

# Uso de curvas de vida para comparar la permanencia de vacas enfermas vs. la de vacas sanas en hatos lecheros

Feliciano Milián Suazo\*

Evaluar el efecto de una enfermedad en una población comparando grupos de animales enfermos con grupos de animales sanos en un periodo determinado generalmente es una tarea fácil. Por ejemplo, el efecto de las enfermedades sobre el desecho en vacas lecheras puede evaluarse calculando porcentajes de desecho a mediados o al final del periodo lactante. Sin embargo, en una comparación de este tipo se asume que el tiempo no modifica las tasas de desecho. En otras palabras, se supone que las probabilidades de desecho debido a enfermedades son las mismas durante toda la lactación, algo que no necesariamente es cierto. Cuando se representan gráficamente usando curvas las tasas de desecho de animales enfermos y las de animales sanos, ocurre que en algunos puntos intermedios las curvas pueden llegar a juntarse marcadamente, y en algunos casos incluso cruzarse. Empero, pueden diferir estadísticamente al final del periodo de estudio, con lo que no pocas veces se llega a conclusiones erróneas. De este modo, es común que en evaluaciones en puntos predefinidos en tiempo, se pierda la información sobre el comportamiento de los datos en puntos intermedios. En el caso del ganado lechero, es claro que algunas enfermedades causantes de desecho se presentan con mayor frecuencia al inicio de la lactación. Tal es el caso de la fiebre de leche y la cetosis, por mencionar algunas; otras son más frecuentes en etapas más avanzadas, como es el caso de la metritis y el desplazamiento de abomaso. Lo que demuestra que las probabilidades de desecho debido a enfermedades específicas no son constantes. Así, por ejemplo, se evalúa que el efecto de la mastitis sobre las tasas de desecho al final de la lactancia, sin considerar lo que ocurre al inicio de la misma, llevaría quizá a conclusiones sesgadas.

Las curvas de vida son una representación gráfica de la experiencia de sobrevivencia de individuos bajo observación por periodos dados. Estas curvas se derivan de un tipo de estudio epidemiológico conocido como "estudio de sobrevivencia", donde los individuos aportan cantidades variables de información por tener diferentes tiem-

pos de entrada y salida al estudio.<sup>11, 12</sup> Las curvas se elaboran calculando primero las probabilidades condicionales de que un evento de interés ocurra (el animal muera, sea desechado, etcétera), combinándolas después para obtener estimados de la probabilidad de que el evento de interés no ocurra (el animal no muera, no sea desechado, etcétera).<sup>2</sup> De esta manera, en las figuras se presentan las probabilidades de permanencia de las vacas en los establos hasta la semana "X + 1", dado que han padecido la enfermedad mencionada en la figura (condición), y lograron permanecer hasta la semana "X". Donde "X" representa un número cualquiera de semana dentro del rango comprendido en el estudio. Esta probabilidad es conocida como "fuerza de mortalidad" o "tasa de falla específica de edad".<sup>9, 10</sup> Los procedimientos para elaborar las curvas de sobrevivencia son ampliamente discutidos por varios autores.<sup>1, 6, 7, 8, 11</sup>

El objetivo de esta nota informativa es describir de manera sencilla y gráfica el efecto de algunas enfermedades sobre la permanencia de las vacas lecheras en los hatos y describir a la vez una técnica estadística usada con frecuencia en medicina humana, que puede ser de utilidad en estudios epidemiológicos en medicina veterinaria. Tal es el caso de las "curvas de sobrevivencia o curvas de vida".

La información aquí utilizada fue tomada directamente de las tarjetas de registro en cuatro ranchos comerciales durante 1988 a 1990. Dos ranchos con 1000 animales cada uno, y dos con 300 por hato. Se requería que los animales, de raza Holstein, tuvieran más de un parto y que hubiera registros de producción. Las enfermedades consideradas fueron diagnosticadas clínicamente por un médico veterinario. Para separar dos casos de mastitis debía haber entre ellos un lapso de al menos 15 días.

