



**CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS,  
URBANOS Y AMBIENTALES**

ANÁLISIS DE PATRONES Y AJUSTE MATEMÁTICO DE LAS  
PRINCIPALES CAUSAS DE MUERTE EN MÉXICO 1979 A 2008

Tesis presentada por

CLAUDIO ALBERTO DÁVILA CERVANTES

Para optar por el grado de

DOCTOR EN ESTUDIOS DE POBLACIÓN

Co-directores de tesis

MTRO. ALEJANDRO MINA VALDÉS

DR. MANUEL ORDORICA MELLADO

MÉXICO, D.F.

Julio 2012





**CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS,  
URBANOS Y AMBIENTALES**

**Constancia de aprobación**

Co-directores de tesis:                   MTRO. ALEJANDRO MINA VALDÉS  
  DR. MANUEL ORDORICA MELLADO

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. Mtro. Alejandro Mina Valdés \_\_\_\_\_
  
2. Dr. Manuel Ordorica Mellado \_\_\_\_\_
  
3. Dra. Ma. del Rosario Cárdenas Elizalde \_\_\_\_\_
  
4. Dr. Alejandro Francisco Aguirre Martínez (Suplente) \_\_\_\_\_



A MELISA CON TODO MI AMOR

A MIS PADRES EUGENIA Y GUILLERMO POR SU AMOR Y APOYO

A MI HERMANA ANDREA Y MI SOBRINO DIEGO



## *Agradecimientos*

En primer lugar, les agradezco a mis directores de tesis, Alejandro Mina y Manuel Ordorica por su apoyo, motivación y amistad a lo largo del proceso de tesis y durante todos estos años.

A mis lectores, Rosario Cárdenas y Alejandro Aguirre por sus atinados comentarios, sugerencias y apoyo, no solo para este trabajo, sino a lo largo de mis estudios de maestría y doctorado.

Un agradecimiento muy especial a los todos los profesores del Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales de El Colegio de México quienes me han motivado y apoyado a lo largo de mis estudios desde la maestría y que me permitieron obtener los conocimientos necesarios para la elaboración de este trabajo.

Agradezco mucho todo el apoyo que me han brindado tanto la directora actual del CEDUA, Silvia Giorguli, como las coordinadoras del Doctorado en Estudios de Población que hubo a lo largo de mis estudios, Estela Rivero, Fátima Juárez y María Eugenia Zavala. A Silvia Alejandra Franco, secretaria del doctorado, por su apoyo y amabilidad para ayudarme a lo largo del Doctorado.

A El Colegio de México, institución que me brindó la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado, tanto maestría y doctorado, durante este periodo de 6 años.

Este trabajo y los estudios que le anteceden fueron realizados gracias al apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por haberme apoyado a través de su programa de becas nacionales para realizar mis estudios de maestría y doctorado.

A Melisa por todo su amor y cariño a lo largo de estos maravillosos años que llevamos juntos.

A mis padres por su apoyo incondicional, sus consejos y por todo su amor.

A mi hermana Andrea por su apoyo y motivación para cumplir esta meta y a mi sobrino Diego.

A Carmen y Matilde por brindarme todo su cariño y apoyo.

A mis amigos y compañeros de la promoción 2008-2012 del Doctorado en Estudios de Población por su apoyo y amistad a lo largo de estos años, especialmente a Marcela, Carolina, Laura, Mirna y Sergio con quienes pasé momentos muy gratos y entablé una gran amistad.

A Nelly y a mi tío Guillermo con todo mi cariño y por su constante e incondicional apoyo.

¡Gracias!

## *Resumen*

El aumento de la esperanza de vida en el país, junto con el relativo estancamiento de las ganancias del indicador y el envejecimiento poblacional, ha provocado un creciente interés en la descripción de los patrones de mortalidad y en la realización de comparaciones entre países. La cuestión frente al menor crecimiento del indicador es analizar cómo se puede continuar incrementando; parte de la respuesta está en entender como el patrón de la mortalidad en una población se relaciona con la distribución de las causas de muerte. El aumento de la esperanza de vida ha sido acompañado (o provocado) por un cambio en la distribución de las causas de muerte, durante el cual las enfermedades infecciosas han disminuido, y se da un predominio de las crónico-degenerativas. Esta relación entre la estructura de causas de muerte de una población y su patrón por edad de la mortalidad se formalizó en la Teoría de la Transición Epidemiológica.

En este marco, este trabajo presenta un análisis de las tendencias y patrones de comportamiento de las principales causas de muerte en México en los últimos 30 años (diabetes, enfermedades cardiovasculares y tumores); a partir de éstos, se resume y ajustan estos patrones por medio de la estimación de funciones matemáticas y/o estadísticas, para cada causa. Para ello, de inicio, se presenta el contexto socioeconómico y demográfico del país en el periodo de 1979 a 2008; y se compara con otros, utilizando indicadores demográficos como: tasa global de fecundidad, esperanza de vida, tasa de mortalidad infantil, para situarlo en el contexto mundial.

Se expone un panorama general de la mortalidad por causas con énfasis en las causas crónico-degenerativas y en especial con los tres grupos de causas de muerte seleccionadas. Una de las principales características de estos padecimientos es que presentan una etiología multifactorial e incierta, con factores que pueden ser genéticos y de estilo de vida, largos periodos de incubación y periodos subclínicos, y muchas son asintomáticas, todo ello dificulta su diagnóstico y estudio. También, no existen tratamientos efectivos que las eliminen, y tienen un gran impacto en la población adulta con una alta demanda de atención en salud; por ello las enfermedades crónicas son uno de los mayores retos que enfrenta el sistema de salud. Por esto se eligieron estos grupos de causas de muerte como aquellas sobre las que se realizaron los ajustes.

Se utilizaron estadísticas de mortalidad del INEGI para 1979 a 2008, por causa de muerte, edad, sexo, y por lugar y fecha de registro. Estos datos tienen ciertas deficiencias en cuanto a subregistro y falta de cobertura ya que hay regiones del país poco accesibles. Por ello se evaluó

la calidad de estas estadísticas mediante el cálculo de pirámides de defunciones analizando estructura por edad de las defunciones; se evaluó la declaración de edad para defunciones con los Índices de Whipple y Myers. Para analizar la tendencia y comportamiento de las causas de muerte se estudiaron la edad media, mediana, edad moda a la muerte y la varianza de las defunciones; también, se calcularon las tasas específicas por causa de muerte y las probabilidades de defunción encontrando que tienen un comportamiento regular, con tasas bajas en las primeras edades, para luego irse incrementando con la edad de manera significativa.

Posteriormente se llevaron a cabo los distintos ajustes de las tres causas de muerte, tomando también el total de defunciones y el resto de defunciones, para las funciones Gompertz, Gompertz-Makeham y Lazarus obteniendo los parámetros por el método de los grupos no superpuestos y los parámetros óptimos obtenidos por medio de iteraciones. Como se observó que en ciertas edades el ajuste no fue del todo satisfactorio, en las edades infantiles y en las edades mayores, se realizó una corrección lineal para mejorar el ajuste y rectificar ciertas incongruencias encontradas en la serie de supervivientes y las  $q_x$ . Si bien este método corrigió estos problemas y mejoró el ajuste, todavía no se consideró del todo adecuado para representar matemáticamente el comportamiento de las causas de muerte, especialmente en edades menores y en las mayores.

Aprovechando el conocimiento adquirido en la corrección previa sobre las edades en las cuales no hay un buen ajuste, se calculó una corrección polinómica de éstos calculando polinomios de 5to y 6to grados en las edades jóvenes y en las mayores que fue donde se observaron los principales problemas de los ajustes previos. Esta corrección por polinomios de la función Lazarus mejora sustantivamente la bondad de ajuste de las causas de muerte pero tiene el inconveniente de que no es parsimonioso (puesto que tiene una gran cantidad de parámetros) y en ciertas edades no tiene una unión suave entre el polinomio y la función de supervivencia.

Tomando esto en cuenta, se realizó un ajuste de las causas de muerte por medio de splines cúbicos utilizando 5 nodos entre las edades 4 a 80 años y ajustando polinomios también de tercer grado en las primeras y últimas edades de la curva de mortalidad. Como principales resultados de este ajuste se tiene que su bondad de ajuste es menor que la corrección polinómica de Lazarus, pero tiene la ventaja de tener una unión suave entre los polinomios del spline.

Entonces, gracias a la realización de estos distintos ajustes se propuso un ajuste *final* que incluyera la combinación de los distintos métodos para unir las diferentes ventajas que se observaron a lo largo de la investigación. El ajuste *final* incluye un polinomio de 3er grado en las

primeras cuatro edades de la tabla de vida que ajusta de manera perfecta la mortalidad infantil y de la niñez; el primer polinomio del spline cúbico, que ajusta de la edad 4 a la edad del segundo nodo (25 a 35 años dependiendo la causa de muerte) que ajusta de manera correcta las edades de la niñez, adolescencia y adultos jóvenes; del nodo del spline hasta los 80 años se utiliza la función Lazarus para estimar las edades adultas; finalmente para las edades mayores a 80 años se ajusta un polinomio de tercer grado que respeta la concavidad en esa parte de la curva.

Esta combinación de métodos se cree que es un buen ajuste, relativamente parsimonioso de la mortalidad general y de la mortalidad por causas. La función final cumple con la propiedad de parsimonia, puesto que no solamente proporciona un ajuste adecuado, similar o superior en algunas causas de muerte a los ajustes previos, sino que el número de parámetros estimados es relativamente bajo (17 parámetros); se considera que es relativamente flexible puesto que ajusta adecuadamente tres grupos de causas de muerte. Se realizó una interpretación demográfica de cada parámetro modificando el valor de uno solo, aumentándolo o disminuyéndolo, mientras se dejan fijos los otros. Con esto se estudia qué efecto tienen éstos en los años persona-vividos ( ${}_nL_x$ ) y la esperanza al nacimiento ( $e_0$ ) y con ello se interpreta el significado de éstos. Los cambios se hicieron en la misma proporción para que el efecto fuera comparable.

