



Población y Salud en Mesoamérica

Enfermedades crónicas no transmisibles en Argentina: modelo y pronósticos por sexo y edad

Joana María del Luján Tosello y Lucía Andreozzi

Cómo citar este artículo:

del Luján Tosello, J. y Andreozzi, L. (2022). Enfermedades crónicas no transmisibles en Argentina: modelo y pronósticos por sexo y edad. *Población y Salud en Mesoamérica*, 20(1). Doi: 10.15517/psm.v20i1.49013



ISSN-1659-0201 <http://ccp.ucr.ac.cr/revista/>

Revista electrónica semestral

[Centro Centroamericano de Población](#)

[Universidad de Costa Rica](#)

Enfermedades crónicas no transmisibles en Argentina: modelo y pronósticos por sexo y edad

Chronic non-communicable diseases in Argentina: Model and Forecast by sex and age

Joana María del Luján Tosello¹ y Lucía Andreozzi²

Abstract: Chronic Non-Communicable Diseases (NCD) are diseases that are not transmitted from person to person and that are characterized by their generally slow evolution. In Argentina, NCDs are the main cause of death and disability, only two groups of causes (cardiovascular and cancer) are responsible for half of all deaths and 27 % of years of life potentially lost (YPLL). The general objective of this work, a quantitative, cross-sectional and descriptive study, is to describe and analyze the profile by age and sex of the mortality rates due to NCD in men and women in Argentina, based on the implementation of the model for functional data (MDF) by Hyndman and Ullah (2007). This model also makes it possible to forecast the behavior of mortality rates for both sexes, taking into account the changes related to age and the trend observed over time during the period 1985-2014. The relative difference in mortality between the beginning of the study period and the forecast for the year 2025 indicates that, if the prevailing behavior in rates continues, decreases of around 50 % would be achieved for men between 30 and 50 years of age. While for women the greatest decreases (of around 20 %) would be observed between the ages of 20 and 35. These results would indicate, in a more general way, that the behavior of the mortality rates of the age groups under 70 years, whose deaths are called "premature", is of a clear decrease for both sexes, highlighting that, in the case of men, although they have higher NCD mortality rates, this decrease is more marked.

Key words: Functional Data Models, Chronic Non-Communicable Diseases, Demographic probabilistic projections.

Resumen: Las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) son padecimientos intransferibles por contacto de persona a persona y se caracterizan por su evolución generalmente lenta. En Argentina, son la principal causa de muerte y discapacidad, solo dos grupos de estas (cardiovasculares y cáncer) son responsables de la mitad del total de las muertes y del 27 % de los años de vida potencialmente perdidos (AVPP). El objetivo general de este trabajo cuantitativo, transversal y descriptivo es describir y analizar el perfil según edad y sexo de las tasas de mortalidad por ECNT en Argentina, a partir del modelo para datos funcionales (MDF) de Hyndman y Ullah (2007). Dicho método permite, además, pronosticar el comportamiento de los índices al considerar los cambios relacionados con la edad y la tendencia observada a través del tiempo. La diferencia relativa en la mortalidad entre el inicio del periodo de estudio (1985 a 2014) y el pronóstico para el año 2025 indica que, de continuar el comportamiento imperante, se alcanzarían descensos de alrededor del 50 % para hombres de entre 30 y 50 años y del 20 % para mujeres de entre 20 y 35 años. Estos resultados apuntan, de un modo más general, a que las tasas de mortalidad de los grupos etarios menores de 70 años, cuyas defunciones se denominan prematuras, son claramente descendentes para ambos sexos, aunque el caso de los hombres destaca, pues, si bien presentan mayores tasas de mortalidad por ECNT, el descenso es más marcado.

¹ Universidad Nacional de Rosario, Rosario, ARGENTINA, tosello.joana@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2488-0690>

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Universidad Nacional de Rosario, Rosario, ARGENTINA, landreozzi@fcecon.unr.edu.ar ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1723-5725>

Palabras clave: Modelo para datos funcionales, enfermedades crónicas no transmisibles, pronósticos probabilísticos demográficos.

Recibido: 09 nov, 2021 | **Corregido:** 07 ene, 2022 | **Aceptado:** 20 ene, 2022

1. Introduction

En la segunda mitad del siglo comienza el proceso conocido como transición epidemiológica, con una creciente importancia de las ECNT por sobre las transmisibles. Este hace referencia al cambio de las condiciones de salud de la población en términos de discapacidad, enfermedad y muerte y sus motores son los denominados factores de riesgo relacionados con el desarrollo y la urbanización, la disminución de la fecundidad, los hábitos alimenticios y la inactividad física.

A nivel mundial se estima que 6 de cada 10 muertes se deben a las ECNT. Asimismo, se proyecta que para 2030 más de tres cuartas partes de las muertes serán por esta causa, lo cual representará el 66 % de la carga de enfermedad mundial. En América, aproximadamente el 77 % de las muertes y el 69 % de la carga de enfermedad se atribuyen a las ECNT (OMS, 2008); en Argentina, son la principal causa de muerte y discapacidad, pues solo dos grupos (cardiovasculares y cáncer) originan la mitad del total de las muertes y el 27 % de los años de vida potencialmente perdidos (AVPP).

En este contexto, con el objeto de reducir los fallecimientos por ECNT y lograr una mejor calidad de vida en la población, existen intervenciones dirigidas tanto a las personas en riesgo y a las afectadas por estas enfermedades como a quienes no las padecen. El Ministerio de Salud se encuentra implementando actualmente la Estrategia Nacional para la Prevención y Control de las ECNT; al respecto, la modelización, el análisis y los pronósticos de las tasas de mortalidad constituyen un insumo clave para el desarrollo de políticas públicas.