Para evaluar el efecto de las enfermedades, consideradas dentro de una variable dicótoma, todas las vacas fueron clasificadas en dos categorías: 1 = enfermas (vacas con alguna enfermedad durante la lactancia) y 0 = sanas (las que no sufrieron ningún tipo de enfermedad en la misma lactancia). De igual manera se clasificó a los animales en caso de haber sufrido o no mastitis, metritis, neumonía y tuberculosis (1 = mastitis, 0 = no mastitis y así sucesivamente).

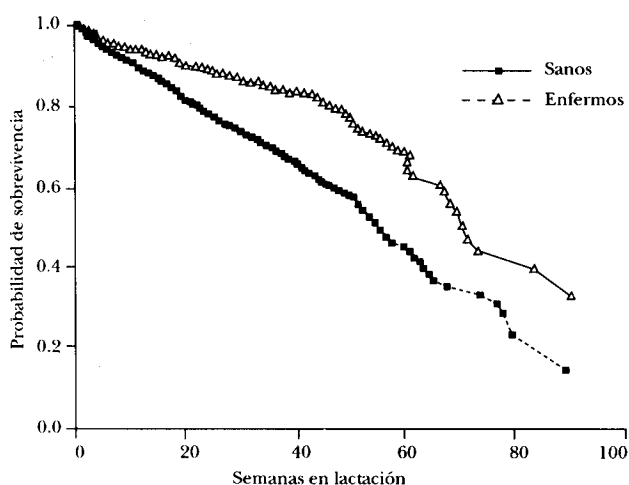
La variable "tiempo" fue semanas en lactancia, y la variable de respuesta fue desecho (1 = desecho y 0 = no

Recibido para su publicación el 29 de septiembre de 1993

\*INIFAP-Programa Nacional de Epidemiología. Campo Experimental Querétaro. Privada Las Campanas 208, Col. Las Campanas. 76010, Querétaro, Qro.

desecho). Para efectos de esta nota sólo se utilizó información de 2000 lactancias. Para determinar las tasas de supervivencia, tanto del grupo de enfermas como del grupo de sanas, se usó el programa de microcomputadora "KMSR".<sup>3</sup> Mencionado a menudo en la literatura.<sup>8</sup> Este paquete permite comparar las distribuciones de supervivencia de hasta seis categorías para una misma variable. Además, proporciona tres pruebas estadísticas para evaluar similitud de distribuciones (curvas).<sup>1</sup> Las probabilidades de supervivencia fueron graficadas en el programa "Cricket graph" de Macintosh.<sup>5</sup>

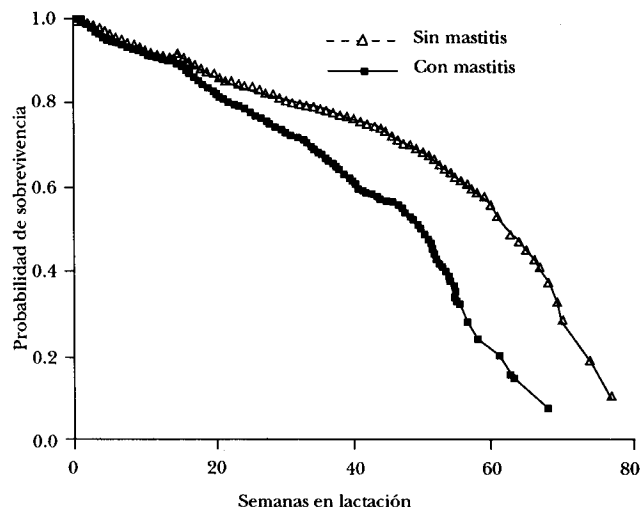
Se observa cómo la tasa de permanencia (supervivencia) para el grupo de animales con historia de enfermedad (enfermas) fue permanentemente menor que la del grupo de animales sanos a lo largo de todo el tiempo que duró el estudio (Cox-Mantel = 79,  $P < 1 \times 10^{-6}$ ; Figura 1). Las probabilidades de desecho para vacas enfermas fueron mayores entre la semana 30 y la 50, casi al final de la lactancia. La tasa de densidad de desecho TDD (número de desechos/animales en riesgo\* tiempo) para el grupo de enfermas fue de 0.0116 animales/semana, por 0.0052 del grupo de sanos. En otras palabras, la probabilidad de desecho en el grupo de enfermas fue de 1.2 vacas por semana por cada 100 animales, por sólo el 0.5% en el grupo de sanos.