Finalmente, a manera de aplicación práctica, se realizó una estimación futura de la mortalidad por causas utilizando la función propuesta, para 2015 y 2020. Esto se realizó para calcular las ganancias en esperanza de vida futuras, si se eliminara alguna de las causas de muerte. Estas ganancias se calcularon por medio del método de Cerisola (1968). Para realizar esto se observó la tendencia de los parámetros en el tiempo (1980 a 2007) y se ajustó alguna función con la motivación de extrapolar su valor hasta el 2015 y 2020. Una vez con el valor de la función en esos años, se calculó la serie de supervivientes futura para cada causa de muerte y se estimaron las ganancias en esperanza de vida. Como resultados de la estimación para el 2015 y 2020, se tiene que: para diabetes existe una tendencia hacia el aumento de las ganancias en esperanza de vida en ambos sexos lo que se relaciona con el incremento en la mortalidad por esta causa; para enfermedades cardiovasculares, en ambos sexos, hay una cierta tendencia a disminuir las ganancias, lo que, habla de una ligera disminución del impacto de la mortalidad por esta causa; en tumores, se tiene un ligero incremento del indicador para ambos sexos en ambos periodos analizados; para el resto de defunciones continúa la disminución de las ganancias en cuanto a los niveles de este indicador.



# Índice

<i>Introducción</i> .....	11
<b>1. Capítulo I – Planteamiento del problema y antecedentes sobre el tema</b> .....	15
<b>1.1. Marco Contextual</b> .....	15
1.1.1. Periodo 1970 a 2000.....	15
1.1.2. Primeros años del siglo XXI.....	19
1.1.3. Comparación de México con algunos países del resto del mundo en ciertos indicadores demográficos y de salud.....	25
1.1.4. Panorama general de la mortalidad por causas en México en el periodo de estudio ..	27
<b>1.2. Planteamiento del problema de investigación</b> .....	29
1.2.1. Objetivo general de la investigación .....	30
1.2.2. Objetivos específicos.....	31
1.2.3. Justificación dentro del marco de los estudios de población.....	31
1.2.4. Delimitación geográfica y temporal del estudio.....	34
1.2.5. Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE) .....	34
1.2.6. Preguntas de investigación .....	36
1.2.7. Hipótesis de Investigación.....	36
<b>1.3. Antecedentes demográficos y matemáticos</b> .....	38
1.3.1. Modelos matemáticos y demográficos .....	38
1.3.2. Graduación de los fenómenos demográficos.....	42
<b>1.4. Estudios previos sobre la graduación matemática</b> .....	46
1.4.1. Estudio de Rogers y Castro sobre migración.....	46
1.4.2. Heligman y Pollard: Ajuste de patrones de mortalidad .....	48
1.4.3. Modelos paramétricos para tablas de vida (Carriere, 1992).....	49

1.4.4. Hartmann: Acercamientos pasados y recientes de modelar la mortalidad en todo el rango de edad.....	50
1.4.5. Reflexión sobre el ajuste de la función Gompertz en distintas edades.....	52
1.4.6. Himes: Patrones por edad de la mortalidad y estructuras de las causas de muerte .....	54
<b>1.5. Antecedentes en salud .....</b>	<b>55</b>
1.5.1. Mortalidad por enfermedades crónico-degenerativas.....	57
1.5.2. Sobrepeso y Obesidad .....	60
1.5.3. Principales enfermedades crónico-degenerativas.....	63
1.5.4. Enfermedades Cardiovasculares.....	63
1.5.5. Diabetes Mellitus.....	65
1.5.6. Tumores .....	69
<b>1.6. Reflexión sobre el alargamiento de la vida en edades mayores .....</b>	<b>72</b>
1.6.1. El estudio del envejecimiento poblacional .....	72
1.6.2. Consecuencias económicas de la disminución de la mortalidad .....	75
1.6.3. Un breve acercamiento al significado del incremento de la esperanza de vida .....	77
<b>2. Capítulo II - Marco teórico y ejes analíticos.....</b>	<b>81</b>
<b>2.1. Teoría de la Transición Demográfica .....</b>	<b>81</b>
<b>2.2. Teoría de la Transición Epidemiológica .....</b>	<b>84</b>
<b>2.3. Teoría de la Transición en Salud .....</b>	<b>88</b>
<b>2.4. Relación entre la mortalidad por causas y la mortalidad general.....</b>	<b>92</b>
<b>2.5. Teoría de la Fiabilidad del Envejecimiento y Longevidad .....</b>	<b>93</b>
2.5.1. Teorías evolucionistas del envejecimiento .....	94
2.5.2. La redundancia dentro de la teoría de la fiabilidad .....	97
2.5.3. Las funciones Gompertz y Weibull dentro de la teoría de la fiabilidad.....	99
2.5.4. Modelos considerados dentro del análisis de la teoría de la fiabilidad .....	101

2.5.5. Conclusiones de la Teoría.....	104
2.5.6. Apoptosis .....	104
<b>3. Capítulo III - Elaboración metodológica.....</b>	<b>107</b>
<b>3.1. Principales Indicadores de la Mortalidad.....</b>	<b>107</b>
3.1.1. Tasas específicas de mortalidad por edad y sexo .....	107
3.1.2. Tasa de mortalidad infantil.....	108
3.1.3. Esperanza de vida .....	109
<b>3.2. Evaluación de la declaración de edad en defunciones .....</b>	<b>109</b>
3.2.1. Histogramas de defunciones.....	109
3.2.2. Índice de Whipple.....	111
3.2.3. Índice de Myers .....	111
<b>3.3. Medidas de tendencia central.....</b>	<b>112</b>
3.3.1. Media .....	112
3.3.2. Mediana .....	113
3.3.3. Moda.....	114
3.3.4. Varianza.....	114
<b>3.4. Antecedentes Metodológicos .....</b>	<b>115</b>
3.4.1. Tablas de Vida.....	115
3.4.2. Obtención de tablas de vida a partir de las estadísticas vitales .....	117
3.4.3. Tablas de vida de decrementos múltiples .....	118
3.4.4. Método de Cerisola para el análisis de la mortalidad por causas .....	119
3.4.5. Funciones de supervivencia.....	122
3.4.6. Modelos de supervivencia adecuados para el análisis de mortalidad.....	123
3.4.7. Splines .....	133

<i>4. Capítulo IV - Fuentes de Datos, Análisis Exploratorio de Datos y Estructuras por edad de las defunciones.....</i>	<i>137</i>
<b>4.1. Fuentes de información y datos a utilizar .....</b>	<b>137</b>
<b>4.2. Evaluación de la calidad de datos de defunciones .....</b>	<b>140</b>
4.2.1. Histogramas de defunciones .....	140
4.2.2. Índice de Whipple.....	147
4.2.3. Índice de Myers .....	150
<b>4.3. Medidas de tendencia central.....</b>	<b>155</b>
4.3.1. Edad media a la muerte .....	155
4.3.2. Edad mediana a la muerte.....	158
4.3.3. Edad moda a la muerte .....	160
4.3.4. Varianza de las defunciones .....	163
<b>4.4. Análisis de las tasas específicas de mortalidad y de las probabilidades de muerte..</b>	<b>166</b>
4.4.1. Tasas específicas de mortalidad .....	166
4.4.2. Probabilidades de fallecimiento.....	170
<i>5. Capítulo V - Caracterización de las estructuras por edad de las defunciones mediante funciones de supervivencia y diferentes ajustes a estas estructuras .....</i>	<i>175</i>
<b>5.1. Caracterización de las estructuras por edad de las defunciones mediante funciones de supervivencia conocidas.....</b>	<b>176</b>
5.1.1. Gompertz .....	177
5.1.2. Gompertz – Makeham .....	180
5.1.3. Lazarus.....	182
<b>5.2. Ajuste de parámetros óptimos .....</b>	<b>185</b>
5.2.1. Gompertz .....	186
5.2.2. Gompertz – Makeham .....	187

5.2.3. Lazarus.....	188
<b>5.3. Ajuste lineal .....</b>	<b>191</b>
5.3.1. Gompertz .....	192
5.3.2. Gompertz – Makeham .....	192
5.3.3. Lazarus.....	193
<b>5.4. Ajuste polinómico .....</b>	<b>197</b>
<b>5.5. Ajuste por medio de splines cúbicos .....</b>	<b>202</b>
<b>5.6. Resumen de los distintos ajustes .....</b>	<b>207</b>
<b>6. Capítulo VI - Selección, interpretación y modelación teórica del ajuste final.....</b>	<b>211</b>
<b>6.1. Selección y cálculo del ajuste final .....</b>	<b>211</b>
6.1.1. Gompertz vs Gompertz-Makeham (GM) .....	212
6.1.2. Gompertz-Makeham vs Lazarus .....	214
6.1.3. Análisis del ajuste con la función Lazarus .....	216
<b>6.2. Análisis de Parámetros .....</b>	<b>218</b>
6.2.1. Total de defunciones.....	219
6.2.2. Diabetes Mellitus.....	225
6.2.3. Enfermedades Cardiovasculares.....	225
6.2.4. Tumores .....	226
6.2.5. Resto de defunciones .....	227
<b>6.3. Interpretación y explicación teórica de los parámetros.....</b>	<b>228</b>
6.3.1. Edades infantiles.....	228
6.3.2. Edades jóvenes .....	236
6.3.3. Edades adultas (Lazarus).....	243
6.3.4. Edades adultas mayores.....	266
<b>6.4. Simulación de las ganancias en esperanza de vida 2015 y 2020.....</b>	<b>274</b>

6.5. Conclusiones del capítulo.....	291
<i>Conclusiones Generales</i> .....	293
<i>Anexos</i> .....	305
Anexo I- Tasa de crecimiento y esperanza de vida nacional .....	305
Anexo II- Índices de Whipple, Myers total y Myers para el análisis exploratorio de la preferencia por dígito.....	306
Anexo III- Tablas de medidas de tendencia central.....	313
Anexo IV- Tasas específicas de mortalidad y gráficas de las probabilidades de muerte	317
Anexo V- Bondad de ajuste para estimación por parámetros originales y óptimos .....	325
Anexo VI- Gráficas Bondad de ajuste estimación parámetros originales y óptimos.....	328
Anexo VII- $R^2$ , estimación por corrección lineal de funciones de supervivencia .....	331
Anexo VIII- Gráficas de $R^2$ estimación por corrección lineal de funciones de supervivencia .....	334
Anexo IX- Bondad de ajuste de estimación por corrección polinómica de la función de supervivencia Lazarus .....	337
Anexo X- Gráfica de la bondad de ajuste de estimación por corrección polinómica de la función de supervivencia Lazarus .....	338
Anexo XI- Bondad de ajuste de la estimación <i>final</i> con las funciones de supervivencia	339
Anexo XII- Gráficas de la bondad de ajuste de la estimación <i>final</i> .....	342
Anexo XIII- Valores de los parámetros de la función <i>final</i> .....	345
Anexo XIV- Tendencia de parámetros de la función <i>final</i> .....	350
Anexo XV- Gráficas efecto de cambios a los parámetros, en la curva de mortalidad....	367
<i>Bibliografía</i> .....	383
<i>Índice de Cuadros</i> .....	393
<i>Índice de Gráficas</i> .....	395

## ***Introducción***

La supervivencia ha sido una preocupación central de la humanidad desde el origen de la especie, y sin embargo, durante mucho tiempo los seres humanos no fueron particularmente exitosos para defenderse de la privación, enfermedades, destrucción y muerte (Smith et al., 2001). Hasta hace unos 200 años, la esperanza de nacimiento era solamente de 25 a 40 años, aún en los países más ricos, y estos niveles no eran mucho más elevados que hace miles de años.

