtenida mediante la corrección por producción lechera para cada animal, y fue calculada de dos maneras: tiempo transcurrido desde la fecha del primer parto hasta el desecho o fecha final del estudio (LF), y en cada lactación como el tiempo transcurrido desde un parto hasta el siguiente o hasta el desecho (LFBL). Se consideró datos completos cuando la diferencia entre la fecha del último registro de la vaca y el último registro del rebaño era superior a los 7 meses, del resto era censurado. Se utilizaron datos de 48933 vacas que parieron entre 1988 y 2000, con pedigrí de 10034 animales, 280 padres y 4450 abuelos maternos, y distribuidos en 545 rebaños. Los datos censurados fueron del 44,1% y 78,1% para LF y LFBL respectivamente.

Se realizó un análisis preliminar con el modelo de Cox para comprobar la validez del modelo de Weibull; decidir cómo manejar el efecto del estado de la lactación en el modelo de LFBL y ver si la estratificación para cada lactación se podía realizar. El modelo usado en el análisis de Cox fue igual que el descrito más abajo para Weibull, excepto para NEL porque no puede ser estimado en el modelo de Cox. Se probaron tres definiciones alternativas del efecto estado de la lactación, EL1(30, 60, 90, 180, 240 y 300 d), EL2 (0,280,385 d) y EL3 (0,30,60,90,180,240 y 385 d). Para LF y LFBL en cada lactación (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7+), se realizó un análisis no paramétrico Kaplan-Meier para estimar la función de supervivencia y de riesgo base asociada a los datos de LFBL al graficar  $\hat{S}(\tau)$  de la función de supervivencia. Se utilizó el -2Log-likelihood para comparar los modelos con diversos números de parámetros. El análisis fue realizado con el Survival Kit V3.12 (Ducrocq y Sölkner, 1998) a través del siguiente modelo:  $h(t; x_m, z_m) = h_0(t) \exp\{x'_m(t)\beta + z'_m\mu\}$ ; donde,  $h_0(t)$  función de riesgo base, asumida arbitrariamente en el modelo de Cox y asumida bajo la distribución de Weibull  $h_0(t) = \lambda\rho(\lambda t)^{\rho-1}$ , con los parámetros de forma,  $\rho$ , y escala,  $\lambda$ ,  $t$  es el tiempo en días desde el primer parto para FL y días desde el parto previo para LFBL.  $\beta$  contiene las covariables que cambian con el tiempo y que afectan al riesgo de desecho con  $x'_m(t)$  vector correspondiente del diseño,  $\mu$  es el vector de variables aleatorias asociadas con vector de incidencia  $z'_m$ . La heredabilidad original ( $h^2_b$ ) y en escala logarítmica ( $h^2_{\log T}$ ) fue calculada según Vollema, (1998) y la heredabilidad efectiva ( $h^2_{ef}$ ) según lo sugerido por Yazdi *et al.*, (2002).

## Resultados y Discusión

En la Figura 1, se muestra una estimación de la función de riesgo base obtenida a partir de la estima de la función de supervivencia mediante el método de Kaplan-Meier para los datos de LFBL cuando se considera las tres primeras lactaciones para un modelo con estratos coincidentes con el número de lactación. Las curvas de riesgo base correspondientes a lactaciones diferentes muestran una forma muy similar, con amplias zonas de solapamiento entre ellas y una ligera tendencia de riesgos más bajos para la función de riesgo correspondiente a la primera lactación. La forma de las funciones por estratos coincide también con la

forma de la función de riesgo obtenida cuando se asume una función de riesgo base común a todas las lactaciones, indicando que los puntos de cambio de riesgo según el estado de la lactación son similares para distintas lactaciones.

Al revisar el cambio del estadístico  $-2\log L$ , nos encontramos que, independientemente de la combinación utilizada, la recodificación en términos de LFBL ( $-2\log L$ : 410.845), proporciona en todos los casos una verosimilitud más alta que los modelos LF ( $-2\log L$ : 418.719), indicando que el modelo en base a lactaciones se ajusta mejor a los datos observados que el modelo en base al dato global de LF. Ducrocq (2002) y Roxtröm *et al.* (2003) encuentran también incrementos en la verosimilitud para los modelos sobre datos LFBL frente a los modelos sobre datos LF. Sin embargo, Roxtröm *et al.* (2003) encuentran que la ventaja de los modelos en base a LFBL depende de la definición de las clases del efecto estado de la lactación. En cuanto a las definiciones alternativas del efecto estado de la lactación, la que proporcionó un mejor ajuste fue la definición original, EL1 ( $-2\log L$ : 387.137), que incluía un mayor número de puntos de cambio. Las dos definiciones nuevas, EL2 ( $-2\log L$ : 397.058) y EL3 ( $-2\log L$ : 396.110), presentaron valores muy próximos. En el Cuadro 1 se presentan los valores para las varianzas de los efectos de grupo de comparación y genético, así como las estimas de la heredabilidad en las escalas logarítmica, observada y la heredabilidad efectiva para los modelos LF y LFBL. Las estimas de las varianzas fueron muy similares en ambos modelos, coincidiendo con lo hallado por Ducrocq (2002), si bien en ese estudio se encontró una estima ligeramente superior de la varianza genética en el modelo LF.

