

Proyección de la mortalidad de 60 años y más por causas de muerte, usando el método del producto/razón para “proyecciones coherentes”*

Gilbert Brenes-Camacho♦

Resumen corto.

Hyndman, Booth & Yasmineen (2011, 2013) proponen el método del producto/razón para proyecciones “coherentes”. Denominan proyecciones “coherentes” a aquellas que tratan de modelar la relación entre las tasas demográficas de dos ó más grupos, con el fin de que dichas proyecciones no diverjan de las relaciones observadas en el pasado. En el método de producto/razón, se estiman las funciones que componen el producto $p_t(x)$ –la media geométrica de las tasas suavizadas de los grupos– y la razón $r_{t,j}(x)$ –la razón de las tasas de cada grupo entre la media geométrica $p_t(x)$. En este análisis en particular, se usan las series históricas de las tasas de mortalidad para la población adulta femenina de 40 años y más por 13 causas de muerte y por grupos quinquenales de edad, para el período 1970-2012 para Costa Rica, para proyectar las tasas específicas por causa y edad para el período 2013-2062. En el análisis, se encuentra que las tasas por causas cardiovasculares, infecciosas y por cáncer de estómago han tenido una disminución más acelerada que el promedio, mientras que la mortalidad causada por exposición al alcoholismo o por cáncer de mama han tenido una reducción más lenta. Además, el análisis permite dividir a las causas de muerte según si su mayor incidencia relativa es al principio (ej., accidentes por transportes) o al final de la estructura por edades (ej., cardiovasculares).

* Propuesta de Trabajo a ser presentado en el VI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población, ALAP, realizado en Lima, Perú, del a Habana –Cuba, del 12 al 14 de Agosto de 2014.

♦ gbrenes@ccp.ucr.ac.cr, Centro Centroamericano de Población y Escuela de Estadística, Universidad de Costa Rica

Introducción

En América Latina, la fecundidad y la migración han sido los componentes que más han incidido en el crecimiento de la población. Sin embargo, con la baja en la fecundidad y el consiguiente proceso de envejecimiento poblacional, los cambios en la mortalidad van a ser determinantes en el tamaño y composición futura de las poblaciones latinoamericanas. Dentro del marco del Método de Componentes para las proyecciones de población, se han utilizado distintos procedimientos para la proyección de la mortalidad: métodos de tablas límite (CELADE, 2010), método de Lee-Carter (Aguilar Fernández, 2013; Belliard & Williams, 2013), o métodos Bayesianos (Raftery, Chunn, Gerland, & Ševčíková, 2013). El presente artículo utiliza el método del producto/razón para proyecciones “coherentes” (Hyndman, Booth & Yasmeeen, 2011; 2013), proyectando en forma conjunta las tasas de mortalidad por causas de muerte para Costa Rica. El método implícitamente incorpora las particularidades de la transición epidemiológica de la región en la que las enfermedades crónicas y degenerativas han ganado importancia relativa, pero en la que las enfermedades infecciosas siguen teniendo un impacto en la mortalidad en ciertas edades (Referencia,).

Definición del problema y objetivo general

Se propone como problema de investigación la necesidad de investigar nuevos métodos de proyecciones de la mortalidad para los datos latinoamericanos. En particular, se considera conveniente profundizar en las ventajas y desventajas de los métodos que incorporan procedimientos estadísticos de series de tiempo, y relaciones matemáticas que reconozcan el carácter multivariado de la mortalidad por causas de muerte. El objetivo del artículo es aplicar el

método del producto/razón en la proyección de la mortalidad por causas de muerte para las edades de 40 años y más en Costa Rica.

Estado de la cuestión.

La transición epidemiológica en América Latina

El concepto de la transición epidemiológica surge naturalmente de la teoría de la transición demográfica (Notestein, 1953; Coale, 1984). La transición demográfica supone que las sociedades pasan de un régimen poblacional caracterizado por una alta mortalidad y una alta fecundidad, a un estadio con bajos niveles en ambos componentes demográficos. La transición epidemiológica (Omran, 1971) es una teoría que describe el proceso que conlleva el descenso de la mortalidad. Según la Transición Epidemiológica y sus variaciones más recientes (Horiuchi, 1999), la mortalidad de las sociedades va cambiando a través de varias transiciones. La primera transición se refiere al cambio entre el predominio de causas externas que caracteriza a las sociedades pre-agrícolas, al predominio de causas infecciosas en sociedades agrícolas; en estas últimas, la aglomeración de personas en pueblos o ciudades facilita la transmisión de patógenos causantes de las muertes infecciosas. La segunda transición describe cómo, con la industrialización y el desarrollo de tecnologías médicas y programas de salud pública, las tasas por enfermedades infecciosas van decreciendo, lo que contribuye al incremento en la esperanza de vida; al final de esta transición, las enfermedades no transmisibles –en especial enfermedades cardiovasculares y tumores– explican una mayor proporción de la mortalidad. Más recientemente, se cita una tercera transición caracterizada por el declive de la mortalidad cardiovascular gracias a nuevas tecnologías, medicina preventiva, y cambios en los patrones dietéticos (Horiuchi, 1999; Olshanky & Ault, 1986). La Transición Epidemiológica lleva implícita la consecuencia de un proceso de envejecimiento poblacional, pues el decrecimiento en la mortalidad por enfermedades transmisibles tiene un mayor impacto en la reducción de la mortalidad en edades jóvenes.

Sin embargo, la Teoría de la Transición Epidemiológica ha recibido críticas por su falta de universalidad y su descripción lineal catalogada como simplista (Bolaños, 2000; Di Césare, 2011; Villasana López, 2007). Específicamente, en América Latina, se pone énfasis al contexto de “carga dual”, en la que un aumento en la prevalencia de enfermedades crónicas ocurre al mismo tiempo que la tendencia de la incidencia de enfermedades infecciosas se resiste a decrecer tan rápido como la Transición Epidemiológica sugeriría (De Maio, 2011).

Las proyecciones de la mortalidad en América Latina pueden incorporar la lógica de la Transición Epidemiológica, al describir cómo cambia la composición de la mortalidad según causas de muerte, y si el fenómeno de la “carga dual” parece mantenerse a futuro o es solo un escenario temporal.

