



Eliud Silva
Facultad de Ciencias Actuariales
jose.silva@anahuac.mx



Aram Ramos
Universidad La Salle, México
aram.ramos@ulsa.mx

INTRODUCCIÓN

Desde la formulación de modelos actuariales clásicos de mortalidad, Makeham (1867) y Thiele (1871), se identifica la presencia de la llamada *joroba de accidentes* –*curvatura que se presenta en edades jóvenes*–, principalmente en la población masculina. Este fenómeno se ha asociado a una sobremortalidad, hecho que se retoma en la propuesta de Heligman y Pollard (1980).

Se busca evidenciar, a través del modelo de Heligman y Pollard (1980), cómo la mortalidad en México ha sufrido cambios significativos desde el inicio de la llamada guerra contra el narcotráfico de 2006, en particular dentro de la *joroba de accidentes*.

MATERIAL Y MÉTODO

Con estadísticas vitales de mortalidad del INEGI para los años 1990 hasta 2015, se estiman tasas estandarizadas de mortalidad por sexo, considerando como población base la de 2015. Se ajusta el modelo de Heligman y Pollard de 9 parámetros para cada una de las series, mismo que está dado por

$$q_x = A(x+B)^C + De^{-E(\log x - \log F)^2} + \frac{GH^x}{1+KGH^x}$$

donde q_x es la probabilidad de morir durante un año de una persona a edad x , y los parámetros a estimar son A , B , C , D , E , F , G , H y K . La expresión consta de tres términos: el primero representa la caída rápida de la mortalidad infantil (A , B y C); el segundo ajusta la llamada *joroba de accidentes* y se distribuye como una distribución log-normal (D se refiere a la severidad de la *joroba* –cuanto mayor sea, mayor efecto tendrá sobre la mortalidad– E a la dispersión –cuanto mayor sea, menor dispersión– amplitud de la *joroba* y viceversa– y F a la localización de la *joroba* –es el máximo de la misma–). El último sumando se basa en la función Gompertz.

RESULTADOS

En 2015, se observa que la mortalidad masculina es 5 veces más severa que la femenina ($D_h = 0.0015$ vs $D_m = 0.0003$); en 1990, la relación era 3.75 ($D_h = 0.0015$ vs $D_m = 0.0004$). Se tiene una dispersión no muy lejana para 2015 ($E_h = 4.4482$ vs $E_m = 4.0752$). Sin embargo, llama la atención cómo se ha incrementado en función de 1990 ($E_h = 2.9551$ y $E_m = 0.9831$), pasando así de una razón de casi 3 veces a poco más de 1, es decir, casi una paridad. Este mismo parámetro para mujeres se ha incrementado poco más de 4 veces, en tanto que para los hombres 1.5 veces. El parámetro F ha presentado un rejuvenecimiento, pues de $F_h = 29.3075$ pasó a $F_h = 27.0370$ (poco más de 2 años) para el caso de los hombres, mientras que para las mujeres de $F_m = 32.6291$ a $F_m = 21.0913$ (¡más de 10 años!), y se tienen casi 6 años en los correspondientes máximos para 2015 ($F_h = 27.0370$ vs $F_m = 21.0913$); en 1990 era de 3.322 años ($F_h = 29.3075$ vs $F_m = 32.6291$).