Durante el siglo pasado, se presentaron incrementos sustanciales en la esperanza de vida de la mayoría de las poblaciones. Estos incrementos fueron provocados principalmente por avances científicos, médicos, de salud pública, y en general, por una mejora en los estándares de vida; en ese periodo la esperanza de vida se incrementó a más de 75 años en los países de altos ingresos y a más de 60 en muchos países de ingresos medios (Smith et al., 2001). Aún los países más pobres tuvieron ganancias en cuanto a este indicador en la segunda mitad del siglo XX. Estos cambios en la esperanza de vida han tenido impactos dramáticos en el tamaño y composición de las poblaciones.

En México, durante el siglo XX, se observó también una profunda transformación de la mortalidad. Después de la Revolución Mexicana, se presentó en el país una paulatina disminución de la mortalidad, gracias a muchos factores entre los que destacan modificaciones en el nivel de vida de la población y los primeros programas de salud pública (Camposortega, 1997). Esta tendencia continuó durante todo el siglo y se vio reflejada en el aumento de esperanza de vida durante el periodo mencionado, en el cual este indicador alcanzó un nivel de 74 años al final del siglo, cuando su nivel en 1920 era de aproximadamente 30 años.

Una característica de este aumento en la esperanza de vida (como más adelante veremos de forma más detallada) es que en el periodo de 1940 a 1960 las ganancias en cuanto a este indicador fueron muy grandes puesto que en esos 20 años, la esperanza de vida aumentó casi 19 años. Posteriormente, si bien se siguieron presentando ganancias en cuanto a este indicador, el ritmo al que se presentaron éstas fue considerablemente menor, ya que en los siguientes 50 años aumentó *solamente* 18 años aproximadamente.

Esta situación se dio principalmente porque en los años cuarenta y cincuenta se controlaron con éxito las causas de muerte más susceptibles de eliminación: las enfermedades

infecciosas y parasitarias, y se disminuyó de forma importante la mortalidad infantil. Sin embargo, después de ese periodo, las enfermedades crónico-degenerativas (como enfermedades cardiovasculares, diabetes, neoplasmas, etc.), así como las muertes por causas externas (accidentes y muertes violentas), tuvieron una mayor presencia relativa dentro del perfil epidemiológico del país<sup>1</sup>. Esto implica que, al ser estas causas de muerte las más difíciles de controlar, debido a que requieren de una mayor infraestructura médica y de salud pública, mayores avances técnicos, un mejor nivel de vida de la población y una cultura de prevención, el ritmo de aumento en la esperanza de vida se haya vuelto paulatinamente más lento.

De esta forma, este paulatino alargamiento de la esperanza de vida en el país, junto con el relativo estancamiento de las ganancias en cuanto a este indicador, han provocado un creciente interés tanto en la descripción de los patrones de mortalidad, como en la realización de comparaciones entre países, regiones y entre distintos periodos de tiempo. La cuestión central que se han planteado varios investigadores, frente a su menor crecimiento, es analizar de qué forma se puede continuar incrementando la esperanza de vida de la población; y parte de la respuesta se encuentra en entender como el patrón de la mortalidad en una población se relaciona con la distribución de las causas de muerte en esa población (Himes, 1994).

Como se verá más adelante, este aumento de la esperanza de vida en el país ha sido acompañado también por un cambio en la distribución de las causas de muerte, durante el cual las enfermedades infecciosas han disminuido, y esta distribución tiende hacia un patrón con un predominio de enfermedades crónicas y degenerativas. La naturaleza de la relación entre la estructura de causas de muerte de una población y su patrón por edad de la mortalidad fue formalizado por primera vez por Omran (1971) en la Teoría de la Transición Epidemiológica. Este patrón se ha observado en varias poblaciones, especialmente en aquellas que han alcanzado niveles bajos de mortalidad, y sin embargo, sigue sin ser del todo clara la manera en que distintos patrones de causas de muerte se traducen en patrones por edad de la mortalidad, una vez que los países han alcanzado niveles bajos de la mortalidad (Himes, 1994).

En cuanto a la distribución por edad del total de defunciones del país para hombres y mujeres, se ha observado que en general, existe una sobremortalidad masculina para casi todas

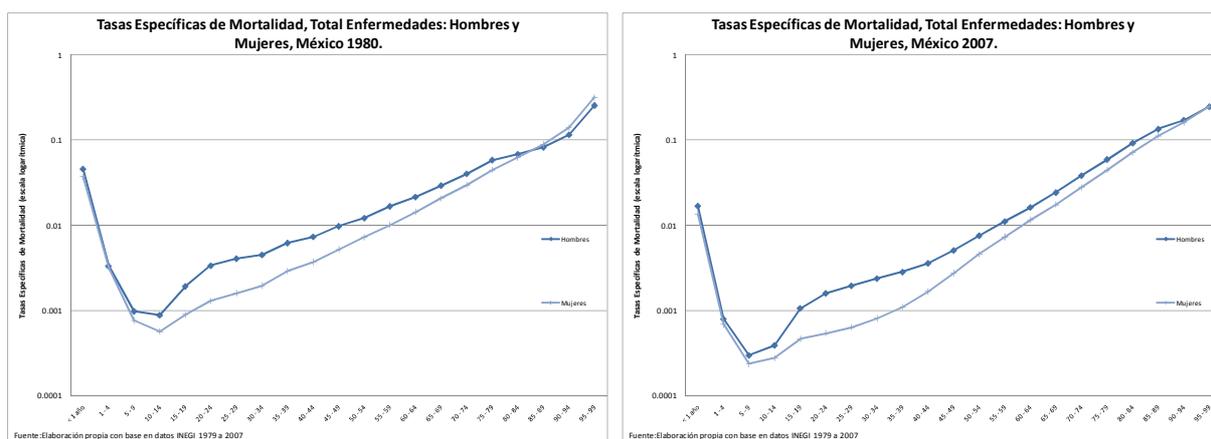
---

<sup>1</sup> Más adelante en el texto, se presenta una breve descripción de la evolución del perfil epidemiológico, del país a lo largo del siglo XX y principios del XXI.

las edades, particularmente en las edades entre los 15 y los 60 años de edad<sup>2</sup>. A manera de ejemplo, en este apartado se muestra que la mortalidad del país, en 1980 y 2007 sigue el típico patrón en forma de “j”, observado en muchas poblaciones<sup>3</sup>. Este patrón está provocado por una mayor mortalidad en el primer año de vida de las personas, y que disminuye hasta alcanzar su mínimo entre los 5 y 10 años de edad; posteriormente se presenta un constante aumento de las probabilidades de muerte a partir de los 10 años de vida de las personas con un aumento considerable para los hombres en la adolescencia y edades adultas jóvenes, debido a la mayor mortalidad por accidentes y muertes violentas que se presenta en esas edades; y finalmente un crecimiento exponencial reflejado en un crecimiento casi geométrico de las tasas de mortalidad de en las edades adultas mayores (Heligman y Pollard, 1980).

Con base en el conocimiento del patrón general de la mortalidad los diversos análisis de este patrón por medio de funciones matemáticas, se deben enfocar en describir adecuadamente cuatro características principales de la mortalidad: la alta tasa de mortalidad en el primer año de vida; una tasa descendente a partir de esa edad hasta la adolescencia; alrededor de los 15 años hay un aumento significativo en las tasas de mortalidad, especialmente para los hombres, provocado por los accidentes (y para las mujeres en lugares donde la mortalidad materna es todavía elevada), conocida como *joboba* por accidentes; finalmente, existe una probabilidad creciente de muerte a medida que la edad avanza (Congdon, 1993).

**Gráficas 1 y 2 Tasas específicas de mortalidad total de enfermedades 1980 y 2007**



<sup>2</sup> Ver gráficas 1 y 2

<sup>3</sup> Ver gráficas 1 y 2

Asimismo, se cree que si las modificaciones que sigue la mortalidad general, en cuanto a tendencias y patrones de comportamiento, son causadas debido a un comportamiento diferencial de las distintas causas de muerte, entonces las causas se deben analizar de forma separada (Alho, 2003). De esta manera, se cree que analizar la mortalidad de manera más desglosada, esto es, por medio de sus principales causas (y no solamente a través de la mortalidad general), puede permitir obtener un panorama más amplio y detallado sobre su estructura.

# ***Capítulo I***

## **Planteamiento del problema y antecedentes sobre el tema**

En este capítulo se presenta de manera breve el marco contextual en el cual se desarrolla la investigación, el cual abarca aspectos tanto socioeconómicos, como sociodemográficos del país a finales del siglo XX y en los primeros años del siglo XXI. Se lleva a cabo una comparación de México con ciertos países del resto del mundo en ciertos indicadores demográficos y de salud, como la tasa global de fecundidad, la tasa de mortalidad infantil, tasa de mortalidad materna y esperanza de vida al nacimiento, para situar al país dentro el contexto mundial. Posteriormente, se presenta un panorama general de la mortalidad por causas en México y la evolución de las principales causas de muerte.

En un siguiente apartado se presenta el planteamiento del problema de investigación exponiendo los objetivos generales y específicos, la justificación de la investigación dentro del marco de los estudios de población, así como la delimitación geográfica y temporal del estudio y las preguntas e hipótesis de investigación. Después de ello, se muestra una breve revisión de la bibliografía alrededor de investigaciones sobre el uso de modelos matemáticos y demográficos en la mortalidad. Del mismo modo, se presentan algunas de las ventajas que se tienen al representar los patrones demográficos, en este caso en particular de la mortalidad, mediante una sola curva paramétrica. Finalmente, se agregan de forma breve ciertos antecedentes en salud, con el objetivo de presentar un panorama general sobre las principales enfermedades crónico-degenerativas elegidas en esta investigación.