El objetivo general de este trabajo es indagar acerca de la relación existente entre la edad y la tasa de mortalidad por ECNT en hombres y mujeres de Argentina a través del modelo para datos funcionales de Hyndman y Ullah (2007). Este es uno de los modelos probabilísticos de pronóstico de tasas demográficas más usado, junto al modelo jerárquico bayesiano o su precursor, el modelo de Lee-Carter (1992). El enfoque aquí utilizado es una extensión natural de los métodos para pronosticar la mortalidad y la fecundidad que han evolucionado durante las dos últimas décadas. Un hito importante durante ese periodo fue la metodología propuesta por Lee y Carter (1992) para modelar y extrapolar las tendencias a largo plazo en las tasas de mortalidad; desde entonces, se ha aplicado ampliamente y se han formulado varias extensiones y modificaciones (por ejemplo, Booth et al. [2002] y Renshaw y Haberman [2003]). El método de Hyndman y Ullah (2007) se enmarca en el paradigma de datos funcionales (Ramsay, 2006). Un dato funcional no es una única observación, sino un grupo de medidas a través de un continuo, tomadas conjuntamente y vistas como una sola

entidad, curva o imagen. Las funciones se construyen en dos etapas, en la primera se define un conjunto llamado funciones base; en la segunda se construye un vector o matriz que define la función como una combinación lineal de las funciones base. Los autores recurren a suavizados no paramétricos para reducir el efecto de la aleatoriedad propia de los datos observados y emplean componentes principales clásicos o robustos para descomponer las componentes demográficas, en este caso, la mortalidad. Los métodos robustos permiten evitar dificultades con aquellos años que presenten valores atípicos.

Así pues, el procedimiento de Hyndman y Ullah (2007) se ejecutó sobre datos provenientes de las publicaciones oficiales de la Dirección de Estadística e Información de Salud (DEIS), Ministerio de Salud de la Nación. Estas forman parte del Programa Nacional de Estadísticas de Salud de Argentina, responsable de la coordinación y centralización del material. Se tomaron en cuenta los documentos del registro permanente de Estadísticas Vitales anuales en el periodo 1985-2014, los cuales presentan tablas de defunciones según sexo, edad y causa básica de muerte. Por causa básica de muerte se define a aquella enfermedad o lesión que inicia una cadena de acontecimientos patológicos resultantes en deceso. Se seleccionaron los padecimientos con características propias de las clasificadas como Enfermedades Crónicas No Transmisibles por la OMS. De esa manera, se obtuvo el número de defunciones por edad y sexo atribuidas a ECNT, es decir, el numerador de las tasas específicas por edad y sexo para cada año contemplado en este estudio. Finalmente, debido a que el número de defunciones según causa de muerte por edad y sexo se presenta de diferentes maneras en las publicaciones y con el objeto de analizar la situación de las ECNT de manera global con respecto a la edad en Argentina, se definieron los grupos etarios como se presentan en la tabla 1.

Tabla 1

Defunciones por ECNT según sexo y grupo etario. Argentina, 1985-2014

Grupo Etario	Varones		Mujeres	
	Defunciones	Porcentaje	Defunciones	Porcentaje
0 a 4	3181	0,29	2540	0,27
5 a 9	2421	0,22	1838	0,2
10 a 14	2411	0,22	1850	0,2
15 a 19	3530	0,32	2417	0,26
20 a 24	4177	0,37	3024	0,32
25 a 29	4877	0,44	4850	0,52
30 a 34	6485	0,58	8907	0,95
35 a 39	10 346	0,93	15 301	1,63
40 a 44	19 177	1,72	24 549	2,61
45 a 49	35 674	3,2	36 946	3,93
50 a 54	62 672	5,62	52 689	5,61

55 a 59	98 766	8,85	70 216	7,48
60 a 64	135 210	12,12	88 809	9,46
65 a 69	162 719	14,58	106 074	11,3
70 a 74	175 804	15,75	123 829	13,19
75 a 79	165 211	14,81	134 244	14,3
80 y +	223 218	20	260 902	27,79
Total	1 115 879	100	938 985	100

Los primeros grupos etarios (0-4, 5-9, 10-14 y 15-19), es decir, infantes y adolescentes, representan en su conjunto aproximadamente el 1 % de las defunciones ocurridas por ECNT en todo el periodo 1985-2014 para cada sexo. Las principales causas de muerte fueron enfermedades congénitas, afecciones perinatales, infecciosas y lesiones externas como accidentes de tránsito, suicidios, homicidios, etc., las cuales no pertenecen a las ECNT y no se contemplaron en el presente estudio. Por ende, se decidió excluir esta categoría de edad, sin afectar las conclusiones del análisis.

Los datos referentes a la población a mitad de año calendario, o sea, los denominadores de las tasas de mortalidad para cada año contemplado, provienen del informe Estimaciones y Proyecciones de Población a largo plazo 1950-2100, CELADE, División de Población de la CEPAL, revisión 2015. Ahora bien, se pensaría que el intervalo abarcado podría ampliarse con datos más actuales, pero, se eligió recortarlo hasta 2014, por cuanto los denominadores se construyeron a partir de proyecciones de población; lo anterior, a fin de preservar la cercanía al último censo disponible, el de 2010.

Recapitulando, la aplicación de este modelo probabilístico de pronóstico permitió analizar la situación argentina con respecto a las ECNT a través del estudio de las tasas de mortalidad por edad y sexo, así como describir su comportamiento en los grupos etarios menores de 70 años, cuyas defunciones son denominadas prematuras. Con ello, este trabajo busca sentar un precedente que resultaría útil para organismos de estadísticas oficiales y de salud a distintos niveles geográficos, departamentales o provinciales.

2. Materiales y métodos

El núcleo central del estudio es la estimación del MDF con base en tasas de mortalidad provenientes de la DEIS, es decir, sobre una fuente de datos secundaria. El modelo aquí adoptado corresponde a una estrategia probabilística no paramétrica que calcula pronósticos con sus respectivos intervalos de confianza.