**Figura 1.** Distribución de la probabilidad condicional de supervivencia por semana en lactación para el grupo de vacas sin historia de alguna enfermedad y el grupo que padeció al menos un caso durante el tiempo que duró el estudio

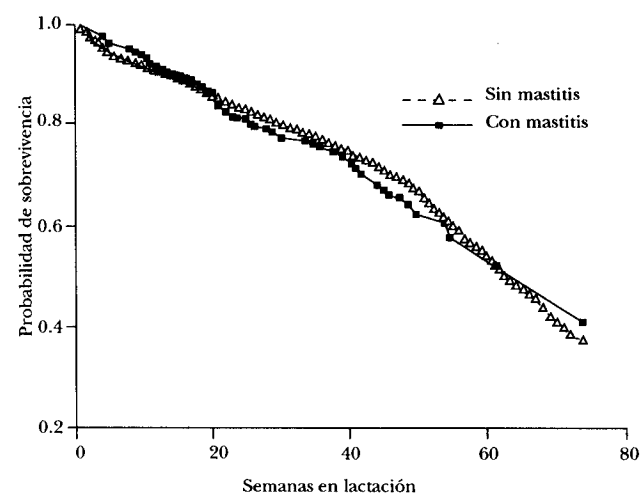
En la Figura 2 se observan las tasas de permanencia para vacas con historia de mastitis y las vacas libres de esta enfermedad. Hasta aproximadamente la semana 10, las vacas con mastitis mostraron ligeramente mayores tasas de supervivencia que aquellas sin mastitis; sin embargo, a partir de este punto las vacas enfermas mostraron continuamente tasas de supervivencia menores.

Para esta comparación de curvas la prueba de Cox-Mantel tuvo un valor de 34 ( $P < 1 \times 10^{-5}$ ), la TDD fue de 0.0127 y 0.0079, para el grupo de animales con mastitis y sin mastitis, respectivamente.



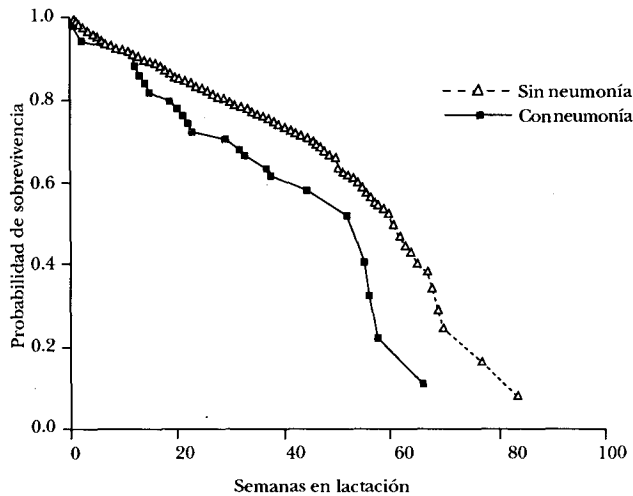
**Figura 2.** Distribución de la probabilidad condicional de supervivencia por semana en lactación para el grupo de vacas sin historia de mastitis y el grupo que padeció al menos un caso durante el tiempo que duró el estudio

Para el caso de metritis las expectativas de permanencia en el establo fueron muy similares entre el grupo de animales enfermos y el grupo de animales sanos (Figura 3). Estadísticamente la diferencia entre las curvas no fue significativa (Cox-Mantel = 0.26,  $P = 0.30$ ). Las tasas de densidad de desecho fueron de 0.0090 y 0.0084 para