Proyecciones de la mortalidad em América Latina

La mala calidad de las estadísticas vitales y la carencia de series temporales largas de tasas de mortalidad dificultaban utilizar técnicas estadísticas de series cronológicas (como los modelos de Box-Jenkins) para la proyección de los componentes demográficos en general. Decisión frecuente era plantear una tabla límite en un año en el futuro, y calcular las tasas de mortalidad proyectadas con una interpolación entre las tasas del año base y las tasas de la tabla límite. CELADE (Centro Latinoamericano y del Caribe de Demografía) proponía un método de proyectar las tablas de vida que calculaba esperanzas de vida según una curva de crecimiento con pendiente decreciente, y las esperanzas de vida proyectadas se asociaban con una estructura de las tasas de mortalidad según una tabla de vida límite (CELADE, 2010; 2011).

En épocas recientes, con la popularización de las proyecciones estocásticas y los recursos computacionales, un creciente número de demógrafos han aplicado el método Lee-Carter (Lee & Carter, 1992) para proyectar la mortalidad en países latinoamericanos (Aguilar Fernández, 2013; Belliard & Williams, 2013; García Guerrero & Ordorica Mellado, 2012; Lee & Rofman, 1994;).

El método Lee-Carter parametriza elegantemente las tasas de mortalidad o probabilidades de muerte (q_x) por edad y año, estimando el valor de los parámetros con un Modelo Lineal que permite calcular errores estándar para las tasas proyectadas.

Más recientemente, un equipo de investigadores de la División de Población de la Organización de Naciones Unidas y de distintas universidades ha planteado una metodología desde la perspectiva bayesiana, para producir las proyecciones de población para todos los países del mundo; dentro de esta metodología, se plantea un método bayesiano para proyectar esperanzas de vida utilizando información histórica y una serie de distribuciones a priori típicas de la perspectiva bayesiana (Raftery, Chunn, Gerland & Ševčíková, 2013).

El presente artículo emplea una aproximación poco utilizada en América Latina: el método del producto-razón desarrollado por Hyndman, Booth & Yasmeen (2011, 2013).

El método del producto-razón, como parte del Análisis Funcional de Datos.

El método del producto-razón forma parte de la metodología del Análisis de Datos Funcionales (AFD). En el AFD, una secuencia de valores (en este caso, las tasas) en el tiempo, se denota como $f_i(x)$, donde el subíndice i se refiere a una unidad estadística o grupo (en este caso, a cada causa de muerte), y x es el tiempo. En AFD, cada $f_i(x)$ es considerada una función, y se pretende resumir, describir o analizar una muestra de funciones $f_i(x)$. Si se considera que los datos $f_{i1}(x)$, ..., $f_{in}(x)$, medidos como valores discretos, representan en realidad funciones continuas, y además se considera que dichos datos tienen error de medición (o error observacional), entonces se requiere suavizar la serie de datos para que representen mejor la función. El suavizamiento generalmente implica representar las funciones totales como combinaciones lineales de funciones base. Algunos de los métodos de suavizamiento se basan en ajustar polinomios de orden k , series de Fourier, y B-splines (Ramsay & Silverman, 2006).

El método del producto/razón es parte del conjunto de métodos para proyecciones “coherentes” (Hyndman, Booth & Yasmeen, 2011; 2013). Se denominan proyecciones “coherentes” a aquellas que tratan de modelar la relación entre las tasas demográficas de dos ó más grupos.

En el método de producto/razón en análisis funcional de datos, se estiman las funciones que componen:

- $p_t(x)$: el producto, que en realidad es la media geométrica de las tasas demográficas suavizadas de los grupos (hombres y mujeres)

$$\circ \quad p_t(x) = [f_{t,1}(x)f_{t,2}(x)\cdots f_{t,J}(x)]^{1/J}$$

- $r_{t,j}(x)$: la razón de las tasas de cada grupo entre la media geométrica $p_t(x)$.

$$\circ \quad r_{t,j}(x) = f_{t,j}(x)/p_t(x)$$

A estas series de tiempo de indicadores, se les aplica el análisis de componentes principales para determinar las funciones subyacentes. Así, el producto se puede representar de la siguiente forma:

$$\log[p_t(x)] = \mu_p(x) + \sum_{k=1}^K \beta_{t,k} \phi_k(x) + e_t(x)$$

- En donde x es la edad, $f_{t,i}(x)$ son las tasas en el tiempo t y causa i , $\mu_p(x)$ es la media geométrica geométrica suavizada por edad, $e_t(x)$ es el término residual o error, y $\beta_{t,k}\phi(x)$ es el componente temporal particular de los componentes principales k seleccionados, que denotan la interacción entre edad y tiempo.

y la razón se puede representar de la siguiente forma:

$$\log[r_{t,j}(x)] = \mu_{r,j}(x) + \sum_{l=1}^L \gamma_{t,l,j} \psi_{l,j}(x) + w_{t,j}(x).$$

- En donde x es la edad, $f_{t,j}(x)$ son las tasas en el tiempo t y causa j , $\mu_{r,j}(x)$ es la razón suavizada entre las tasas por causa j y la media geométrica $p_t(x)$, $w_{t,j}(x)$ es el término residual para cada causa j , y $\gamma_{t,l,j}\psi_{l,j}(x)$ es el componente temporal particular de los componentes principales k seleccionados, que denotan nuevamente la interacción entre edad y tiempo, para cada causa j .

Ambas funciones permiten representar a las tasas con la fórmula extendida:

$$\log[f_{t,j}(x)] = \log[p_t(x)r_{t,j}(x)] = \mu_j(x) + \sum_{k=1}^K \beta_{t,k} \phi_k(x) + \sum_{\ell=1}^L \gamma_{t,\ell,j} \psi_{\ell,j}(x) + z_{t,j}(x)$$

Los componentes principales escogidos se modelan con modelos de series cronológicas: modelos ARIMA no estacionarios para el modelo del producto, y modelos ARFIMA (ó el ARMA) para el modelo de la razón de tasas², con el fin de tener una ecuación de pronóstico con sus respectivas medidas de variabilidad (errores estándar).

Fuentes de información.

Las tasas de mortalidad se construyeron a partir de información disponible en línea. Para los denominadores, se empleó las nuevas proyecciones nacionales de población de Costa Rica (CCP & INEC, 2013). Para los numeradores, se utilizó el Registro Nacional de Defunciones procesados por el INEC de CR; los microdatos están en línea para ser analizados con cuadros en el sitio web del CCP (<http://censos.ccp.ucr.ac.cr/>), gracias al convenio entre el CCP y el INEC. Se utilizó una clasificación de las causas de muerte programada específicamente para el sitio web del CCP; esta clasificación armoniza los códigos de las causas de muerte basados en las versiones octava, novena y décima de la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-8, CIE9, CIE-10) (WHO, 2010). La base de datos en línea cuenta con información desde 1970 hasta el 2012. Se empleó una corrección por subregistro detallada en CCP & INEC (2013).