Se denomina con $y_t(x)$ al logaritmo de la tasa de mortalidad observada para la edad x en el año t . Se asume que $f_t(x)$ es la función de suavizado identificada con cierto error y en puntos discretos x .

El primer paso del modelo es efectuar un suavizado a los datos. Las observaciones $\{x_i, y_t(x_i)\}$ con $t: 1, \dots, n$ y con $i = 1, \dots, p$ se plantean como la suma de un suavizado f_t más un error:

$$y_t(x_i) = f_t(x_i) + \sigma_t(x_i)\varepsilon_{t,i} \quad (1)$$

$\varepsilon_{t,i}$ es el error aleatorio distribuido normalmente, mientras que $\sigma_t(x_i)$ es la desviación del error observacional y representa a la variabilidad de x . Por lo general, las edades x pueden ser años simples (por ejemplo, $x_1 = 0, x_2 = 1$, etc.), o bien, grupos etarios quinquenales, aunque bajo el modelo se supone que subyace una variable continua.

Después, en un segundo paso, se descomponen las curvas ajustadas mediante el siguiente modelo:

$$f_t(x_i) = \mu_t + \sum_{k=1}^K \beta_{t,k} \cdot \phi_k(x_i) + e_t(x_i) \quad (2)$$

donde μ_t es la media de $f_t(x)$ a través de los años; $\{\beta_{t,1}, \beta_{t,2}, \dots, \beta_{t,k}\}$ es un conjunto de coeficientes de las componentes principales funcionales seleccionadas e independientes uno del otro; $\{\phi_1(x), \phi_2(x), \dots, \phi_k(x)\}$ conforman el conjunto de las primeras K componentes principales funcionales seleccionadas y $e_t(x)$ es el error del modelo con distribución $e_t(x) \sim N(0, \sigma_x^2)$. El conjunto base ortonormal óptimo se obtiene por componentes principales.

Para el cálculo de la variancia se indica con $m_t(x)$ la mortalidad observada para la edad x en el año t y se define a $N_t(x)$ como la población total para la edad x en la mitad del año t .

De seguido, $m_t(x)$ se distribuye aproximadamente como una binomial con variancia:

$$N_t^{-1}(x)m_t(x) \cdot [1 - m_t(x)] \quad (3)$$

Entonces, la variancia de $y_t = \log [m_t(x)]$ es, utilizando aproximación de Taylor, igual a:

$$\hat{\sigma}_t^2 \approx [1 - m_t(x)]N_t^{-1}(x)m_t^{-1}(x) \quad (4)$$

Si bien es posible emplear alguno de los vastos métodos de suavizado no paramétricos existentes, Hyndman y Booth (2008) sugieren la regresión *spline* penalizada con restricciones para la mortalidad, a fin de contemplar la heterogeneidad propia de los datos. Se definen pesos iguales a la inversa de la variancia:

$$w_t(x) = N_t(x) m_t(x) / [1 - m_t(x)] \quad (5)$$

Referente a la mortalidad, se asume que $f_t(x)$ es monótona creciente para $x > c$ (digamos c 50 años). Esta restricción reduce el ruido de las estimaciones de la curva para las edades altas, aspecto

razonable dado que las probabilidades de morir aumentan conforme aumenta la edad de las personas. Se usa una modificación del enfoque descrito por Wood (1994) en cuanto a la restricción de la monotonía. Tras ello, el término $\sigma_t(x_i)$ mide el error observacional que varía con la edad, este se aproxima mediante la diferencia entre las tasas observadas y las curvas *spline*.

Una vez estimado el modelo en dos pasos, se procede a la etapa de pronóstico. A continuación, se presenta la ecuación respectiva:

$$\hat{f}_t(x) = \hat{\mu}(x) + \sum_{k=1}^K \hat{\beta}_{t,k} \varnothing_k(x) + \hat{e}_t(x)$$

Respecto a $k > 1$, puede considerarse $\{\beta_{t,1}, \beta_{t,2}, \dots, \beta_{t,k}\}$ como una serie temporal de longitud n años. Con $t = n$ años obtendremos las predicciones h años hacia adelante, es decir, los pronósticos de $y_t(x_i)$ para $t = n + 1, \dots, n + h$.

En aras de dilucidar el pronóstico es necesario estimar $\hat{f}_t(x)$ para $t = n + 1, \dots, n + h$. Por un lado, se calculan los coeficientes $\hat{\beta}_{t,k}$ para $t = n + 1, \dots, n + h$. Debido al uso de componentes principales en la función base $\varnothing_k(x)$, los coeficientes $\hat{\beta}_{t,k}$ y $\hat{\beta}_{t,l}$ no están correlacionados para $k \neq l$. Por otro lado, los pronósticos de cada coeficiente se basan en modelos robustos ARIMA (Chen y Liu, 1993) según cada serie de coeficientes $\{\beta_{1,k}, \dots, \beta_{n,k}\}$, $k: 1, \dots, k$. El método de Liu y Chen (1993) propone modelos ARIMA apropiados para contener los valores atípicos de diversos tipos (aditivo, innovador, etc.), de manera que estas observaciones inusuales no contaminan el pronóstico.

Posteriormente, con los datos advertidos y denominados con **L**

$$\mathbf{L} = y_t(x_i); t: 1, \dots, n; \quad i: 1, \dots, p$$

y el conjunto de funciones base Φ , se define el pronóstico h para y_{n+h} :

$$\hat{y}_{n,h}(x) = E[y_{n+h}(x) | \mathbf{L}, \Phi] = \hat{\mu}(x) + \sum_{k=1}^K \tilde{\beta}_{n,k,h} \hat{\varnothing}_k(x) \quad (7)$$

donde $\tilde{\beta}_{n,k,h}$ indica el pronóstico de $\beta_{n+h,k}$, utilizando la serie de tiempo estimada $\hat{\beta}_{1,k}, \dots, \hat{\beta}_{n,k}$.