**Figura 3.** Distribución de la probabilidad condicional de supervivencia por semana en lactación para el grupo de vacas que sufrió metritis y el grupo no que padeció ningún caso de metritis durante el tiempo que duró el estudio

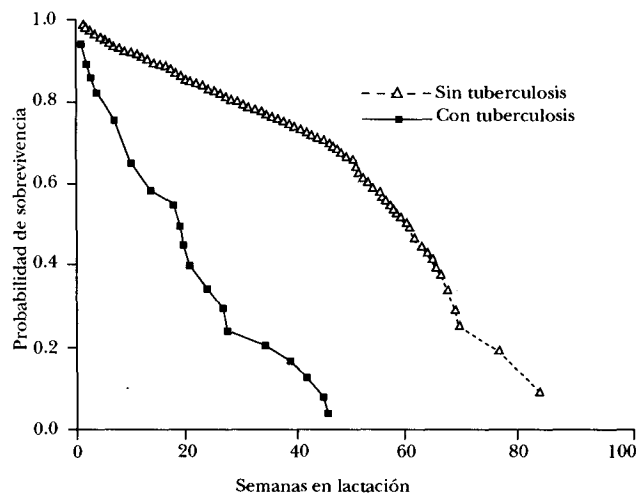
el grupo de metritis y el de no-metritis, respectivamente. Algo similar sucedió entre las tasas de permanencia experimentada por los animales que padecieron algún caso de neumonía (Figura 4) y aquellos que no la padecieron; sin embargo, en este caso sí hubo diferencia estadísticamente significativa (Cox-Mantel = 5,  $P = 0.01$ ). Los valores de TDD fueron de 0.0145 y 0.086 para enfermas y sanas, respectivamente.



**Figura 4.** Distribución de la probabilidad condicional de supervivencia por semana en lactación para el grupo de vacas sin registro de neumonía y el grupo que al menos tuvo un registro de esta enfermedad durante el tiempo que duró el estudio

En el caso de la tuberculosis, la diferencia gráfica y numérica entre las curvas de vida para el grupo de animales que padeció la enfermedad y el que no, resultó obvia (Figura 5). Conforme se avanza en la lactancia, las tasas de permanencia en el grupo de enfermos de tuberculosis se reducen notablemente, respecto a las tasas del grupo de animales que no padecen la enfermedad. Las TDD fueron de 0.0459 para el grupo con tuberculosis, y de 0.0085 para el grupo de no-tuberculosis; el valor para la prueba de Cox-Mantel fue de 104.8 con una  $P = 1 \times 10^{-5}$ .

De este método, con las figuras se muestra cómo las expectativas de vida productiva de vacas lecheras que experimentan algún tipo de enfermedad son menores, en algunos casos muchos menores, que aquellas que las de animales con registros sanitarios limpios. Por otro



**Figura 5.** Distribución de la probabilidad condicional de supervivencia por semana en lactación para el grupo de vacas sin registro de tuberculosis y el grupo de vacas que al menos tuvo un registro de esta enfermedad durante el tiempo que duró el estudio

lado, queda demostrado cómo las curvas de vida pueden ser una herramienta útil para evaluar gráfica y estadísticamente la importancia de los factores de salud sobre las expectativas de vida productiva de las vacas. Con base en estos resultados, mejorar las prácticas sanitarias de las exploraciones y también los sistemas de registro puede ayudar a prolongar la vida productiva de las vacas lecheras en los establos. Es del dominio común que al incrementar la permanencia de las vacas en los establos, se incrementan también las ganancias por vaca por año.

En la figura que corresponde a metritis se observa clara similitud entre las dos curvas. Ello demuestra que la metritis no es una enfermedad que por sí sola sea una causa importante de desecho, tal vez porque la mayoría de los casos responde a los tratamientos o porque su efecto sea importante sólo cuando se adhiere al de otros factores de riesgo presentes durante la lactancia.