### **1.1. Marco Contextual**

A continuación se presenta brevemente el contexto socioeconómico y demográfico de México hacia finales de siglo XX y principios del siglo XXI.

#### **1.1.1. Periodo 1970 a 2000**

*Contexto económico (datos del Banco de México)*

A partir de los años 70, el proceso de desarrollo económico estabilizador, con el cual se quería modernizar la industria, aumentar la productividad y lograr la competitividad

internacional incorporando tecnología moderna, hizo crisis. Gracias a esto, el país recurrió a implementar programas de estabilización, ajuste e inversiones que culminaron en un aumento del déficit del sector público (Morales, 1983). Si analizamos algunos de los indicadores económicos principales, se puede observar que en 1972, la tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB) fue superior al 7% en términos reales y entre 1971 y 1975 el promedio anual de crecimiento fue de 5%. Sin embargo, al no avanzar paralelamente las reformas necesarias en materia fiscal y al no darse el ajuste de precios y tarifas de los bienes y servicios proporcionados por el gobierno, creció el déficit financiero del sector público, aumentó la inflación y se crearon condiciones para la actividad especulativa posterior del sector privado (Morales, 1983).

Aunque el crecimiento económico de México todavía se mantuvo alto entre 1972 y 1975, se produjeron tanto una alta inflación, como desequilibrios externos que eran signos de una contradicción fundamental: la transnacionalización de la economía mexicana, efecto central de la relación con Estados Unidos, iba en dirección contraria al pacto social establecido entre gobierno y grandes bloques sociales (Morales, 1983). La situación empeoró en 1976 cuando se dio la devaluación del peso que de 12.50 pesos pasó a 24.38 pesos por dólar, lo cual fue un reflejo de que el modelo económico, en su conjunto entró en crisis, y se mostró incapaz de mantener un crecimiento económico y social adecuado. Entre 1977 y 1982 ese modelo, apoyado con los recursos petroleros, hizo su última prueba pero fracasó.

A principios de los ochenta se da un prolongado periodo de crisis, caracterizado por frecuentes devaluaciones del tipo de cambio, elevada inflación, deterioro de los salarios reales y escasa capacidad de creación de empleo remunerado (Morales, 1983). De esta forma, empujado por cambios en el sistema económico internacional, durante la década de los ochenta el país experimentó transformaciones económicas profundas, se produjeron cambios en el perfil epidemiológico de la población y se comenzó a disminuir el ritmo tan acelerado de crecimiento de la población. Debido en parte a la globalización, México se tuvo que incorporar de forma acelerada a un sistema mundial altamente competitivo reorganizando el sistema económico, de uno altamente proteccionista, basado en la sustitución de importaciones, a una economía de mercado abierta (Morales, 1983). En este periodo se presentó una marcada precarización salarial y vulnerabilidad del empleo formal, aumentó el desempleo de carácter estructural, y se dio la paulatina masificación de la migración internacional de tipo laboral especialmente hacia los Estados Unidos.

Entonces, es a partir del momento simbólico en 1982, que se abandona el modelo de economía centrado en el mercado interno, cuando se inicia un proceso de cambio y transición a otro modelo más estrechamente ligado a los mercados del exterior. En el tránsito entre una y otra estructura social de acumulación, el crecimiento económico ha seguido una ruta errática (Salas, 2003). Esto es, la economía mexicana no ha logrado recuperar el crecimiento sostenido que la caracterizó antes de la década de los setenta, ya que en el período que va de 1938 hasta 1980, la tasa promedio anual de crecimiento del PIB fue del 6%; entre 1980 y 1988, este ritmo bajó al 1.1% anual, mientras que entre 1988 y el 2000, esta tasa creció para alcanzar el 3.66% anual (Salas, 2003).

El abandono del mercado interno como fuente de crecimiento, un fuerte sesgo hacia la exportación, junto con el crecimiento de las actividades de maquila, implicó un nexo más estrecho con la economía de los EU, el cual fue consolidado mediante el TLC (aunque no fue creado por éste). La implicación más importante de este vínculo más cercano es que la economía mexicana es más vulnerable a las fluctuaciones de la economía norteamericana (Salas, 2003).

#### *Educación (cifras del INEGI)*

En cuanto a indicadores educativos, se presentan algunos indicadores que sirven de referencia para mostrar la evolución de ciertos aspectos de la educación en el país en las últimas décadas del siglo XX. En el ciclo escolar 1999-2000, el porcentaje de población dentro del grupo de edad de 6 a 14 años que asistió a la escuela fue de 92.08 %, lo que indica que en el futuro se tendrá que un segmento de la población de aproximadamente 7.92% que no habrá terminado la educación primaria. Durante los años setenta se matriculaba solamente el 78% de la población y no fue sino hasta mediados de los ochenta que se alcanzó un nivel del 89%.

En cuanto a la escolaridad promedio de personas de 15 años y más<sup>4</sup>, el nivel en 1970 era de 3.4 años aproximadamente, y en la década de 1970 a 1980, la escolaridad promedio nacional aumentó 1.2 años de estudio en ese periodo, para situarse en 4.6 años de escolaridad. La tendencia siguió en ascenso y durante la década de 1980 a 1990 aumentó 1.9 años, situándose en un nivel de aproximadamente 6.6 años promedio de estudio. Sin embargo, entre 1990 y el 2000 si bien existió un incremento en cuanto a este indicador, este aumento fue de solamente 1.1 años,

---

<sup>4</sup> Consultado en INEGI <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=medu09&c=5719>, el 28/08/2009.

lo que indica que hubo una disminución en la tasa de las ganancias. Esto implica que para el año 2000 el promedio nacional de años de estudio fue de 7.56 años y en el 2005 se incrementó a 8.1 años en promedio para ambos sexos.

Ahora bien, en cuanto a la diferencia entre hombres y mujeres, se puede observar que desde 1970 existe una diferencia de 0.5 años o más, en escolaridad promedio. Esto es, en 1970 las mujeres tenían una escolaridad promedio de 3.1 años y los hombres de 3.7 años; para 1990 el promedio de escolaridad de las mujeres se incrementó a 6.3 años de estudio, pero la diferencia respecto a los hombres no disminuyó, puesto que éstos contaban con una escolaridad promedio de 6.9 años; en el 2000 esta distancia tiene una ligera reducción a 0.5 años, ya que los hombres consiguen un promedio de estudio de 7.7 años, y las mujeres de 7.2 años, lo que refleja una paulatina integración de las mujeres a la escuela; sin embargo no continúa reduciéndose para el 2005 ya que se alcanzan niveles de 8.4 años para hombres y 7.9 para mujeres.

### *Pobreza en México*

La tendencia de la pobreza extrema del país durante el periodo de 1970 a 1990 se puede resumir de la siguiente manera: en los primeros años de la década de los setenta, la proporción de población que se encontraba en situación de pobreza extrema era de 56.7% en 1968, 34% en 1977 y 29.9% en 1984, lo que sugiere que la incidencia de la pobreza extrema se redujo sistemáticamente durante las décadas en que se conjuntaron crecimiento y redistribución del ingreso; sin embargo, en el periodo de 1984 a 1988 se redujo marginalmente esa incidencia (Hernández, 2000).

En cambio, según Hernández (2000) para la década de los noventa, la incidencia de la pobreza extrema revierte las tendencias previas y se incrementa, alcanzando un 32.9% del total de la población en 1992, 34% en 1994 y 37.9% en 1996. Las tendencias apuntadas en la pobreza extrema se acompañan de aumentos sistemáticos y consistentes en los índices de pobreza no extrema, ya que en 1963 este nivel alcanzó un de 8.1% y aumenta hasta alcanzar un 41.7% en 1992, manteniendo una tendencia relativamente en una cuantía semejante en los siguientes años, para alcanzar un 42% en 1996.

La suma de pobres extremos y pobres no extremos constituye el número total de personas en condición de pobreza (Hernández, 2000). Su tendencia de largo plazo refleja la interrupción del crecimiento económico y del proceso redistributivo y de acumulación del ingreso a partir de

los ochenta (Hernández, 2000). Esto sucede a pesar de que la incidencia de la pobreza total se redujo de cerca de 78% en 1963 a sólo 58% en 1984; se mantuvo relativamente inalterada durante el resto de los ochenta, y repuntó de manera significativa en los siguientes años para alcanzar cerca de 80% en 1996, incidencia ligeramente mayor que la que se había registrado en el país 33 años antes (Hernández, 2000).

Pero si bien la incidencia de la pobreza del país, en términos relativos era similar hacia el final del siglo XX que en 1970, la incidencia absoluta es notoriamente mayor en fechas recientes. Esto es, debido al crecimiento de la población nacional, de aproximadamente los 30 millones de personas que vivían en condiciones de pobreza en 1963 se pasó a poco más de 70 millones en el año 2000 (Hernández, 2000).

### **1.1.2. Primero años del siglo XXI**

#### *Contexto económico*

En el año de 2001, la economía mexicana presentó una caída, lo cual se vio reflejado en la disminución del PIB en cerca de -0.4%. Esta situación mejoró en los siguientes años, puesto que la economía presentó un crecimiento de 4.1% en 2004 y en 2005 de 3.3%. En 2009 la economía sufrió los efectos de la crisis del 2008 reflejado en una disminución del PIB de 6.3% en 2009 y una recuperación del 5.6% en 2010. Esto se vio reflejado en el crecimiento del PIB per cápita: creció 2.4% entre 2004 y 2005, mientras que entre 2008 y 2009 disminuyó un 6.7% para repuntar a un 7.1% para 2010. Las remesas enviadas a México tuvieron un crecimiento anual mayor de 20% desde 2002, en 2005 superaron los US\$ 20,000 millones (Salud en las Américas, 2007) y para el año de 2009 se incrementaron a US\$ 21,244 millones y a US\$ 21,271 millones<sup>5</sup> en 2010. Las remesas de emigrantes constituyen una fuente de ingresos y de movimiento económico con importante repercusión en poblaciones del interior del país.

#### *Educación*

Para el 2005, la tasa de alfabetización de jóvenes entre 15 y 24 años era prácticamente universal, la cual se incrementó de un 98% en ese año a un 99% en 2010<sup>6</sup> y la tasa de matriculación en primaria para niños entre 6 y 11 años alcanzó 99.4% en 2004 (Salud en las

---

<sup>5</sup> Consultado en <http://www.banxico.org.mx>, el 08/04/2012.