La variancia del pronóstico también se desprende de (7). Debido a la forma en que el modelo ha sido construido, cada componente es aproximadamente ortogonal a los otros, por eso, dicho cálculo se puede aproximar, de acuerdo con Hyndman y Ullah (2007), como la suma simple de las variancias de los componentes:

$$V_{n,h}(x) = \text{Var}[y_{n+h}(x) | \mathbf{L}, \Phi] \approx \hat{\sigma}_\mu^2(x) + \sum_{k=1}^K u_{n+h,k} \hat{\varnothing}_k^2(x) + v(x) \quad (8)$$

donde $u_{n+h,k} = \text{Var}(\beta_{n+h,k} | \beta_{1,k}, \dots, \beta_{n,k})$ puede extraerse a partir del modelo de series temporales y $\hat{\sigma}_\mu^2(x)$ (la variancia del estimador suave $\hat{\mu}(x)$) a través del método de suavizado, en tanto $v(x)$ se estima promediando \hat{e}_t^2 para cada x .

$\sigma_{n+h}^2(x)$ denota el error observacional, por lo que al agregarlo se tiene

$$\text{Var}[y_{n+h}(x) | \mathbf{L}, \Phi] = V_{n,h}(x) + \sigma^2_{n+h}(x) \quad (9)$$

Si se asume que las distintas fuentes de error se distribuyen normalmente, con $100(1-\alpha)$ % para $y_t(x)$, el intervalo de pronóstico resulta

$$\hat{y}_{n,h}(x) \pm z_\alpha \sqrt{\text{Var } y_{n,h}(x)} \quad (10)$$

donde z_α es el $1 - \alpha/2$ cuartil normal estándar.

Hyndman y Ullah (2007) no detectaron ningún indicio de falta de normalidad en sus aplicaciones demográficas, sin embargo, si la suposición de normalidad no se justifica, recomendaron acudir a un procedimiento *bootstrap*.

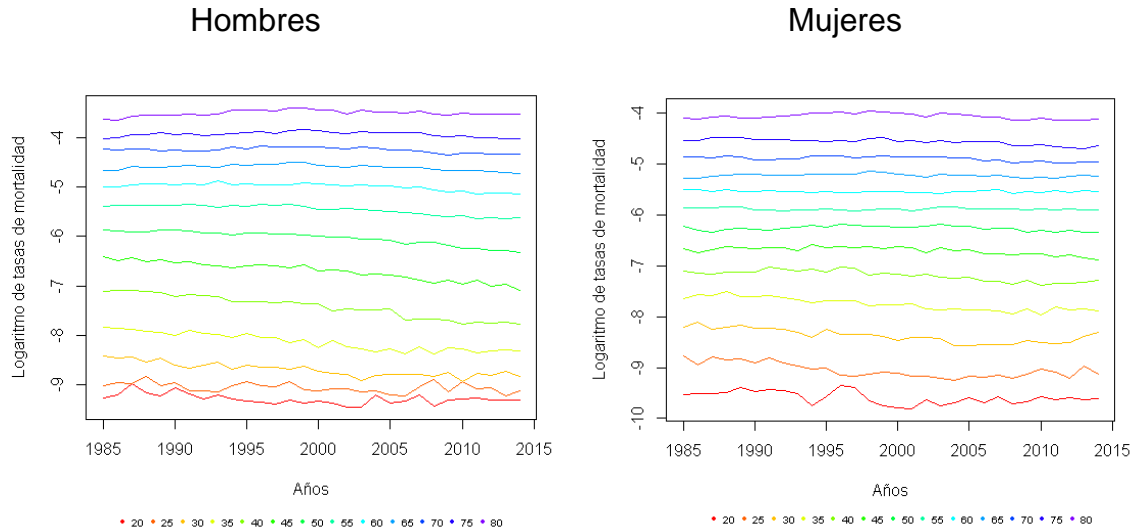
3. Resultados

Se modelaron y pronosticaron los logaritmos de las tasas de mortalidad por ECNT conforme sexo y edad de la población argentina para el periodo 1985-2014, mediante el método de Hyndman y Ullah (2007).

Bajo esa premisa, en la figura 1 se presentan los logaritmos de las tasas de mortalidad por grupos de edad según sexo; se utilizaron los colores del arcoíris para denotarlos: los más jóvenes con color rojo y los más ancianos con color violeta. Asimismo, se describe el patrón temporal etario, visualizando las edades que presentan series más estables o más variables, sus tendencias y niveles. Las series de logaritmos para hombres en los grupos etarios 20-25 y 25-30 manifiestan la mayor variabilidad a lo largo del tiempo. En mujeres, aunque estos mismos grupos exhiben mayor variabilidad, esta es marcadamente menor comparada con la de hombres. En ambos sexos se aprecia la estabilidad a edades avanzadas. El rasgo más destacable es el descenso en las edades centrales del caso masculino.