En el caso de la tuberculosis, debe tomarse en cuenta que los animales diagnosticados afectados por esta enfermedad son inmediatamente separados del hato, por lo cual las curvas de permanencia son drásticamente diferentes.

Finalmente, es importante mencionar que las curvas de supervivencia determinadas con esta metodología, al igual que cualquier otro tipo de análisis estadístico, pueden en algunos casos no ser el tipo de análisis adecuado, sobre todo cuando existen factores de riesgo que además de las enfermedades afectan también el desecho o el evento de interés. En este caso podría mencionarse el número de parto o la edad de las vacas, la tasa de producción, diferencias en condiciones de manejo en los establos, etcétera, como posibles variables de confusión. En estos casos se tendría primero que controlar el efecto de dichos factores de confusión antes de comparar los efectos de las enfermedades, para esto se recomienda el análisis de regresión múltiple, utilizando el modelo de proporciones de riesgo de Cox<sup>4</sup>.

## Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of diseases such as mastitis, metritis, pneumonia and tuberculosis over life expectancy in dairy cattle by means of survival curve procedures. Statistical differences were found for survival experience in cows with mastitis ( $P < 0.00001$ ), pneumonia ( $P < 0.01$ ) and tuberculosis ( $P < 0.00001$ ), compared to healthy cows. However, no statistical difference was found between survival curves for cows affected by metritis and those not affected ( $P = 0.30$ ). The usefulness of survival curves for epidemiological studies in veterinary medicine is discussed.

## Literatura citada

1. Anderson, S., Auquier, A., Hauck, W.W., Oakes, D., Vandaele, W. and Weisberg, H.I.: *Statistical Methods for Comparative Studies*. John Wiley and Sons, New York, 1985.
2. Brown, B.B. and Hollander, M.: *Statistics: A Biomedical Introduction*. John Wiley and Sons, New York, 1977.

3. Campos, F.N. and Franco, E.L.: KMSURV: Univariate Survival Data Analysis in MS-DOS-Based Microcomputers. Manual del Usuario. *Ludwing, Institute for Cancer Research: Epidemiology and Biostatistics Unit, Sao Paulo, Brasil, 1985.*
4. Cox, D.R.: Regression models and life-tables. *J.R. Stat. Soc. Ser. B, 34: 187-202 (1972).*
5. Cricket Software: Cricket Graph. Version 1.2. *Cricket Software, Malvern, Philadelphia, 1987.*
6. Cuttler, S. and Ederer, F.: Maximum utilization of the life-table method in analysing survival. *J. Chronic Dis., 8: 699-712 (1958).*
7. Kalbfleisch, J.D. and Prentice, R.L.: The Statistical Analysis of Failure Data. *John Wiley and Sons, New York, 1979.*
8. Kaplan, E. and Meier, P.: Non-parametric estimation from incomplete observations. *J. Am. Stat. Ass., 53: 457-481 (1958).*
9. Lawrence, M.F., Furberg, D.C. and DeMets., L.D.: Fundamentals of Clinical Trials. 2nd ed. *PSG, Littleton, Massachussets, 1985.*
10. Miller Jr., R.G.: Survival Analysis. *John Wiley and Sons, New York, 1981.*
11. Peto, R., Pike, M.C., Armitage, P., Breslow, N.E., Cox, D.R., Howard, S.V., Mantel, N., McPherson, K., Peto, J. and Smith, P.G.: Design and analysis of randomized clinical trials requiring prolonged observations of each patient I. Introduction and design. *Br. J. Cancer., 34: 585-612 (1976).*
12. Peto, R., Pike, M.C., Armitage, P., Breslow, N.E., Cox, D.R., Howard, S.V., Mantel, N., McPherson, K., Peto, J. and Smith, P.G.: Design and analysis of randomized clinical trials requiring prolonged observations of each patient. II. Analysis and examples. *Br. J. Cancer, 35: 1-39 (1977).*