<sup>6</sup> Consultado en <http://datos.bancomundial.org/indicador/>, el 08/04/2012.

Américas, 2007) y en el periodo 2007 a 2009 alcanzó un porcentaje muy cercano al 100%<sup>7</sup>. El 90.5% de la población mayor de 15 años sabía leer y escribir en 2000, cifra que se incrementa a 91.6% en 2005 y a 92.4 en 2010 (cifras de INEGI); y el 61.3% de la población mayor de 15 años tenía primaria completa en el 2000, cifra que se disminuyó a un 58% en 2005 y a un 55.7 en 2010<sup>8</sup>. Como se vio previamente, en el año 2000 la escolaridad promedio era de 7.3 años (7.6 en hombres y 7.1 en mujeres); cifra que se incrementa a 8.1 años en promedio para ambos sexos (8.4 en hombres y 7.9 en mujeres) en 2005 y en 2010 a 8.6 para ambos sexos (8.8 hombres y 8.5 en mujeres).

### *Pobreza*

Por su parte, con datos provenientes de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares del año 2000 (ENIGH 2000) se encontró que 24.2% de la población se encontraba en situación de pobreza alimentaria (42.4% rural y 12.6% urbana); que 31.9% se encontraba en situación de pobreza de capacidades (50.0% rural y 20.2% urbana), y 53.7% en pobreza de patrimonio población (69.3% rural y 43.8% urbana) (Salud en las Américas, 2007). La ENIGH 2004 mostró una reducción de los niveles de pobreza: la pobreza alimentaria abarcaba 17.3% de la población (27.6% rural y 11.0% urbano); la pobreza de capacidades a 24.6% (35.7% rural y 17.8% urbano) y la de patrimonio a 47.0% (56.9% rural y 41.0% urbana) (Salud en las Américas, 2007). La ENIGH de 2010, da los siguientes resultados: la pobreza alimentaria abarcaba 16.33% de la población (25.5% rural y 10.8% urbano); la pobreza de capacidades a 23.6% (33.7% rural y 17.5% urbano) y la de patrimonio a 46.65% (55.1% rural y 41.6% urbana). Esto significa que se ha reducido paulatinamente el número de personas en pobreza alimentaria entre 2000 y 2010, la mayoría en el ámbito rural; y en cuanto a la acumulación de la riqueza, se observó que en 2002, 10% de la población más pobre recibía 1,4% del ingreso nacional, mientras que el 10% más rico concentraba 40,5%, esto para 2010 cambió a que el 10% más pobre percibía el 1.8% del ingreso, mientras que el 10% más rico el 33.9%<sup>9</sup>.

Como se puede observar, esta primera década del siglo XXI se ha caracterizado por la continuación del modelo económico de apertura comercial y financiera, así como un paulatino

---

<sup>7</sup> Consultado en [http://www.unicef.org/spanish/infobycountry/mexico\\_statistics.html](http://www.unicef.org/spanish/infobycountry/mexico_statistics.html), el 08/04/2012.

<sup>8</sup> Consultado en INEGI <http://www.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=medu11&s=est&c=26367>, el 08/04/2012.

<sup>9</sup> Consultado en <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/TabuladosBasicos2/tabdirecto.aspx?s=est&c=27886>, el 08/04/2012.

deterioro de las remuneraciones salariales reales de la población en general, las cuales se vienen registrando desde hace más de veinte años. Asimismo, tanto el desempleo abierto, que es un fenómeno con mayor incidencia en la población joven y que ha aumentado desde el 2000 (en el bimestre 2000/6 la tasa de desempleo abierto era del 2.46 y para el 2008/1 aumentó a 4.06 [datos sobre desempleo, INEGI], aunque no sigue una tendencia lineal y creciente de forma constante), como el subempleo, se ven reflejados en la merma sufrida no solo en la calidad de los empleos. Esta merma se expresa en la proliferación de actividades de muy pequeña escala, en el incremento del trabajo familiar sin pago y en el trabajo asalariado a destajo, sino también en el aumento de la población trabajadora sin acceso a prestaciones, y un gran aumento de la jornada de trabajo (Rendón y Salas, 2000).

Por lo tanto, el periodo comprendido dentro del estudio (1979 a 2008), está caracterizado por darse en un contexto de crisis y de estancamiento económico nacional, así como de un aumento significativo en la emigración hacia los Estados Unidos<sup>10</sup> y un crecimiento desmedido del sector informal dentro de la fuerza de trabajo (con las precariedades que lo caracterizan) especialmente en las áreas urbanas (donde ha alcanzado un nivel de más del 40% del trabajo total (Tokman, 2004)).

Además, México (al igual que Latinoamérica en general) es considerado como uno de los países con las desigualdades socioeconómicas más pronunciadas, reflejado esto en la distribución del ingreso, ya que por ejemplo, en el año 2000 el decil superior acaparaba 40% del ingreso total (Pérez Sainz y Mora Salas, 2004). También, cabe remarcar que estas desigualdades han persistido durante muchos años, a pesar de la implementación de políticas públicas para intentar superarlas, y algunas como la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), cuya intención era que, a partir de la liberalización comercial, se impulsaría el desarrollo económico de México y, por lo tanto, se tendería a una convergencia de las economías de América del Norte (Alba, 2006).

Sin embargo, los efectos que esta política ha tenido, por nombrar algunos, son: una disminución de los salarios de los trabajadores mexicanos; el crecimiento producido en virtud de la liberalización es poco más de la mitad del que tuvo lugar en los años sesenta; el desempleo ha aumentado, así como la informalidad y la precarización del empleo formal; la pobreza ha

---

<sup>10</sup> Las cifras sobre la emigración se presentan en el apartado de Contexto demográfico.

aumentado, incluso en términos relativos; y cuando se ha producido crecimiento, los beneficios han sido para los sectores de mayor ingreso (Portes, 2007).

### *Contexto demográfico<sup>11</sup>*

Durante el siglo XX, la población del país sufrió grandes transformaciones, como por ejemplo un gran incremento de la población, así como cambios en la dinámica poblacional. Así por ejemplo, en 1940 el país contaba con 19.7 millones de habitantes, cifra que se incrementó hasta llegar en 1970 a 48.2 millones de habitantes; veinte años después (1990), el país alcanzó 81.2 millones de residentes; el recuento censal nacional de 2000 señaló que la población residente en el país ascendía a 97.5 millones de personas; en 2005 la población de la República Mexicana alcanzó los 103.1 millones de personas (INEGI, 2006); y en 2010 INEGI contabilizó poco más de 112 millones de personas.

Entre los principales factores que propiciaron el cambio en la dinámica demográfica del país se encuentra el mejoramiento de las condiciones de vida, el cual incluía elementos variados como nutrición, vivienda, higiene pública (evacuación de aguas sucias, disponibilidad de agua potable en las comunidades), una educación de mayor calidad y más generalizada, mejores transportes y comunicaciones, mejores condiciones de trabajo, una mayor higiene personal, etcétera (INEGI, 2006). Todos estos elementos trajeron como resultado la disminución de la mortalidad y la mortalidad infantil a partir de los años 30 que a su vez, trajo como consecuencia un aumento considerable de la esperanza de vida de la población (como más adelante veremos más en detalle), manifestándose en un paulatino envejecimiento demográfico.

La transformación de la mortalidad en el país se comenzó a presentar desde los años 30, así por ejemplo, en la década de 1920, la esperanza de vida de la población en el país era baja pues en 1920 era aproximadamente 28.9 años y en 1930 se incrementó a un nivel de 34 años (Camposortega, 1997). Por otro lado, según INEGI la fecundidad de la población mexicana entre 1930 y 1955 se mantuvo relativamente constante, puesto que la tasa global (TGF) se ubicaba en valores de alrededor de 6.5 hijos por mujer; y aumentó ligeramente a 7 hijos a inicios de los sesenta (alcanzando su máximo histórico de 7.3 hijos promedio por mujer en esa década). Esta reducción de la mortalidad y el incremento de la fecundidad provocaron que se presentara un

---

<sup>11</sup> Los datos sobre la esperanza de vida de la población se obtuvieron de las estadísticas de mortalidad del INEGI.

crecimiento de la población espectacular, alcanzando tasas de 3.4% anual (tasa con la cual la población del país se duplicaría en solamente 20 años aprox.)

A partir de esa fecha, y debido a muchos factores entre los que destacan modificaciones en el nivel de vida de la población y a los primeros programas de salud pública (Camposortega, 1997), la mortalidad comienza a reducirse de manera acelerada, lo cual se puede apreciar en el crecimiento de la esperanza de vida, la cual aumentó de un nivel de 40.4 en 1940, a 49.7 años en 1950 y alcanza en 1960 un nivel de 58.9 años<sup>12</sup>. Durante la década de los 60, la esperanza de vida continuó aumentando, pero lo comienza a hacer a un ritmo más lento (de aproximadamente 0.4 años en promedio de esperanza por cada año calendario, mientras que en los 20 años previos, se lograron ganancias de hasta un año de esperanza de vida por cada año calendario), y en 1970 alcanza un nivel de 63.6 años para ambos sexos.

De la misma forma, a partir de los años 70 la fecundidad comienza a descender paulatinamente (y de forma acelerada a finales de esa década y principios de los ochenta), hasta alcanzar un nivel de 2.7 hijos por mujer en 1996 (INEGI, 2006). La creciente cobertura de los servicios de salud y de planificación familiar ofrecida en el país a partir de la entrada en vigor del Programa Nacional de Planificación Familiar (en 1974) favoreció las modificaciones en el conocimiento y uso de métodos anticonceptivos, con lo cual se ha presentado un notable descenso de la fecundidad y con esto una reducción en las tasas de crecimiento de la población (INEGI, 2006). El descenso de las tasas de crecimiento resultó notable, puesto que de su máximo histórico de 3.4% anual alcanzado en la década de los sesenta, en los ochenta se logra disminuir hasta alcanzar un 2.0% (que todavía es elevado, puesto que la población se duplicaría cada 35 años aproximadamente).

A partir de 1980, año en el cual se alcanza una esperanza de vida de aproximadamente 66 años), se siguen presentando ganancias en cuanto a este indicador, aunque a tasas cada vez menores. Esto se ve reflejado en los niveles que alcanzó durante esa época para la población en general, con un nivel de 70.6 años en 1990 y de 72.4 años en 1996. Durante estos años la tasa global de fecundidad continuó descendiendo de aproximadamente 3.4 hijos por mujer en 1990 a un nivel de 2.9 en 1995. En estas dos décadas, la tasa de crecimiento poblacional se sigue disminuyendo aunque no de manera muy notable, para situarse en un 1.8% anual aproximadamente.