Metodología

² ARFIMA (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average) como un método referencia en el análisis de series temporales con dependencia a largo plazo. Estos tipos de modelos permiten ajustar la dinámica de largo plazo, problema comúnmente asociado a los modelos ARMA (AutoRegressive Moving Average), proporcionando una descripción más parsimoniosa de las series.

En esta sección de métodos se describen las decisiones que se tomaron en el proceso del modelamiento de AFD y en la población de análisis. Con respecto de la población, se decidió analizar únicamente la mortalidad femenina para crear información sobre causas de muerte de creciente relevancia en términos de política de salud en Costa Rica, como lo son el cáncer de mama y el cáncer cérvico-uterino. Se decidió también analizar a partir de la edad 40 porque las tasas de mortalidad son relativamente más altas que en el resto, y porque permite el análisis de defunciones debidas a algunos tipos de cáncer específicos ó más frecuentes entre las mujeres, como los dos mencionados anteriormente.

En términos de las decisiones relacionadas al AFD, en las estimaciones del producto, se escogió inicialmente un solo componente principal, que representaba el 63.9% de la variabilidad del conjunto de series de tiempo, clasificadas por edad. En el análisis de las razones, se tenían 9 grandes causas de muerte. Para cada causa de muerte, se tenía un conjunto de series de tiempo de razones por edad, por lo que se realiza un análisis de componentes principales para cada causa de muerte. Nuevamente, de manera temporal, se seleccionó un solo componente principal. A continuación se señala el porcentaje de variabilidad explicado por el primer componente para cada causa de muerte:

Enf. infecciosas:	75.9%	Enf: respiratoria crónica	44.9%
Cáncer gástrico:	67.4%	Enf. cardiovascular:	70.3%
Cáncer pulmonar:	56.0%	Diabetes Mellitus:	62.7%
Cáncer cérvico-uterino:	39.4%	Cirrosis y enf. relac. con alcohol:	62.3%
Cáncer de mama:	49.8%	Accidentes en transportes:	32.2%

Otros cáncer:	58.0%	Otros externos:	38.7%
		Causas residuales:	34.7%

Cuanto mayor sea el porcentaje de variabilidad explicada, mejor se resume la serie de tiempo por edad en cada causa de muerte; en otras palabras, las series de tiempo para cada edad tienen tendencias muy similares entre sí. Nótese que las tasas por enfermedades infecciosas y por enfermedades cardiovasculares son las que mejor se resumen en el primer componente principal; esto se debe a que los valores de las tasas son relativamente altos, mejor registrados, y con tendencias bastante uniformes debido a que las intervenciones para tratarlas son parecidas en distintas edades. Por el contrario, las grandes causas definidas en forma más ambigua son las que tienen un porcentaje menor de variabilidad explicada: Accidentes en transportes, otras causas externas, y causas residuales. Los bajos porcentajes implican que la proyección será poco precisa y potencialmente sesgada si solo se escoge el primer componente principal.

Resultados

Costa Rica es considerado un país con mortalidad muy baja en el contexto latinoamericano; es uno de los países con esperanza de vida más alta en el Hemisferio Oeste (CELADE, XX). Una buena parte de las ganancias en esperanza de vida al nacer se dieron a partir de finales de los años 60 y principios de los años 70 gracias a reducciones muy rápidas en la mortalidad infantil, logradas por mejor atención prenatal, vacunas, y un mejoramiento relativo en el nivel de vida comparado a la década de 1940. No obstante, ya desde la década de 1970 se notaba también una

reducción considerable en la mortalidad en edades medias y avanzadas por la ampliación de la cobertura del seguro social (particularmente del seguro de salud). Después de una ausencia de crecimiento en la esperanza de vida durante los primeros años de la década de 1990, la mortalidad adulta comenzó nuevamente a descender, gracias a la ampliación de la cobertura de la atención primaria en salud a través de la reforma del sector salud (Rosero-Bixby,). En el gráfico 1 se puede apreciar dos series históricas de las tasas de mortalidad específicas por edad, debidas a enfermedades infecciosas y enfermedades respiratorias crónicas. Los colores y amarillos se refieren a los primeros años del período (70ss y 80's), mientras que los colores azules oscuros y morados se refieren a los últimos años del período (primeros años del siglo XXI). Nótese que en la década de los setentas, la mortalidad por enfermedades infecciosas era más alta que la mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas, pero ya en la década del 2000, las tasas de mortalidad por edad son muy parecidas. El gráfico 1 muestra entonces que el descenso en la mortalidad por enfermedades infecciosas fue mayor que por enfermedad respiratoria crónica. El gráfico 2 muestra las series históricas de las tasas de mortalidad por diabetes (panel izquierdo) y por enfermedades relacionadas con el alcoholismo. En general, estas tasas son menores que las tasas del gráfico 1, pero llaman la atención dos características más:

- No parece haber un descenso monotónico en las tasas pues los colores morados y azulados están en el centro de la curva. En otras palabras, estos gráficos sugieren que las tasas de mortalidad por estas causas descendieron, pero volvieron después a crecer o bien se estabilizaron alrededor de algunos valores.
- Las series históricas no están tan suavizadas como las series del Gráfico 1. Este último patrón es más evidente en las muertes relacionadas con alcoholismo, pues se dan diferentes picos “hacia abajo” en el gráfico, debidos –la mayoría de los casos– a la falta de muertes en algunos grupos de edad.

No obstante, ambos gráficos demuestran que hubo un fuerte descenso de la mortalidad por edad y causas de muerte desde 1970.

Como se explicó en el Estado de la cuestión, las tasas de mortalidad se descomponen en series resumen temporales y series resumen por edad. Estas son las curvas de medias geométricas de las tasas por edad y por tiempo. Adicionalmente, se tienen razones que describen las series temporales y por edad para cada causa con respecto de las medias geométricas. En el gráfico 3 se puede observar primero la serie temporal de la media aritmética de las tasas. Nótese el descenso entre 1970 y 2010. Nótese además que las tasas están calculadas anualmente, y como las series no están suavizadas, la curva tiene picos en lugar de una tendencia monótonicamente decreciente.