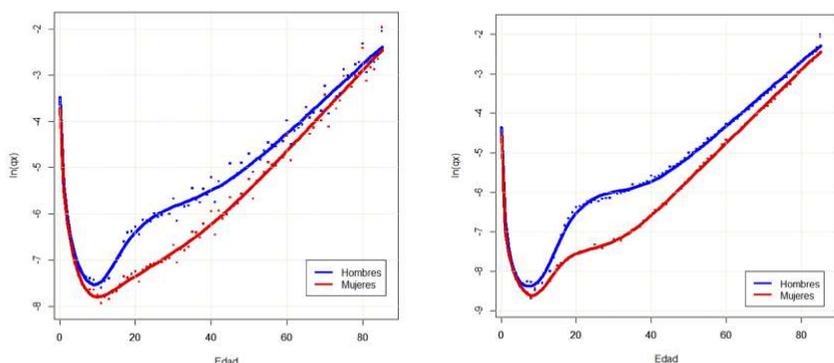


Figura 1. Ajuste del modelo Heligman y Pollard por sexo, 1990 y 2015

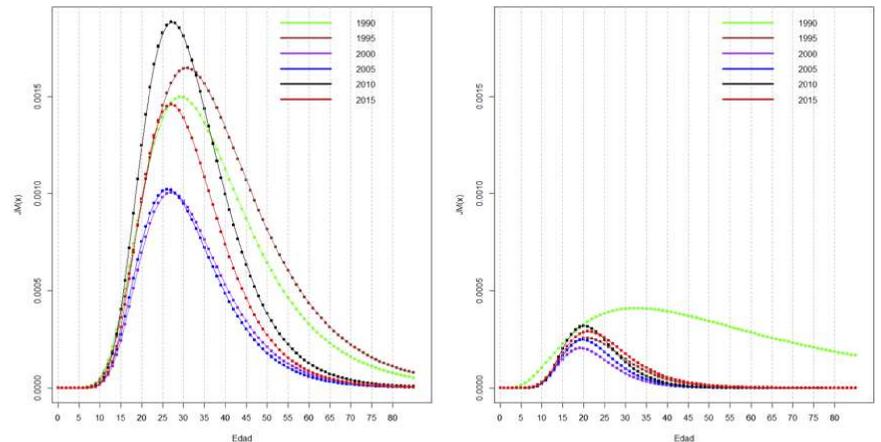


Figura 2. *Joroba de accidentes* para distintos, 1990 a 2015

Parámetro/Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015
A_h	0.0051	0.0024	0.0015	0.0015	0.0013	0.0013
B_h	0.1315	0.0692	0.0635	0.0822	0.0700	0.0999
C_h	0.2062	0.1737	0.1778	0.1786	0.1669	0.1839
D_h	0.0015	0.0016	0.001	0.001	0.0019	0.0015
E_h	2.9551	2.9521	4.1233	4.1866	4.3264	4.4482
F_h	29.3075	30.7056	26.9941	26.2316	27.2466	27.037
G_h	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
H_h	1.0803	1.0846	1.0799	1.0838	1.0867	1.0869
K_h	0	0	0	0	0	0
media residual	0.0005	0.0004	0.0002	0.0003	0.0001	0.0001
error estándar residual	0.06728	0.05236	0.04965	0.03909	0.0438	0.03925
A_m	0.0048	0.0022	0.0013	0.0012	0.001	0.0009
B_m	0.1670	0.0923	0.041	0.034	0.0274	0.0343
C_m	0.2017	0.1744	0.1427	0.1299	0.1218	0.1273
D_m	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
E_m	0.9831	4.1182	5.2338	5.3067	5.419	4.0752
F_m	32.6291	20.8093	19.305	19.769	20.0734	21.0913
G_m	0	0.0001	0	0	0	0
H_m	1.0939	1.0921	1.0926	1.0967	1.0979	1.0986
K_m	0	0	0	0	0	0
media residual	0.0006	0.0006	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
error estándar residual	0.0799	0.06444	0.05525	0.04721	0.05023	0.04632

Tabla 1. Evolución de los parámetros del modelo HP estimado con datos de 1990 hasta 2015

Nota: el subíndice h es para hombres y el m para mujeres; el error estándar residual es estimado con 77 grados de libertad.

DISCUSIÓN

Se evidencia, a partir de las respectivas estimaciones, que los parámetros estimados del modelo de Heligman y Pollard muestran cambios tanto en la velocidad como en la intensidad en que se ha atenuado la *joroba de accidentes* para ambos sexos. El caso femenino resalta dentro de todos los hallazgos.

REFERENCIAS

- Heligman, L., Pollard, J. The age pattern of mortality, Journal of the Institute of Actuaries. 1980; 107: 49-80.
- INEGI. Censos Generales de Población y Vivienda: Nacional y Entidades. México: Dirección General de Estadística; 1990, 2000, 2010.
- INEGI. Estadísticas vitales: Nacional y Entidades. México: Dirección General de Estadística; 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015.
- INEGI. I Censo de población y vivienda 1995: Nacional y Entidades. México: Dirección General de Estadística; 1995.
- INEGI. II Censo de población y vivienda 2005: Nacional y Entidades. México: Dirección General de Estadística; 2005.
- INEGI. Encuesta Intercensal 2015. México: Dirección General de Estadística; 2015.
- Makeham W. On the law of mortality, Journal of the Institute of Actuaries, 1867;8:301-310.
- Thiele T. On a mathematical formula to express the rate of mortality throughout the whole of life, Journal of the Institute of Actuaries, 1871;16:313-329.