---

<sup>12</sup> Ver gráfica de la esperanza de vida en el Anexo (el cual va a estar incluido en la entrega final del capítulo).

En los primeros años del siglo XXI, la esperanza de vida en el 2000 tenía un nivel de 73.9 años para ambos sexos, de 74.6 años en el 2005 y de 75.4 en 2010. En cuanto a la fecundidad, ésta continuó disminuyendo, lo cual se ve reflejado en el nivel del indicador de la tasa global de fecundidad que en 2000 tuvo un nivel de 2.8 hijos por mujer, en 2005 de 2.2 y para el 2010 alcanza el nivel de reemplazo con un 2.1<sup>13</sup>. En estos primeros años del siglo XXI, la tasa de crecimiento se ha logrado disminuir de manera considerable, pero presentándose un repunte hacia 2010; 2005 INEGI reporta una tasa de 1.0%, y en 2010 una tasa de 1.8%.

Como se puede apreciar, durante los últimos 30 años, ha existido una disminución considerable en el ritmo de ganancias en esperanza de vida de la población y una disminución paulatina de la fecundidad. Este estancamiento se cree que está asociado, en lo que toca a las causas de muerte, con el incremento proporcional de muertes por accidentes y violencia, enfermedades del sistema circulatorio, cáncer y, actualmente la diabetes; y con las dificultades que entraña vencer estas nuevas causas de muerte (Camposortega, 1997)<sup>14</sup>.

Asimismo, la estructura por edad de la población sufrió grandes modificaciones, provocados en parte, por los cambios en la mortalidad y la fecundidad en el país, reflejados en un paulatino envejecimiento de la población. Por ejemplo, el grupo de edad de 15 a 29 años, agrupaba en el 2000 a poco más de 27 millones de personas, es decir 27.92% del total de la población, mientras que esta cifra en 1970 era de poco más de 12 millones de personas (abarcando un 25.6% de la población). Esto es importante, puesto que este grupo de edad incluye un segmento de la población que tiene demandas especiales en rubros como educación media y superior, empleo, capacitación laboral y servicios de salud y seguridad social, (INEGI, 2006).

Otro efecto que ha tenido el cambio demográfico es el incremento paulatino de la proporción de personas en edades adultas (30 a 59 años) y de adultos mayores (60 años y más). Entre 1970 y 2010 la proporción de adultos respecto del total de la población se modificó al incrementarse de 22.57% a 34.41% (de 10.9 a 38.66 millones de habitantes en esas edades). El tipo de demandas que presenta este grupo prioritariamente tienen que ver con aspectos como la vivienda, el empleo y la seguridad social, ya que se considera que las personas en estas edades representan generalmente a jefes o jefas de familia con parejas e hijos (INEGI, 2006). Asimismo, la proporción de adultos mayores cambió de ser 5.62% a 8.95% en ese mismo periodo (2.7

---

<sup>13</sup> Cifras consultadas en <http://www.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo16&s=est&c=17535>, el 23/12/11.

<sup>14</sup> Véase Antecedentes en Salud.

millones a 10.05 millones respectivamente). Este último sector poblacional presenta una visible presencia mayoritaria de mujeres, que está relacionada con la sobremortalidad masculina, y entre las principales necesidades de este grupo de edad están, entre otras cosas: servicios de salud y asistencia social (INEGI, 2006).

Ahora bien, en cuanto a la migración entre México y Estados Unidos, CONAPO (2000) menciona que este movimiento constituye un fenómeno complejo, con una prolongada tradición histórica y con raíces estructurales en ambos lados de la frontera. Dentro del conglomerado de fuerzas persistente demanda de mano de obra mexicana en los sectores agrícola, industrial y de servicios de la Unión Americana; el considerable diferencial salarial entre ambas economías; el intenso ritmo de crecimiento demográfico de la población mexicana en edad laboral; la insuficiente dinámica de la economía nacional para absorber el excedente de fuerza de trabajo; y la tradición migratoria hacia el vecino país del norte, conformada en el siglo XIX y XX en diversas regiones del país (CONAPO, 2000). El flujo neto anual ha aumentado con el paso del tiempo, pasando de alrededor de 26-29 mil promedio anual en el decenio 1960-1970 a cifras mayores a 300 mil en el periodo 1990-2000 (CONAPO, 2000) y superiores a 500 mil en el 2005 (cifras de CONAPO).

### **1.1.3. Comparación de México con algunos países del resto del mundo en ciertos indicadores demográficos y de salud**

A continuación se presenta una breve comparación del país con otros países, que se consideran representativos, en cuanto a algunos indicadores demográficos. Los países elegidos para la comparación se tomaron en cuenta porque: algunos son países con un alto grado de desarrollo en el mundo (como es el caso de Japón), o en la región (como Cuba o Chile); otros son países similares a México dentro de Latinoamérica; y otros tienen un desarrollo socioeconómico similar menor a nuestro país, pero que no son de la región.

Como se vio previamente, México tenía en el 2006 una TGF de (2.2 hijos por mujer). Si comparamos este nivel contra otros países, según datos de la OMS (2006): los países desarrollados como Japón (1.3), Canadá (1.5), Francia (1.9), Italia (1.4), España (1.4), tienen todos una TGF por debajo del reemplazo, y Estados Unidos que es otro país con un alto grado de desarrollo tiene una tasa de 2.1 hijos por mujer; en Latinoamérica, los países considerados en este breve análisis son Chile (1.9), Cuba (1.5), Costa Rica (2.1), Argentina (2.3), Ecuador (2.6),

Brasil (2.3) y Bolivia (3.6), y como se observa, existe un alto grado de heterogeneidad entre los países de la región en cuanto a los niveles de este indicador; y otros países en desarrollo como India (2.9), Iraq (4.4), Sudáfrica (2.7), Afganistán (7.2), Angola (6.5) o Sierra Leona (6.5), los cuales también muestran una alta heterogeneidad en cuanto a los niveles de este indicador.

En cuanto a la tasa de mortalidad infantil, el cual es un indicador base de bienestar y de desarrollo social de los países, México presentaba en el 2006 una tasa de aproximadamente (29‰). Como se puede distinguir existe todavía una notable diferencia entre el nivel de este indicador en el país y el nivel de los países desarrollados (con tasas inclusive menores a 5‰ nacidos vivos). En cuanto a los países de Latinoamérica, al igual que con la tasa global de fecundidad, también se presentan diferencias importantes entre ellos, puesto que hay países como Chile (8‰), Costa Rica (11‰), Cuba (7‰) y Argentina (14‰) con tasas relativamente bajas; y otros con tasas más elevadas como Ecuador (43‰), Brasil (48‰) y Bolivia (89‰). Se observa que México está en una situación intermedia en cuanto a este indicador, si se compara con estos países de Latinoamérica. Finalmente, se tienen países que están en una situación más atrasada que México como India (82‰), Iraq (41‰), Sudáfrica (45‰), Afganistán (165‰), Angola (154‰) o Sierra Leona (159‰).

Un comportamiento similar se puede distinguir en cuanto a la mortalidad materna<sup>15</sup>, para la cual México tiene en 2006 una tasa de 60 muertes maternas por cada 100,000 nacidos vivos. En este sentido, la mortalidad por estas causas en los países desarrollados tiene niveles muy inferiores al de nuestro país. Por ejemplo, Japón (6), Canadá (7), Francia (8), Italia (4), España (3) y Estados Unidos (11), tienen todos niveles inferiores a 11 muertes maternas, lo cual es consistente con un alto grado de desarrollo en esos países. En Latinoamérica, como sucede con el resto de los indicadores, se distingue una heterogeneidad en los niveles de este indicador, puesto que hay países como Chile (16), Costa Rica (30), Ecuador (27) y Brasil (27) que tienen niveles relativamente bajos, mientras que Cuba (45), Bolivia (63), Argentina (77) tienen niveles más elevados, similares a los de México. Asimismo, para otros países en vías de desarrollo las diferencias son también muy notables, puesto que hay países con niveles que pueden ser considerados como “medios” como India (66), Iraq (37), Sudáfrica (50), hay otros países en los cuales la mortalidad por esta causa es elevada como en Afganistán (1800), Angola (1400) o Sierra Leona (2100).

---

<sup>15</sup> Cifras por cada 100,000 nacidos vivos.

En cuanto a los niveles de esperanza de vida al nacimiento México tenía en 2006 una esperanza de 74 años aproximadamente, que si lo comparamos con países desarrollados como Japón (83 años) o Canadá, Francia, Italia, España, todos ellos con aproximadamente 81 años y Estados Unidos con 78 años al nacimiento, podemos ver que el país presenta un atraso considerable en cuanto a los niveles de este indicador. Respecto a otros países de Latinoamérica vemos que hay niveles diferentes entre los países de la región, lo cual es consistente con la gran heterogeneidad que existe en la región, Chile, Costa Rica y Cuba tienen una esperanza de 78 años, Argentina de 75, Ecuador y Brasil de 70 años y Bolivia de 63 años. Finalmente, otros países en vías de desarrollo presentan niveles también diversos en cuanto a este indicador, de esta forma Iraq (67), India (61), Sudáfrica (58) tienen niveles menores que varios de los países de América Latina; y los países africanos y los más pobres los que tienen una menor esperanza de vida como, Afganistán (42), Angola (41) y Sierra Leona (40).

#### **1.1.4. Panorama general de la mortalidad por causas en México en el periodo de estudio**

##### *Evolución de las principales causas de muerte*

En el periodo de 1920 a 1940, de las 20 principales causas de muerte, 10 correspondían a patologías transmisibles, maternas o perinatales, con neumonía e influenza, diarrea y enteritis, paludismo, tosferina y viruela como las 5 causas de muerte más importantes (Cárdenas, 2001). Asimismo, la mortalidad infantil presentaba niveles superiores a las 200 muertes por cada mil nacidos vivos.

La situación comienza a modificarse en el periodo de 1940 a 1960, ya que con el descenso de la mortalidad existe una reducción gradual de la participación de algunas causas transmisibles en el conjunto de mortalidad total (Cárdenas, 2001). En específico, a pesar de que continúan registrándose 10 causas transmisibles, maternas o perinatales entre las primeras 20, sólo las tres primeras corresponden a este grupo de causas (neumonía e influenza, diarrea y enteritis y enfermedades propias de la primera infancia). Es aproximadamente por esos años (alrededor de 1960) cuando se comienza a apreciar un aumento de la participación de enfermedades no transmisibles en el conjunto de las principales causas de muerte (Cárdenas, 2001), los tumores malignos fueron la quinta causa más importante, y se incluyen la diabetes mellitus, deficiencias de nutrición y anemia por primera vez entre las 20 más importantes.