Pero quizá lo más importante para describir el cambio en las tasas por causa de muerte es el panel derecho del gráfico 3 que contiene la razón de la mortalidad por causas infecciosas, así como los distintos subgráficos del gráfico 4 que tienen las restantes doce series temporales para las otras causas de muerte analizadas. En la mortalidad por causas infecciosas, se nota un descenso marcado en esta mortalidad. Además, el hecho de que la razón pasa de valores superiores a 50 a valores cercanos a 0.1 significa que el descenso de esta mortalidad fue más acelerado que el descenso promedio. Las tendencias varían por causas de muerte. La mortalidad por enfermedades cardiovasculares y por cáncer gástrico ha venido decreciendo desde 1970 y en forma más acelerada que la serie promedio. La mortalidad por cáncer pulmonar, cérvico-uterino y otros tipos de cáncer descendieron entre 1970 y 1980, pero después se han mantenido estables (con excepción de algunos picos). Un tercer grupo de causas descendieron al principio del período, pero aumentaron en años recientes, como las tasas por diabetes mellitus, cirrosis (y otras causas relacionadas con alcoholismo), accidentes de tránsito, cáncer de mama, y las causas residuales. Por último, el patrón más curioso es la serie de tasas por enfermedades respiratorias

crónicas: las tasas promedio aumentaron en forma acelerada entre 1970 para descender a partir de principios de la década de los noventas. Los otros gráficos no descritos se refieren a causas residuales cuyas tendencias se pueden describir pero no son tan claras.

Como se mencionó, las series temporales tienen picos porque no fueron suavizadas y el análisis se calculó con tasas anuales. Por el contrario, las series por edad –o series etarias– casi no tienen picos porque las tasas se calcularon para grupos quinquenales de edad. En el panel izquierdo del gráfico 5 se tienen la media geométrica de las tasas por grupos quinquenales de edad. Nótese el crecimiento exponencial que describía Gompertz hace unos cuantos siglos. Sin embargo, a partir de la edad 85, las tasas se mantienen aproximadamente constantes.

En el panel derecho del gráfico 5 se tiene la serie etaria de la razón para las tasas por enfermedades infecciosas. Su forma de J invertida que pasa de valores cercanos a 1 en la edad 40 a valores mayores a 5 después de la edad 90 sugieren que la curva de las tasas por enfermedades infecciosas crecen en forma más acelerada que las tasas promedio, a medida que aumenta la edad; en otras palabras, la mortalidad por enfermedades infecciosas se vuelve relevante en edades muy avanzadas. El gráfico 6 presenta las series etarias de las razones para las restantes 12 causas de muerte. Nuevamente se tienen 4 grupos. Hay algunas causas cuya incidencia se acelera con la edad: enfermedades respiratorias crónicas, enfermedades cardiovasculares, otras externas (a partir de la edad 65), cáncer de estómago y la categoría residual. Hay otras causas cuya importancia relativa decrece con la edad: cirrosis y enfermedades relacionadas con alcoholismo, accidentes de transporte, diabetes mellitus (a partir de la edad 60), cáncer cérvico uterino, y cáncer de mama. Casi todas las curvas muestran un decrecimiento acelerado pues tienen que contrarrestar el crecimiento de la mortalidad promedio por edad. La mortalidad por cáncer pulmonar crece desde la edad 40 hasta la edad 70 pero a un ritmo lento, pero decrece aceleradamente a partir de esta edad. Por último, la serie etaria de mortalidad por otros tipos de cáncer tiene un comportamiento

errático a medida que avanza la edad, pero esto posiblemente se deba a que en esta categoría se están aglutinando distintos tipos de tumores con etiologías muy distintas.

Para observar las proyecciones generadas por el método, se seleccionaron dos grupos de causas de muerte como ejemplo: las muertes debidas a enfermedades infecciosas (Gráfico 7) y las muertes debidas a enfermedades cardiovasculares (Gráfico 8). Se proyectó las series de tasas por edad y año durante 50 años, o sea, entre 2013 y 2062. Siguiendo con el mismo esquema de color, los colores rojos y amarillos se refieren a los primeros años del período (antes de 2020) y los colores azules y morados se refieren al final del período (a partir de 2050). Ambos gráficos sugieren que las tasas de edades más jóvenes (antes de los 60 años) se dará una reducción, mientras que en las tasas de edades más avanzadas, estas tasas van a aumentar. Las tasas por enfermedades infecciosas serán menores y caerán más aceleradamente que las tasas por enfermedades cardiovasculares. Además, las tasas de la primera causa empiezan a crecer aproximadamente a la edad 75, mientras que las tasas de la segunda causa empiezan a aumentar más tardíamente (cerca de los 80 años).

Discusión.

El método del producto/razón para proyecciones coherentes demuestra ser una herramienta útil para la estimación de las tasas de defunción por causas de muerte. Su mayor ventaja es que implícitamente toma en cuenta las interrelaciones entre las causas de muerte, y eso queda claro cuando se analizan las proyecciones por enfermedades infecciosas y enfermedades cardiovasculares, pues en ambos grupos se da el mismo patrón: decrecimiento en edades jóvenes y aumento en las edades avanzadas.

El modelo además permite analizar las tendencias promedio de las tasas para cada una de las causas de muerte, así como la estructura promedio por edad. La visualización de esta estructura

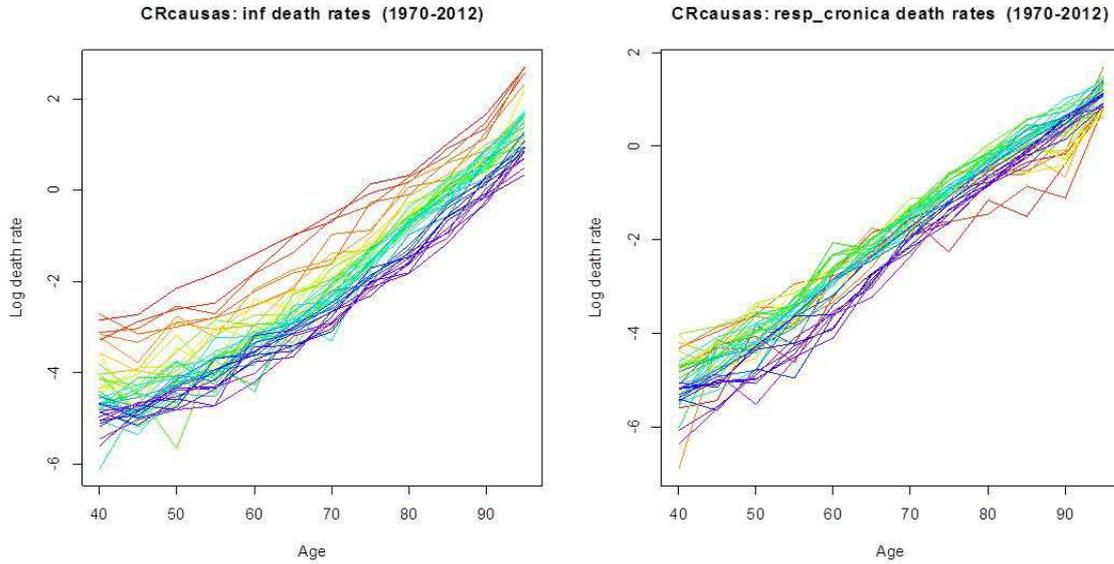
es importante porque en general, por determinación biológica, las tasas de defunción generalmente crecerán a medida que aumenta la edad, pero en algunas causas de muerte se observa que este crecimiento se desacelera con respecto del comportamiento promedio. Estas estructuras son útiles para estudios de simulación y para propuestas de intervenciones.