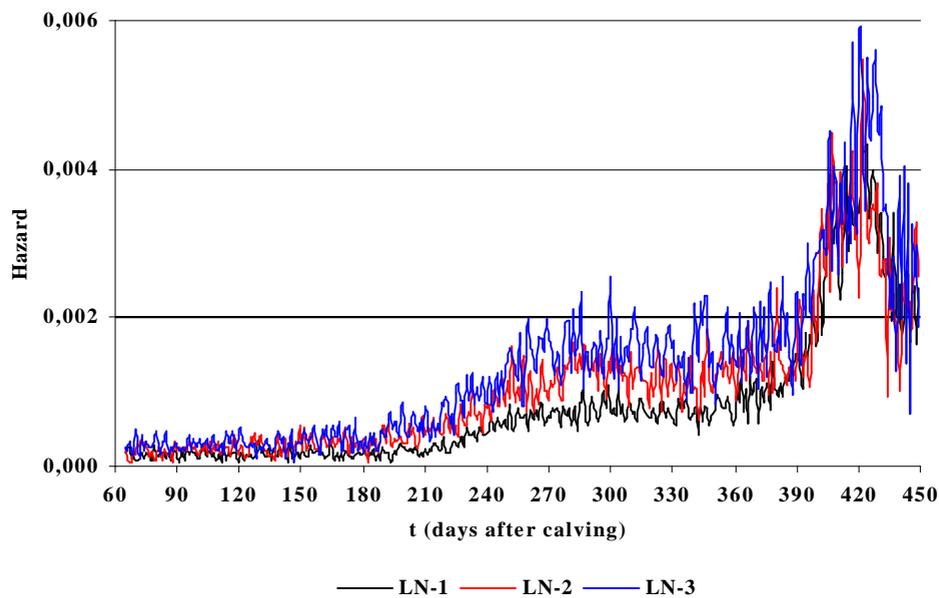


Figura 1. Función de riesgo base,  $h_0(t)$ , para las tres primeras lactaciones, estimada por el método de Kaplan-Meier para los datos LFBL.

Tabla 1. Parámetros genéticos estimados para LF y LFBL, asociados con el efecto del toro ( $\sigma^2_{uap}$ ) y heredabilidad en escala logarítmica ( $h^2_{\log T}$ ), original ( $h^2_o$ ) y heredabilidad efectiva ( $h^2_{ef}$ ).

Modelo	$\sigma^2_{uap}$	$h^2_{\log T}$	$h^2_o$	$h^2_{ef}$
LF	0,0159	0,0307	0,065	0,063
LFBL	0,0162	0,0311	0,087	0,064

### Literatura Citada

Chirinos, Z., Hernández, D; Carabaño, M.J. 2002. Longevity analysis in Spanish Holstein-Friesian cattle. Proc. 7<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production 32: 339-342

- Ducrocq, V.P. 1987. An analysis of length of productive life in dairy cattle. PhD Thesis, Cornell University, Ithaca, New York, USA.
- Ducrocq, V.P. 1999. Topics that may deserve further attention in survival analysis applied to dairy cattle breeding-some suggestions. Proceedings of an international workshop on EU concerted action for genetic improvement of functional traits in cattle (GIFT): Longevity. Jouy-en-Josas, Francia. *Interbull Bulletin* 21: 181-189.
- Ducrocq, V.P. 2002. A piecewise weibull mixed model for the analysis of length of productive life of dairy cows. *Proc. 7<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* 32: 505-508.
- Ducrocq, V.P. and Sölkner, J. 1998. The Survival Kit- a Fortran package for the analysis of survival data. *Proc. 6<sup>th</sup> WCGALP*. 27: 447-448.
- Roxström, A., Ducrocq, V., Strandberg, E. 2003. Survival analysis of longevity in dairy cattle on a lactation basis. *Genet. Sel. Evol.* 35: 305-318.
- Vollema, A.R. 1998. Longevity of dairy cows: a review of genetic variances and covariances with conformation. *Anim. Breed. Abstr.* 66: 781-802.
- Yazdi, M.H., Visscher, P.M., Ducrocq, V., Thompson, R. 2002. Heritability, reliability of genetic evaluations and response to selection in proportional hazard models. *J. Dairy Sci.* 85: 1563-1577.