Asimismo, no es sino hasta el inicio de la década de los setenta cuando el cambio en el perfil de causas de muerte comienza a hacerse ostensible, es decir, aunque la neumonía e influenza son las principales causas de muerte, las enfermedades del corazón ocupan ya el tercer lugar dentro de las principales causas de muerte (Cárdenas, 2001).

Por un lado, es interesante indicar que en 1980, los accidentes fueron la causa más importante en el país y en 1990 y 1996 fueron la tercera. Por otro lado, en 1990 las principales causas de muerte eran las enfermedades del corazón, tumores malignos, accidentes y muertes violentas, diabetes mellitus y enfermedades cerebrovasculares, y la mortalidad por enfermedades infecciosas intestinales, y por neumonía e influenza pasaron a ser en ese año la sexta y la séptima causas respectivamente (Cárdenas, 2001). Asimismo, cabe mencionar que a partir de ese año, las enfermedades del corazón constituyen la principal causa de muerte en México, seguidas de la mortalidad por tumores malignos.

Finalmente, las principales causas de muerte en estos primeros años del siglo XXI fueron: en el año 2000 las enfermedades del sistema circulatorio (22.31% del total de muertes<sup>16</sup>), tumores (neoplasias con un 13.20%), las causas externas de morbilidad y de mortalidad (11.91%), diabetes mellitus (10.65%) y las enfermedades del sistema respiratorio (8.81%); y para el 2010, estas cinco causas de muerte continuaron siendo las principales, pero hubo un repunte relativo de muertes por causas externas de morbilidad y de mortalidad (con un nivel de 12.25%) y un aumento de muertes por diabetes mellitus (14.01%), la cual en 10 años pasó de ser la cuarta causa de muerte de la población a nivel nacional a ser la segunda causa de muerte más importante en el país.

Después de analizar brevemente la evolución de las causas de muerte en el país en las últimas décadas, y de los principales indicadores demográficos se puede decir que la población del país se encuentra en medio de dos transiciones: la demográfica puesto que si bien la mortalidad ya ha disminuido, al igual que la fecundidad todavía se pueden conseguir mejoras en cuanto a los niveles de ambos fenómenos demográficos; y la epidemiológica, ya que a pesar del predominio de padecimientos no transmisibles, todavía existe un amplio margen de mejora en cuanto a la disminución de la neumonía, la influenza y la mortalidad materna.

---

<sup>16</sup> Este porcentaje se calculó como el total de muertes para ambos sexos por enfermedades del sistema circulatorio, entre el total de muertes para ambos sexos. Esto es, este porcentaje es la proporción de muertes por esta causa respecto del total.

### *Causas de Muerte en los primeros años del siglo XXI por grupos de edad*

Ahora bien, las principales causas de muerte también varían para los distintos grupos de edad. Hoy en día, la mayoría de las muertes para los menores de un año ocurren por causas denominadas afecciones originadas en el periodo perinatal; para el grupo de 1 a 4 años, las principales causas de muerte se dan por causas externas de morbilidad y de mortalidad y las enfermedades infecciosas y parasitarias (provocando más del 40% de las muertes para ambos sexos); para el siguiente grupo de edad (5 a 14 años) las principales causas de muerte son por causas externas de morbilidad y de mortalidad y tumores (neoplasias), cabe mencionar que el volumen de defunciones masculinas en este grupo de edad es casi el doble que el femenino, provocado por accidentes y comportamientos violentos que llevan a la muerte (INEGI, 2006).

Para la población de 15 a 29 años las diferencias en cuanto al nivel y patrón de causas de muerte de hombres y mujeres son significativas, ya que el número de fallecimientos de hombres es 2.6 veces superior que el de las mujeres (INEGI, 2006). En este sentido, las conductas y los riesgos asumidos son diferenciales por sexo y se reflejan en las principales causas de muerte que afectan a este grupo. Las principales causas de muerte para los hombres en este grupo de edad son las lesiones y accidentes, mientras que en las mujeres aparecen los tumores malignos y las muertes maternas. En el siguiente grupo de edad (30 a 59 años), las principales causas de muerte para los hombres son las enfermedades del hígado, los accidentes, las enfermedades del corazón, la diabetes mellitus y los tumores malignos; y en lo que se refiere a las mujeres dentro de ese mismo grupo de edad, las primeras causas de muerte son tumores malignos, diabetes mellitus y enfermedades del corazón (INEGI, 2006).

Finalmente, entre la población de 60 años y más, la principal causa de muerte para ambos sexos son las enfermedades del corazón, sin embargo, para las siguientes causas más importantes se presenta un comportamiento diferencial entre los sexos, en el sentido de que para los hombres de esta edad, la segunda y la tercera causas son los tumores malignos y la diabetes mellitus; mientras que para las mujeres, si bien se presentan las mismas causas, estas se dan en orden inverso, en segundo lugar la diabetes mellitus y tercero los tumores malignos.

## **1.2. Planteamiento del Problema de Investigación**

Después de exponer, de forma breve, el contexto socioeconómico y demográfico del país durante el siglo pasado y principios de éste, se puede resumir que, en general el periodo

comprendido dentro del estudio (1978 a 2008), está caracterizado por: darse en un contexto de crisis y de estancamiento económico nacional; un crecimiento desmedido del sector informal dentro de la fuerza de trabajo; y una creciente precarización laboral.

En cuanto a la situación demográfica se puede comentar que se presentó un descenso importante de la fecundidad, pasando de un nivel de casi 7 hijos por mujer a niveles cercanos al reemplazo generacional; se ha profundizado en la disminución de la mortalidad y el consecuente aumento de la esperanza de vida; se tiene un aumento significativo en la emigración hacia los Estados Unidos; y una disminución de la tasa de crecimiento de la población hasta alcanzar un nivel de aproximadamente 1% anual.

En cuanto a cuestiones relacionadas con la salud, se ha observado una modificación del perfil epidemiológico del país; un paulatino envejecimiento demográfico provocado por las modificaciones en los niveles de fecundidad y mortalidad en el país a lo largo del siglo XX; un relativo estancamiento de las ganancias en esperanza de vida; un aumento en la prevalencia de obesidad y sobrepeso en el país que, como se mencionará más adelante, es un marcador de enfermedades crónicas como enfermedades cardiovasculares, diabetes y algunos cánceres; cambios recientes en los hábitos de consumo y de vida de las personas producto de la modernización y modificaciones en el mercado laboral, han llevado a una disminución de la actividad física, así como del trabajo físico y un mayor consumo de tabaco, alcohol y alimentos elaborados o el consumo de comida rápida, los cuales aumentan el riesgo de padecer ciertas enfermedades crónicas. Asimismo, se observó que actualmente las principales causas de muerte (sobre las cuales se va a centrar esta investigación) son las enfermedades cardiovasculares, la diabetes mellitus, y tumores (neoplasias).

### **1.2.1. Objetivo general de la investigación**

El objetivo principal de esta investigación es analizar las tendencias y patrones de comportamiento de las principales causas de muerte en México en los últimos 30 años; y a partir de éstas, resumir y ajustar estos patrones por medio de la estimación de funciones matemáticas y/o estadísticas, para cada una de las causas. Las causas de muerte elegidas para este análisis son las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y tumores (neoplasias).

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Realizar un análisis de la información de defunciones por medio de pirámides de defunciones, cálculo de índices y medidas de tendencia central, así como el cálculo y análisis de las tasas y probabilidades de muerte, para estudiar si existen problemas en la información y si los hay, corregirlos para obtener las mejores estimaciones posibles de la mortalidad.
- Uno de los principales objetivos que tiene en este estudio es realizar la estimación paramétrica de las tendencias y los patrones de las principales causas de muerte, lo que permitirá describir matemáticamente el comportamiento de las causas que aquejan a la población de México.

### **1.2.3. Justificación dentro del marco de los estudios de población**

Este trabajo se encuentra inserto dentro del campo de la demografía matemática que es un área de especialización dentro de la demografía, que se ocupa de la articulación, análisis y aplicación empírica de modelos teóricos o representaciones de poblaciones y procesos demográficos por medio del uso de herramientas matemáticas, incluyendo estadística matemática. Esta especialidad tiene sus raíces en la ciencia actuarial, la biología, y el campo de la matemática y estadística (Land et al., 2004).

Como se comentó previamente, uno de los objetivos de esta investigación es analizar las tendencias de las principales causas de muerte que afectan al país hoy en día, esto se quiere realizar porque se considera que realizar este tipo de análisis, así como tener conocimiento sobre la magnitud y los principales efectos que éstas tendrán sobre la población, constituye un elemento fundamental para la planeación y evaluación de los servicios y programas de salud en el país. Igualmente, se considera que es importante dar seguimiento a las principales causas de muerte a lo largo del tiempo, lo cual permite dar cuenta de las transformaciones que el perfil epidemiológico del país ha sufrido (Cárdenas, 2001); y con base en ello se puede obtener un panorama más amplio y detallado sobre la estructura de la mortalidad.

Las causas de muerte que se analizarán en esta investigación se eligieron debido a que son: las principales causas de muerte en el país ya que abarcaron poco más de un 50% del total de defunciones en el 2005; son las causas más difíciles de controlar, debido a que requieren de una mayor infraestructura médica y de salud pública, mayores avances técnicos, un mejor nivel

de vida de la población, una cultura de prevención y modificaciones en los estilos de vida de las personas hacia comportamientos más saludables; además, muchas de ellas presentan morbilidades largas y periodos largos de discapacidad, como por ejemplo la diabetes, lo cual tiene un fuerte impacto tanto en la calidad de vida de la población, en los servicios de salud y en la economía de los hogares. Más adelante<sup>17</sup> se ofrece un breve panorama de los principales factores de riesgo y sus consecuencias, así como una descripción de éstas causas de muerte.