En términos de estudios de simulación, el modelo permitiría experimentar qué podría pasar en la esperanza de vida si la tendencia histórica de una tasa se revierte, o si alguna tecnológica médica tiene un impacto en la sobrevivencia mayor en ciertas edades que en otras. Por ejemplo, la razón media de la mortalidad por diabetes mellitus por edad tiene un pico alrededor de la edad 60; como se explicó, este patrón significa que las tasas de mortalidad por diabetes mellitus crecen a un ritmo más acelerado que el promedio antes de la edad 60, pero decrecen a partir de dicha edad. Un estudio de simulación podría preguntarse cómo cambiaría la mortalidad futura si algún nuevo tratamiento logra desacelerar las tasas de mortalidad entre adultos de edad media.

Desde el punto de vista de prioridades en políticas de salud, el análisis muestra que la mortalidad por causas tales como la diabetes mellitus, la cirrosis, los accidentes de tránsito o el cáncer pulmonar se están dando en edades relativamente tempranas (antes de los 70 años), impactando la mortalidad prematura, por lo que políticas preventivas y de atención enfocadas en estas causas podrían generar ganancias importantes en esperanza de vida (y posiblemente también en costos de la salud).

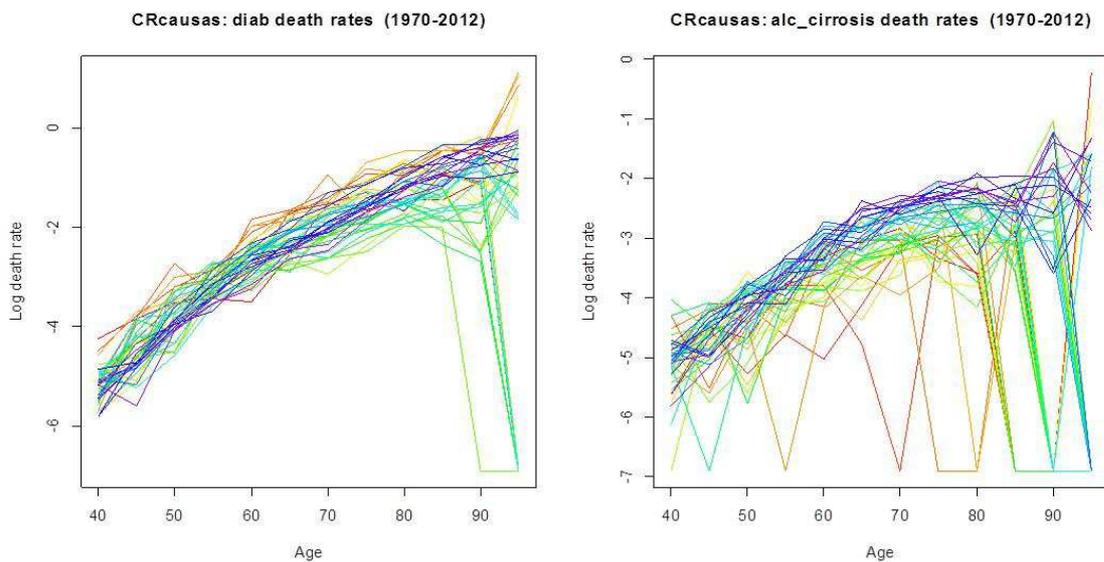
Cuadros y Gráficos

Gráfico 1. Costa Rica: Tasas de mortalidad por edad 40-95, 1970-2012, por enfermedades infecciosas y por Enfermedad Respiratoria Crónica



Nota: Los colores rojo y café se refieren a los años más distantes (cerca de 1975-1980), los colores amarillos y verdes a los últimos años de la década de 1980 y los años de la década de 1990, mientras que los colores azules y morados se refieren a los años más cercanos (primeros años del siglo XXI).

Gráfico 2. Costa Rica: Tasas de mortalidad por edad 40-95, 1970-2012, por Diabetes Mellitus, y por cirrosis u otras causas relacionadas con el alcohol.



Nota: Los colores rojo y café se refieren a los años más distantes (cerca de 1975-1980), los colores amarillos y verdes a los últimos años de la década de 1980 y los años de la década de 1990, mientras que los colores azules y morados se refieren a los años más cercanos (primeros años del siglo XXI).

Gráfico 3. Costa Rica: Componente temporal de las tasas de mortalidad por edad 40-95, 1970-2012: Media geométrica de las tasas de mortalidad, y razón de tasas por enfermedades infecciosas entre la media geométrica.