Figura 1

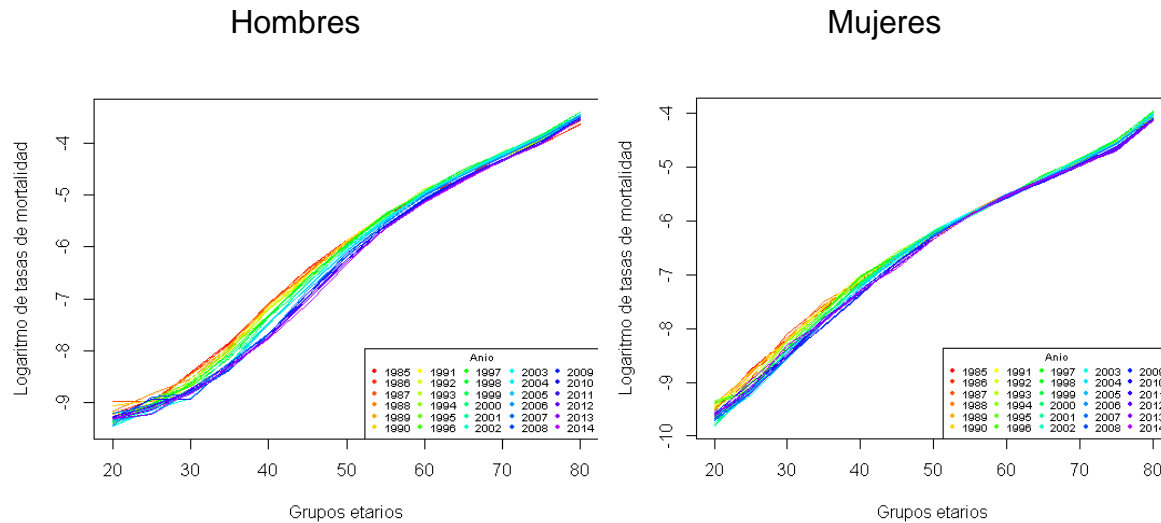
Series temporales de los logaritmos de tasas de mortalidad por ECNT según grupos de edad. Hombres y Mujeres. Argentina (1980-2014)



En la figura 2 se ilustran los logaritmos de las tasas de mortalidad para hombres y mujeres y sus curvas se ordenaron en el tiempo utilizando los colores del arcoíris. Los datos más antiguos (1985) se muestran en rojo, mientras los más recientes (2014) en índigo. La disminución en los niveles de mortalidad se da en ambos sexos a través del lapso estudiado, en otras palabras, son más bajos durante los años más recientes; no obstante, en el caso de los hombres, es evidente la baja para los grupos comprendidos entre los 30 y los 55 años, en cambio, en las mujeres esta disminución es más moderada y aparece entre los 20 y los 45 años. También es posible deducir que en las edades de 50 a 75, los índices femeninos parecen mantenerse aproximadamente constantes, pues equivalen a las curvas más estables de todo el periodo.

Figura 2

Logaritmo de las tasas de mortalidad por ECNT según edad para hombres y mujeres. Argentina (1980-2014)



Acto seguido, se suavizaron los logaritmos de las tasas mediante regresión *spline* penalizada, esta permite ejecutar una restricción de monotonía: la función suavizada se supone monótona creciente para alguna edad $x > c$; en esta aplicación se utilizó $c = 65$, al igual que los autores del método. Con dicha restricción se logran mejores resultados, es decir, se reduce el ruido de las estimaciones de la curva para las edades altas, aspecto razonable, en tanto las probabilidades de morir aumentan conforme aumenta la edad de las personas. Una vez obtenidas las curvas (primera etapa) se construyeron funciones como una combinación lineal de ellas. Para eso, se examinaron los componentes principales y se descompusieron las curvas ajustadas (segunda etapa).

Las bases y los coeficientes se interpretaron de manera conjunta, por tanto la figura 3 y la figura 4 se organizaron en cuatro columnas. Así, la primera columna contiene un solo recuadro correspondiente al promedio de la mortalidad para cada edad a lo largo del periodo, lo cual da un perfil etario. La segunda columna consta de dos recuadros, uno superior y otro inferior que representan la primera base y el primer coeficiente, respectivamente. En la tercera columna hay dos recuadros, el superior equivale a la segunda base y el inferior al segundo coeficiente. Y la cuarta columna incluye la tercera base y el coeficiente.

En el ámbito masculino, las bases explican el 82,1 %, el 10,8 % y el 4,3 % de la variación de los datos respectivamente, dejando un 2,8 % sin explicar. El primer coeficiente evidencia la tendencia general, la cual desciende a través del tiempo. La primera base indica que dicho fenómeno se da

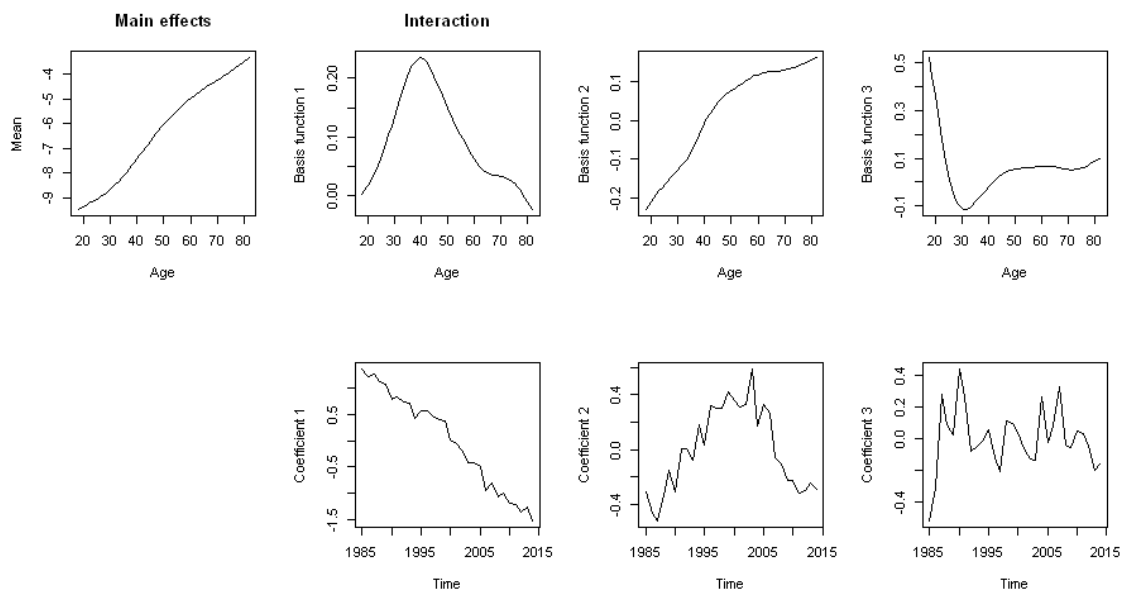
principalmente en edades alrededor de los 40 años. Esta situación también es observable en las figuras 1 y 2, donde el descenso en los niveles de mortalidad resulta notorio para los grupos etarios comprendidos entre 30 y 55 años.