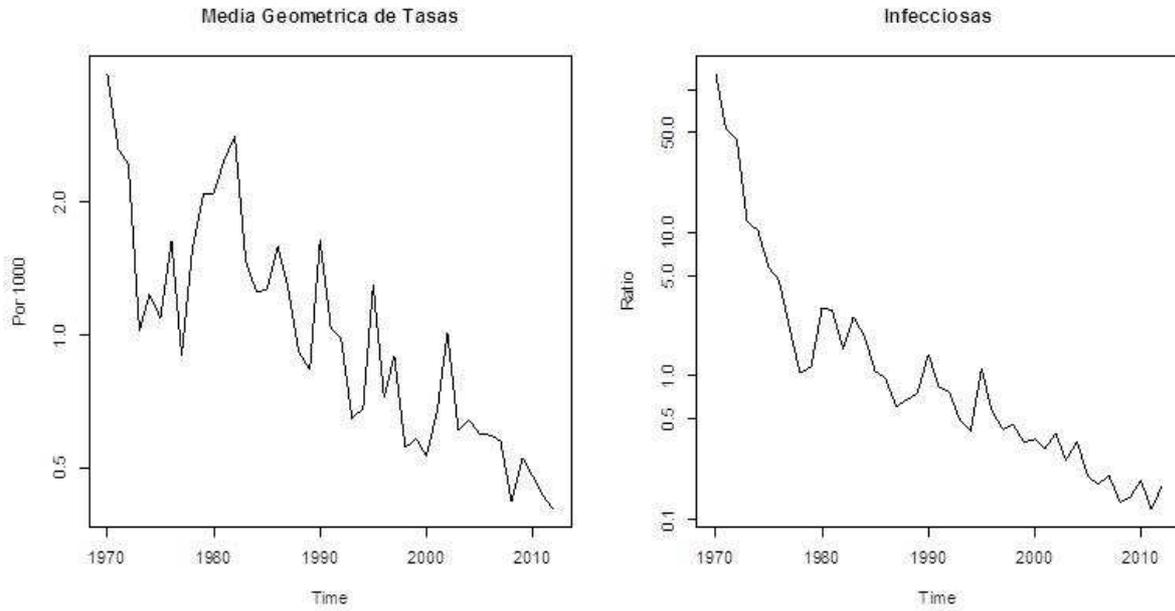


Gráfico 4. Costa Rica: Componente temporal, por grupos de causas de muerte, 1970-2012 (I Parte).

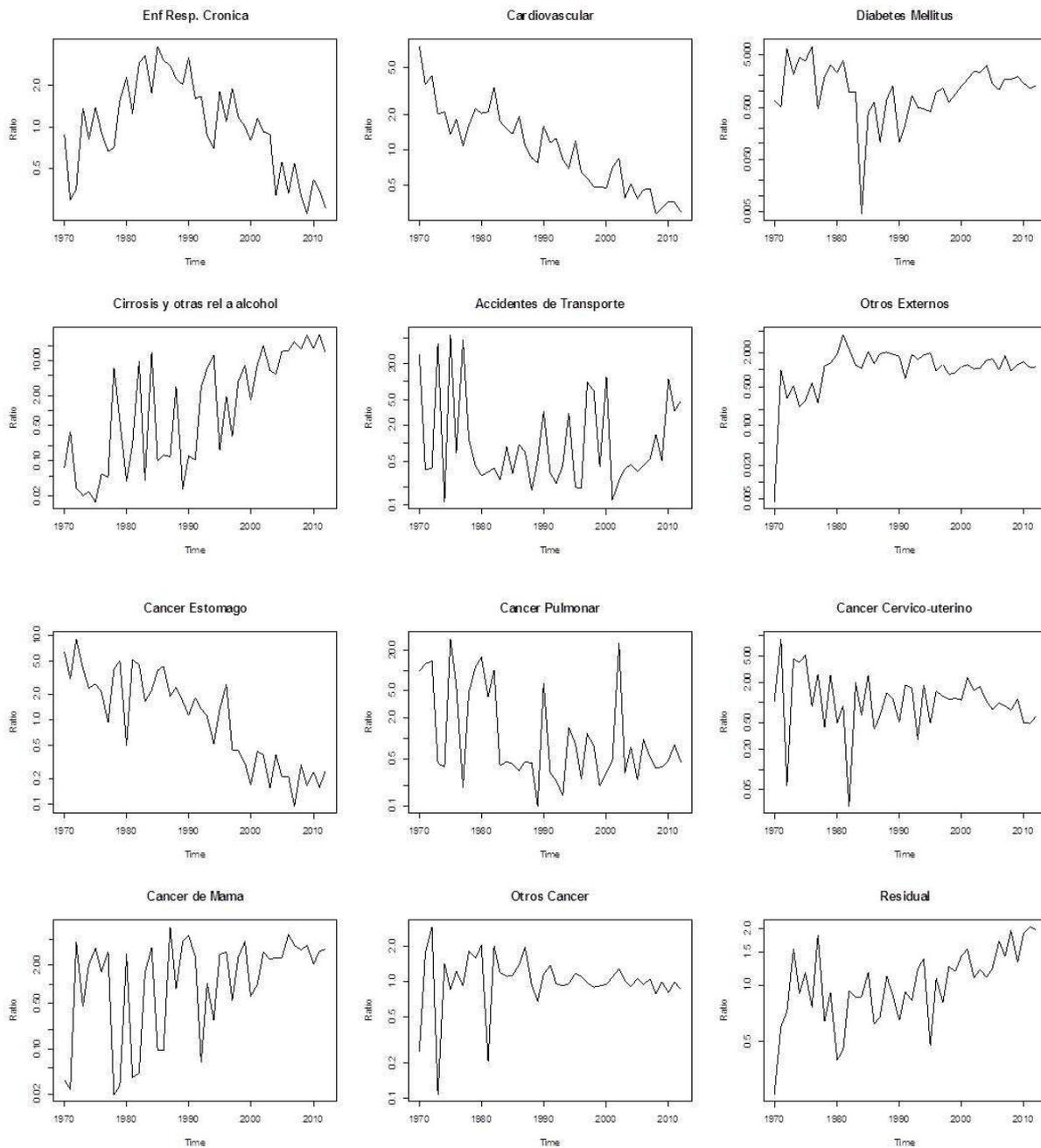


Gráfico 5. Costa Rica: Componente por edad de las tasas de mortalidad por edad 40-95, 1970-2012: Media geométrica de las tasas de mortalidad, y razón de tasas por enfermedades infecciosas, divididas entre la media geométrica.

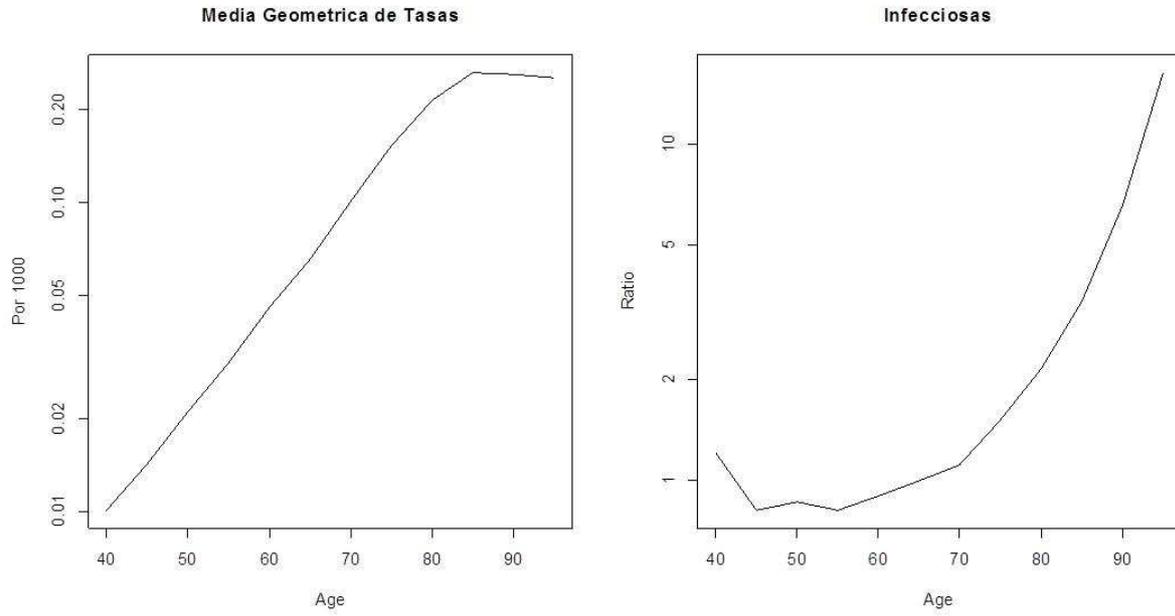


Gráfico 6. Costa Rica: Componente por edad, para cada grupo causa de muerte, 1970-2012.

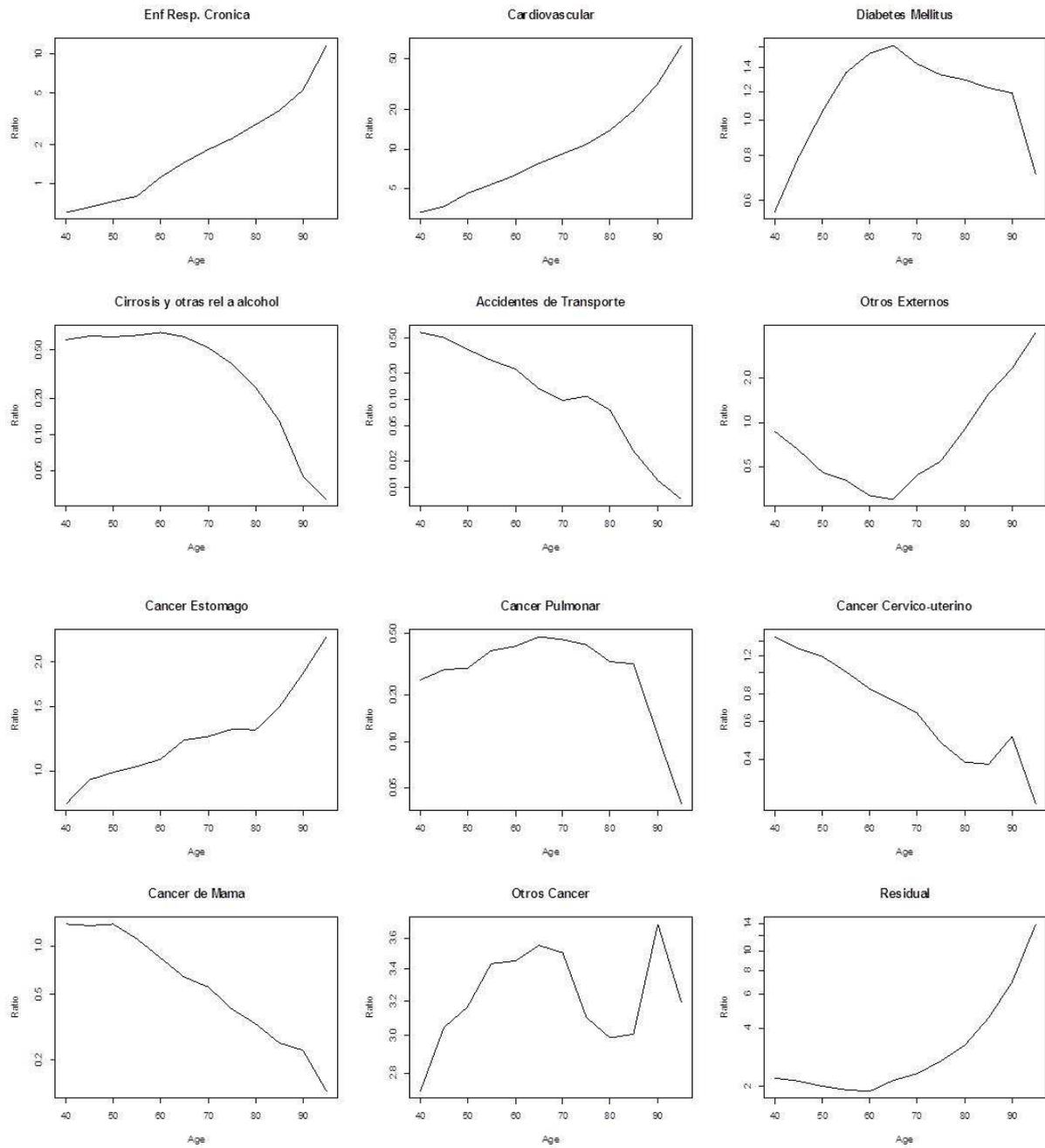
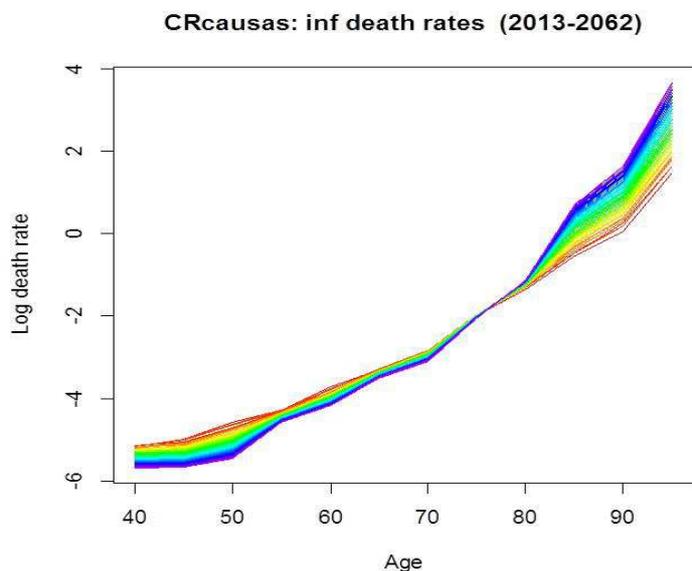
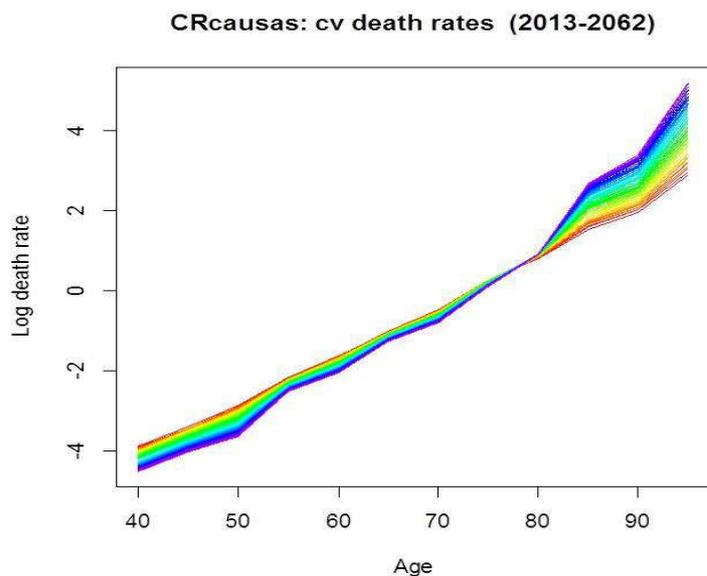