El segundo componente indica subidas moderadas entre 1985 y 2010; al respecto, según expresa la base, tal hecho refiere al grupo desde los 20 a los 30 años en comparación con las edades avanzadas. Esta base podría pensarse como una especie de diferencial de edades iniciales y avanzadas, el cual crece a partir de 1985 y hasta 2000 para luego decrecer, esto apunta a un estrechamiento o reducción del rango de variación en las tasas.

Con relación al tercer componente, podría equipararse a la variabilidad inherente a las primeras edades que, como ya se mencionó, presentan una mayor variancia; de tal modo, la base señala que el comportamiento atañe al inicio del periodo y el coeficiente, a la volatilidad de las tasas.

Figura 3

Bases y coeficientes del modelo de datos funcionales para los hombres. Argentina 1985-2014

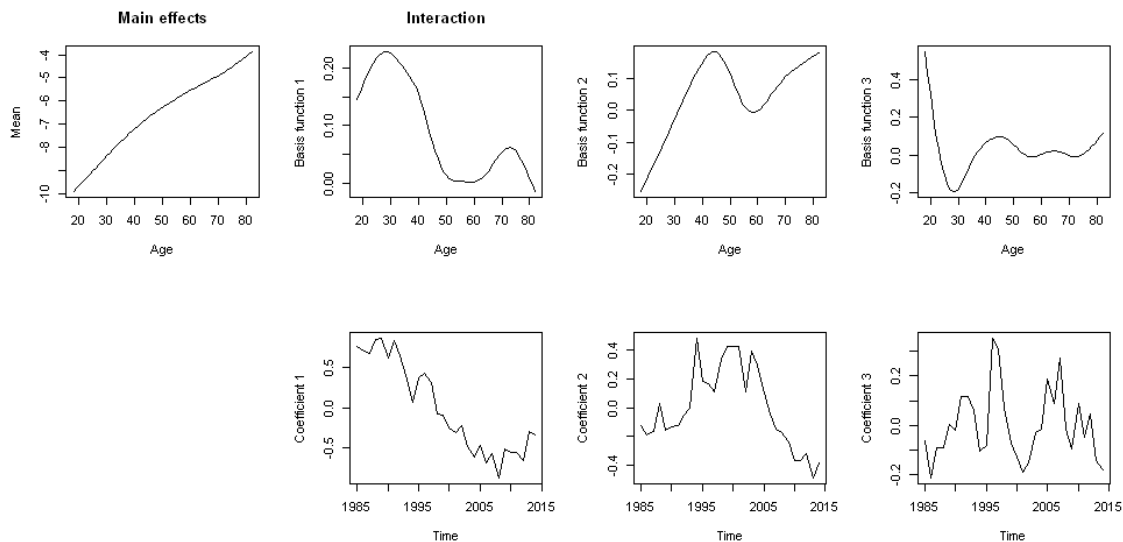


En cuanto al caso femenino, las bases dan cuenta del 72,4 %, el 18,7 % y el 5,5 % de la variación de los datos, respectivamente, con un 3,4 % inexplicable. El primer coeficiente representa la tendencia general descendente a través del tiempo, aunque demuestra ascensos luego de 2005, siendo el pico más alto en 1990. Este comportamiento está dominado, como la base lo indica, por las edades cercanas a los 30 años y, en menor medida, en el grupo de 70 años.

El segundo componente refleja la diferencia en torno a la mortalidad de los grupos cercanos a los 20 años, a los 40 años y al de mayores de 70 años. Si se contempla el segundo coeficiente, es posible identificar un cambio de nivel y picos entre los años 1995 y 2005. En lo concerniente a la tercera base, esta tiene una lógica similar a la detectada en los hombres.

Figura 4

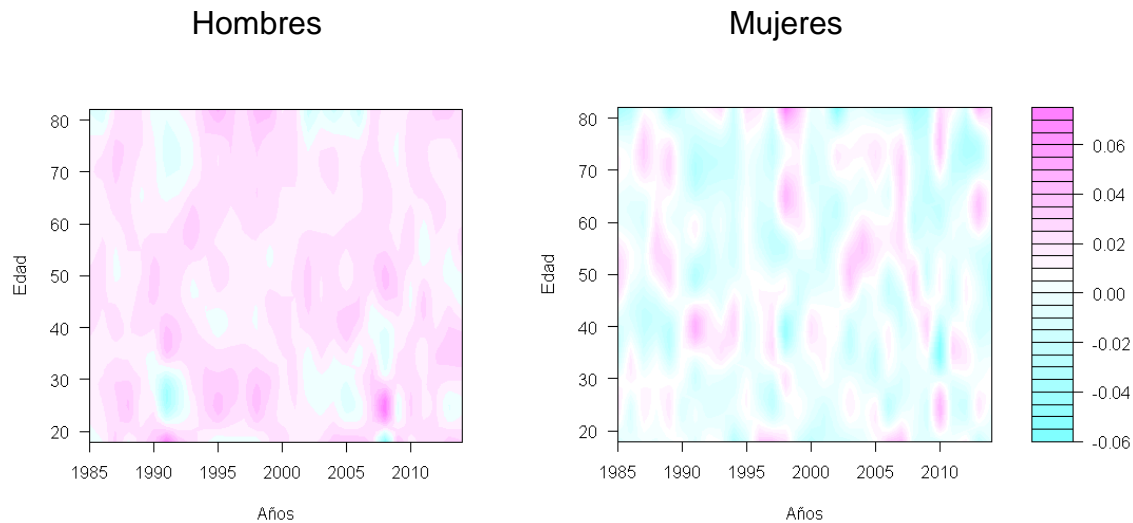
Bases y coeficientes del modelo de datos funcionales para los hombres. Argentina 1985-2014



Con el fin de evaluar la bondad del ajuste del modelo propuesto, se elaboraron gráficos de contorno para verificar la independencia de los residuos. La idea subyacente consistió en que bajo independencia se esperarían zonas de colores blanco, celeste y rosa. En la figura 5 se pueden apreciar dichos colores de manera alternada, cuya presencia resultó equilibrada; adicionalmente, en ambos casos los residuos son cercanos a cero.