Gráfico 7. Costa Rica: Proyección de las tasas de mortalidad por edad debido a enfermedades infecciosas, 40-95 años, 2013-2063



Nota: Los colores rojo y café se refieren al inicio del período (años cercanos a 2013, los colores amarillos y verdes a los años intermedios (alrededor de 2030-2040), y los colores azules y morados se refieren al final del período (años posteriores a 2050).

Gráfico 8. Costa Rica: Proyección de las tasas de mortalidad por edad debido a enfermedades cardiovasculares, 40-95 años, 2013-2063



Nota: Los colores rojo y café se refieren al inicio del período (años cercanos a 2013, los colores amarillos y verdes a los años intermedios (alrededor de 2030-2040), y los colores azules y morados se refieren al final del período (años posteriores a 2050).

Bibliografía

- CELADE (2010). Observatorio Demográfico No. 9. Mortalidad. Santiago de Chile: Centro Latinoamericano y del Caribe de Demografía, No. 9, Año V.
- CELADE (2011). Observatorio Demográfico No. 7. Proyección de Población. Santiago de Chile: Centro Latinoamericano y del Caribe de Demografía, No. 7, Año V
- Hyndman, R. J., Booth, H., & Yasmineen, F. (2013). Coherent mortality forecasting: the product-ratio method with functional time series models. *Demography*, 50(1), 261-283.
- Hyndman RJ, Booth H, Yasmineen F (2011). “Coherent mortality forecasting: the product-ratio method with functional time series models”. Monash University, Department of Econometrics and Business Statistics. Working Paper 01/11.
- Hyndman RJ, Shang HL(2009). “Forecasting functional time series”. Journal of the Korean Statistical Society (2009), 38(3), 199–221.
- Hyndman RJ, Ullah MS (2007). “Robust forecasting of mortality and fertility rates: a functional data approach”. *Computational Statistics & Data Analysis* (2007), 51, 4942–4956.
- Ramsay JO, Silverman BW (2006), *Functional Data Analysis*, 2nd ed., Springer, New York.
- Rosero Bixby L (2008). “Estimaciones y proyecciones de población por distrito y otras áreas geográficas: Costa Rica 1970-2030. (Actualizadas en 2008). San Jose, C.R.: CCP / INEC.
- Belliard, M., & Williams, I. (2013). Proyección estocástica de la mortalidad. Una aplicación de Lee-Carter en la Argentina. *Revista Latinoamericana de Población*, 13:129-148.
- Raftery, A.E., Chunn, J.L., Gerland, P., & Ševčíková, H. (2013). Bayesian probabilistic projections of life expectancy for all countries. *Demography*, 50(3), 777-801.
- Aguilar Fernández, E. (2013). Estimación y proyección de la mortalidad para Costa Rica con la aplicación del método Lee-Carter con dos variantes. *Población y Salud en Mesoamérica*, 11(1).

- CCP & INEC (2013). *Costa Rica: Estimaciones y Proyecciones de Población por sexo y edad 1950-2050*. San José, Costa Rica: Publicaciones del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), marzo 2013.
- Notestein, F.F. (1953). "Economic problems of population change". In: Proceedings of the Eighth International Conference of Agricultural Economists, pp. 13-31.
- Coale, A. J. (1984). The demographic transition. *The Pakistan Development Review*, 23(4):531-552.
- WHO World Health Organization (2010). International Classification of Diseases 10th Revision. En: <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2010/en>. Revisado el 18 de marzo de 2014.
- Omran AR (1971). "The epidemiological transition: a theory of the epidemiology of population change. *Milbank Memorial Fund Quarterly* 49: 509-538.
- Horiuchi S (1999). "Epidemiological transitions in human history," In: United Nations, *Health and Mortality - Issues of Global Concern*. New York: United Nations, pp. 54-71.
- Villasana López, P. E. (2007). La investigación en salud pública: De la transición epidemiológica a la transición epistemológica. *Revista Cubana de Salud Pública*, 33(4), 0-0.
- Bolaños, M. V. (2000). Revisión crítica a la teoría de la transición epidemiológica. *Papeles de Población*, 6(25): 179-206.
- Olshansky, Jay, & Ault B. (1986), "The fourth stage of the epidemiological transition: the age of delayed degenerative diseases", *The Milbank Memorial Fund Quarterly*, 64(3): .
- Di Cesare, M. (2011). El perfil epidemiológico de América Latina y el Caribe: desafíos, límites y acciones. *Documento de proyecto de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Organización de las Naciones Unidas*.
- De Maio, F. G. (2011). Understanding chronic non-communicable diseases in Latin America: towards an equity-based research agenda. *Global Health*, 7(1), 36.
- Lee R.D., & Carter L.R. (1992). Modeling and forecasting US mortality. *Journal of the American statistical association*, 87(419), 659-671.
- Lee, R. & Rofman, R. (1994). Modelación y Proyección de la Mortalidad en Chile. *Notas de Población*, 22(59):182-213.

García Guerrero, V.M. & Ordorica Mellado, M. (2012). "Proyección estocástica de la mortalidad mexicana por medio del método de Lee-Carter." *Estudios Demográficos y Urbanos*: 409-448.