Figura 5

Residuos de los modelos de datos funcionales para hombres y mujeres. Argentina (1985-2014)



Una vez ajustado el modelo, se pronosticaron las tasas de mortalidad por ECNT en hombres y mujeres, con un horizonte $h = 11$, esto es, desde el año 2015 al 2025. En la tabla 2 se describen las tasas estimadas y pronosticadas respectivas a 1985, 1995, 2005, 2015 y 2025 y en la tabla 3, las diferencias porcentuales entre dichos decenios.

De ahí, se halló un descenso en los niveles de mortalidad masculina en la mayoría de los grupos etarios, a excepción de aquellos de mayor edad; en el caso de las mujeres, se dan descensos más moderados en todos los grupos etarios. La diferencia relativa en la mortalidad desde el inicio del periodo de estudio y el pronóstico para el año 2025 indica que, de continuar el comportamiento imperante en las tasas, se alcanzarían descensos de alrededor del 50 % para hombres de entre 30 y 50 años, y del 20 % para mujeres de entre 20 y 35 años.

Estos resultados advierten, de un modo más general, que el comportamiento de las tasas de mortalidad de los grupos etarios menores de 70 años, cuyas defunciones se consideran prematuras, es claramente descendente para ambos sexos; en especial destaca el caso de los hombres, pues, si bien presentan tasas mayores de mortalidad por ECNT, el descenso es más marcado.

Tabla 2

Tasas de mortalidad por ECNT estimadas y pronosticadas por sexo y grupo etario.
Argentina (1985-2025)

Tasas de mortalidad por ECNT en hombres y mujeres (por 10.000 personas-año) Argentina										
Edades	1985		1995		2005		2015		2025	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
20 a 24	0,8686	0,9016	0,9603	0,7845	0,8425	0,7223	0,9234	0,7574	0,8838	0,7252
25 a 29	1,6483	1,9789	1,4879	1,7688	1,1822	1,3917	1,2315	1,5416	1,0992	1,4965
30 a 34	2,9859	3,5661	2,415	3,3309	1,9036	2,6327	1,7458	2,8219	1,4505	2,8197
35 a 39	5,7196	6,0947	4,5035	5,9155	3,6509	5,0429	2,9177	4,9822	2,3124	5,1324
40 a 44	11,114	9,9162	9,0423	9,8958	7,5861	9,1149	5,7578	8,4428	4,6039	8,8773
45 a 49	20,562	15,38	18,455	15,517	15,471	15,211	12,373	13,941	10,438	14,618
50 a 54	34,723	22,829	33,707	22,745	29,617	22,839	24,777	21,745	22,082	22,187
55 a 59	53,974	32,495	55,257	32,398	52,056	32,484	44,638	32,054	41,72	32,052
60 a 64	79,582	45,05	84,819	45,588	81,875	45,327	72,763	44,629	70,542	44,883
65 a 69	113,56	62,737	120,81	63,242	117,44	61,659	106,73	59,231	105,02	60,519
70 a 74	158,55	89,626	167,94	90,187	165,92	86,385	151,3	81,179	149,91	83,912
75 a 79	218,29	130,63	247,24	137,35	244,07	132,68	226,89	122,84	230,18	128,28
80 y +	279,09	176,08	346,25	196,16	336,7	193,4	322,1	177,32	336,19	186,83

Tabla 3

Diferencias relativas porcentuales entre periodos

Diferencias relativas porcentuales entre periodos										
Edades	1985-1995		1995-2005		2005-2015		2015-2025		1985-2025	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
20 a 24	10,55	-12,99	-12,26	-7,9	9,6	4,9	-4,28	-4,3	1,75	-19,6
25 a 29	-9,73	-10,6	-20,55	-21,3	4,17	10,8	-10,74	-2,9	-33,31	-24,4
30 a 34	-19,12	-6,6	-21,18	-21	-8,29	7,2	-16,91	-0,1	-51,42	-20,9
35 a 39	-21,26	-2,9	-18,93	-14,8	-20,08	-1,2	-20,75	3	-59,57	-15,8
40 a 44	-18,64	-0,2	-16,1	-7,9	-24,1	-7,4	-20,04	5,1	-58,58	-10,5
45 a 49	-10,25	0,9	-16,17	-2	-20,02	-8,4	-15,64	4,9	-49,24	-5
50 a 54	-2,93	-0,4	-12,13	0,4	-16,34	-4,8	-10,88	2	-36,41	-2,8
55 a 59	2,38	-0,3	-5,79	0,3	-14,25	-1,3	-6,54	0	-22,7	-1,4
60 a 64	6,58	1,2	-3,47	-0,6	-11,13	-1,5	-3,05	0,6	-11,36	-0,4
65 a 69	6,39	0,8	-2,79	-2,5	-9,12	-3,9	-1,6	2,2	-7,52	-3,5
70 a 74	5,93	0,6	-1,21	-4,2	-8,81	-6	-0,92	3,4	-5,45	-6,4
75 a 79	13,26	5,1	-1,28	-3,4	-7,04	-7,4	1,45	4,4	5,44	-1,8
80 y +	24,06	11,4	-2,76	-1,4	-4,33	-8,3	4,37	5,4	20,46	6,1

4. Consideraciones finales

El método de Hyndman y Ullah (2007), uno de los modelos probabilísticos demográficos desarrollados en las últimas décadas, permite, mediante el modelado del logaritmo y su extrapolación, pronosticar las tasas de mortalidad para una causa específica, teniendo en cuenta simultáneamente el comportamiento entre las edades y el transcurso del tiempo. Para ello utiliza el enfoque de datos funcionales, donde las tasas de mortalidad son suavizadas y descompuestas en componentes principales.

El hecho de aplicar el método de datos funcionales a las tasas de mortalidad por ECNT en Argentina facilitó, además de recopilar información de tres décadas de antigüedad, analizar la situación de estas enfermedades con respecto a los grupos de edad en el tiempo y para cada sexo.

Sin embargo, es importante resaltar que al plantearse un modelo basado en cifras provenientes del Sistema de Estadísticas Vitales el registro de las defunciones está, en cierta medida, sujeto a errores de clasificación y registro y, si bien, los profesionales de la salud cuentan con capacitaciones al respecto, esto no deja de ser una limitación para las conclusiones arribadas en este trabajo. Con todo, en este punto también radica la fortaleza del modelo, dado que al trabajar con múltiples series temporales y, más aún, con sus suavizados, se compensan y reducen los errores y los sesgos tanto temporales como los vinculados a los distintos grupos etarios.

La diferencia relativa en la mortalidad entre el inicio del periodo de estudio y el pronóstico para el año 2025 indica que, de continuar el comportamiento imperante en las tasas, se alcanzarían descensos de alrededor del 50 % para hombres de entre 30 y 50 años, y del 20 % para mujeres de entre 20 y 35 años. Ahora, de acuerdo con el análisis, los hombres presentan niveles de mortalidad superiores a los de las mujeres, no obstante, en ambos sexos se aprecia su descenso, especialmente en las edades comprendidas de los 20 a los 40 años, de hecho, esto es más claro en los hombres. En otros términos, se tiene un indicio de descenso de los niveles de mortalidad de los menores de 70 años, cuyas muertes se catalogan como prematuras.

En este trabajo solo se estudiaron las tasas de mortalidad por ECNT según sexo y edad en Argentina, porque las publicaciones de Estadísticas Vitales empleadas como base únicamente cuentan con información desagregada a nivel nacional. A futuro, la delimitación geográfica más desagregada de este estudio permitiría orientar de manera eficiente las políticas de salud dedicadas a atacar el avance de las ECNT y, así, derivar en una mejor calidad de vida para las personas en riesgo. En ese sentido, una eventual aplicación sería la de un análisis a nivel provincial o local.

5. Referencias

- Booth, H., Maindonald, J. y Smith, L. (2002). Applying Lee-Carter Under Conditions of Variable Mortality Decline. *Population studies*, 56(3), 325-36. <https://doi.org/10.1080/00324720215935>
- Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía-División de Población de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2012). *América Latina. Estimaciones y proyecciones de población a largo plazo 1950-2100*. <https://www.cepal.org/es/notas/actualizacion-estimaciones-proyecciones-poblacion-paises-america-latina-caribe>
- Chen, Ch. y Liu, L. (1993). Joint Estimation of Model Parameters and Outlier Effects in Time Series. *Journal of the American Statistical Association*, 88(421). <http://dx.doi.org/10.2307/2290724>
- Hyndman, R. y Ullah, S. (2007). Robust forecasting of mortality and fertility rates: A functional data approach. *Computational Statistics y Data Analysis*, 51(10), 4942-4956. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2006.07.028>
- Lee, R. y Carter, L. (1992). Modeling and Forecasting U.S. Mortality. *Journal of the American Statistical Association*, 87(419), 659-671. <https://doi.org/10.1080/01621459.1992.10475265>
- Lee, R. y Miller, T. (2001). Evaluating the performance of the Lee-Carter method for forecasting mortality. *Demography*, 38(4), 537-549. <https://doi.org/10.2307/3088317>
- Li, S. y Chan, W. (2005). Outlier Analysis and Mortality Forecasting: The United Kingdom and Scandinavian Countries. *Scandinavian Actuarial Journal - SCAND ACTUAR J.*, 2005(3), 187-211. <https://doi.org/10.1080/03461230510006973>
- Organización Mundial de la Salud. (2008). *Global Status Report on Noncommunicable Diseases 2008*. OMS.
- Ramsay, J. (2006). *Functional Data Analysis*. <https://doi.org/10.1002/0471667196.ess3138>.
- Renshaw, A. y Haberman, S. (2003). Lee-Carter mortality forecasting: A parallel generalized linear modelling approach for England and Wales mortality projections. *Journal of the Royal Statistical Society Series C*, 52, 119-137. <http://dx.doi.org/10.1111/1467-9876.00393>
- Wood, S. (1994). Monotonic Smoothing Splines Fitted by Cross Validation. *Siam Journal on Scientific Computing*. *Siam J.*, 15(5), 1126-1133.

Población y Salud en Mesoamérica

¿Quiere publicar en la revista?

Ingresa [aquí](#)

O escribanos:

revista.ccp@ucr.ac.cr



Población y Salud en Mesoamérica (PSM) es la revista electrónica que cambió el paradigma en el área de las publicaciones científicas electrónicas de la UCR. Logros tales como haber sido la primera en obtener sello editorial como revista electrónica la posicionan como una de las más visionarias.

Revista PSM es la letra delta mayúscula, el cambio y el futuro.

Indexada en los catálogos más prestigiosos. Para conocer la lista completa de índices, ingrese [aquí](#).



DOAJ

latindex



Dialnet

e-revist@s



Revista Población y Salud en Mesoamérica -

Centro Centroamericano de Población
Universidad de Costa Rica