Otra razón por la cual se eligió la Diabetes Mellitus en particular, para su análisis es que las tasas de mortalidad estandarizadas por edad para esta causa de muerte, en el año de 2002, era de 86.8 por cada 100,000 habitantes, la cual era la tasa más elevada presentada por la OMS en 2002. En los países desarrollados, las tasas eran de 4.8 en Japón, 13.9 en Canadá, 9.2 en Francia, 14.3 Italia, 11.1 en España y 17.5 en los Estados Unidos, como se puede observar, las tasas en estos países son bastante menores a las que se presentaban en el país en aquel año. Dentro de los países de Latinoamérica se puede ver que Chile (18.8), Cuba (11), Costa Rica (21.2), Argentina (22.1), tienen tasas no muy elevadas, y en algunos casos similares a los países desarrollados, y países como Ecuador (50.6), Brasil (45.1) y Bolivia (35.3), tienen tasas más elevadas, pero menores que las de México. Finalmente, en los países menos desarrollados, tenemos tasas de mortalidad para la India (23.3), Iraq (18.2), Sudáfrica (52.6), Afganistán (28.4), Angola (32.4) y Sierra Leona (33.6). Además, del nivel elevado de las tasas en México, la Diabetes Mellitus se seleccionó debido a que es la causa de muerte con mayor crecimiento dentro del perfil epidemiológico del país en los últimos años, pasando de un 3.4% del total de las defunciones en el país en 1979 a un 13.7% en 2007, y con una tendencia creciente en todo el periodo.

En cambio, las Enfermedades Cardiovasculares son el grupo principal de causas de muerte en el país desde 1990, cuando alcanzan el 20% del total de defunciones. Previo a 1990, este grupo de causas de muerte presenta, durante toda la década de los ochenta, un crecimiento sostenido hasta aproximadamente 1995, año en el cual su contribución a la mortalidad general se ha mantenido en niveles constantes alrededor del 23% del total de defunciones, pero sin una tendencia a disminuirse.

De manera distinta, los Tumores eran la quinta causa de muerte en 1979 (con un 6.5% del total de defunciones), pero desde ese año han presentado un incremento (si bien, menor en términos relativos, que la Diabetes) ininterrumpido de su participación dentro del total de

---

<sup>17</sup> Véase apartado de *Antecedentes en Salud*

defunciones en el país, hasta el 2004; año a partir del cual han mostrado una participación constante y sin disminución. En el 2007 se ubican como la tercer causa de muerte con un 13.4% del total de defunciones.

Después de haber observado (de forma breve) el panorama de la mortalidad en el país en el siglo XX y principios del XXI es relevante mencionar que desde hace muchos años, los estudios de la demografía matemática (aunque no exclusivamente en ellos) han intentado encontrar las leyes que rigen los fenómenos demográficos (como son la mortalidad, la fecundidad y la migración) para describirlos matemáticamente, y con base en ello lograr plantear de forma fundamentada, escenarios futuros que sean posibles, probables o deseables si ocurriesen una serie de condiciones específicas.

Los modelos son útiles también para desarrollar investigaciones sobre efectos posibles de niveles específicos y cambios en los determinantes demográficos (particularmente la mortalidad), y el impacto que tendrán éstos sobre la población. Además, la simulación de distintos escenarios es otro uso de los modelos que sirve para examinar varias implicaciones de las políticas, sobre el crecimiento y la estructura de la población (Halli y Rao, 1992). Esto es, a través de la estimación de patrones modelo parametrizados se describe matemáticamente la estructura por edad y sexo de la mortalidad y la evolución de ésta a través del tiempo (McNown y Rogers, 1989).

En este sentido, después de realizar la estimación y descripción matemática de las tendencias y patrones de comportamiento de las causas de muerte, será posible proponer en qué causas el Sector Salud (o los tomadores de decisiones) debería enfocar sus esfuerzos para, no solo disminuir la morbilidad y mortalidad de la población respecto a ellas, sino también para crear campañas efectivas de salud que se enfoquen en la prevención de éstas. Investigaciones de este tipo que se han realizado en torno a los distintos fenómenos demográficos, constituyen una parte importante del desarrollo de la demografía, y de la implementación de políticas públicas y de planes de desarrollo.

Algunos ejemplos por los cuales se considera que este tipo de investigación es importante son: las autoridades en educación necesitan conocer una estimación del número de niños para los cuales se van a necesitar matrícula en la escuela dentro de un lustro o dos; y otro ejemplo es que resulta importante el conocer el número futuro de estudiantes en educación superior, para ayudar al gobierno a decidir la proporción adecuada del gasto destinado a las universidades (Hinde,

2001); una discusión sobre la necesidad y el impacto de un programa expandido de vacunación requiere una proyección de población para mostrar el número de niños que necesitará una vacuna en el futuro y la reducción en las tasas de morbilidad y mortalidad que podrían ser alcanzados por el programa propuesto (Stover y Kirmeyer, 2007).

#### **1.2.4. Delimitación geográfica y temporal del estudio**

En cuanto a la geografía, o localización, donde se centra la investigación, se eligió realizarla en México a nivel nacional. Esto se escogió debido a que se quiere conocer la tendencia y los patrones de la distribución etaria de las principales causas de muerte, tanto para hombres, como para mujeres en el país.

Ahora bien, los años que se tiene pensado que incluya el estudio son de 1979 al 2008. Este periodo se tiene contemplado analizarlo con la finalidad de obtener un panorama relativamente amplio (30 años) sobre la evolución y patrones de las principales causas de muerte que se van a estudiar, y con ello poder realizar mejores ajustes. Una dificultad de la investigación es que en 1998 se implementó en el país la décima clasificación internacional de enfermedades (CIE-10), y los datos previos a esa fecha (y desde 1979) se registraron bajo la novena revisión de la Clasificación (CIE-9), y en parte por ello se tomó la información a partir de ese periodo, para no incluir en el análisis información codificada con otra revisión de la Clasificación previa (la CIE-8). Esto es, el análisis de las tendencias en la mortalidad por causas resulta complicado debido a los cambios que se han presentado en la CIE; y esto sucede a pesar de los esfuerzos que intentan asegurar la continuidad al codificar doblemente los datos anuales, o por medio de conciliación de códigos (Alho, 2005).

#### **1.2.5. Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE)**

La Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE), cuyo origen se remonta al siglo XIX, se estableció con el propósito de clasificar las enfermedades para fines de salud pública y es el sistema que actualmente rige el registro de la información sobre morbilidad y causas de muerte en el mundo (Cárdenas, 2001). La CIE es entonces, la principal referencia internacional para la clasificación de la mortalidad y la morbilidad. Una de las preocupaciones permanentes, relacionadas con el cambio entre una revisión de la CIE y otra, es el impacto que éste podrá tener en las estadísticas de salud, es decir, hasta qué punto los cambios entre una y otra revisión

afectan la continuidad de las series históricas; si mantiene, dificulta o impide la posibilidad de comparación de los datos. No es sino hasta su sexta revisión en 1948, que la OMS pasó a ser la depositaria de la Clasificación. Las categorías establecidas son útiles para respaldar la adopción de decisiones, establecer los sistemas de reembolso y disponer de documentación independiente sobre información médica (OMS, 2007).

Actualmente, la CIE se ha convertido en la clasificación diagnóstica internacional estándar para todos los fines epidemiológicos generales y muchos fines de gestión sanitaria. Entre ellos la OMS (2007) cita el análisis de la situación sanitaria general de los grupos de población y el seguimiento de la incidencia y la prevalencia de las enfermedades, así como otros problemas de salud en relación con algunas variables, como las características y la situación de las personas afectadas. Asimismo, la CIE actual (la décima revisión) se utiliza para clasificar las enfermedades y otros problemas de salud que figuran en muchos tipos de registros sanitarios y demográficos, como los certificados de defunción y los registros de los hospitales. Además, permite almacenar y consultar información diagnóstica para fines clínicos y epidemiológicos; esos registros sirven de base para la compilación de las estadísticas nacionales de la mortalidad y la morbilidad (OMS, 2007).

Esta Décima Revisión es la más reciente de una serie que se formalizó, como ya se mencionó, en 1893 como Clasificación de Bertillon o Lista Internacional de Causas de Defunción. En las 10 revisiones realizadas en los 100 años transcurridos desde entonces, la lista original ha pasado de 161 a 2,036 causas de muerte, que se presentan ahora en 21 capítulos (OPS, 2003).

La CIE ha sido revisada de manera periódica para incorporar cambios que se hayan presentado en el campo de las ciencias médicas. La clasificación en su décima revisión (CIE-10) difiere de la novena (CIE-9) en varios aspectos: la CIE-10 es bastante más detallada que la anterior, puesto que cuenta con 8,000 categorías, mientras que la CIE-9 cuenta con 5,000; la CIE-10 utiliza códigos alfanuméricos, mientras que la previa utiliza solo numéricos; se realizaron algunas modificaciones y adiciones en los capítulos de la Clasificación (que por motivos de espacio no se incluyen en este apartado y que van más allá de los objetivos de este estudio); y algunas de las reglas de codificación y de selección de la causa de muerte subyacente se modificaron (Anderson et al., 2001).

### **1.2.6. Preguntas de investigación**

Después de haber presentado el panorama general de investigación, se presentan las principales preguntas que la guían, así como las hipótesis más relevantes que se proponen.

- Dado el contexto social, económico y político del país, ¿qué causas de muerte incluidas en el análisis presentarán los mayores aumentos en su participación relativa dentro del conjunto de la mortalidad mexicana en los últimos 30 años? ¿Cuáles presentarán una disminución significativa de su prevalencia dentro de la mortalidad general del país en ese mismo periodo?
- ¿En qué causas se observarán comportamientos similares entre hombres y mujeres? y ¿en cuáles se observarán patrones diferentes entre los sexos, es decir, en qué causas de muerte encontraremos estructuras diferentes entre hombres y mujeres? ¿Alguna de las causas al inicio del periodo de estudio tendrá con un comportamiento similar (diferente) entre los sexos, y a medida que avanza el tiempo éste patrón tenderá a ser distinto (irse pareciendo cada vez más) entre los sexos?
- ¿Se podrán ajustar las distintas causas de muerte utilizando una combinación de funciones en todo el rango de edad que resulte parsimoniosa? ¿Cuáles métodos de estimación matemática de la mortalidad serán los más recomendables para ajustar las causas de muerte?

### **1.2.7. Hipótesis de investigación**

Las funciones que se van a ajustar a las causas de muerte, se cree que será posible estimarlas de manera parsimoniosa, lo que implica que describirán de manera adecuada el comportamiento de las causas de muerte seleccionadas, con la menor cantidad posible de parámetros. Pero también es necesario que tengan la suficiente flexibilidad para poderse aplicar en otras poblaciones y momentos en el tiempo.

De esta forma, para la diabetes debido a la prevalencia de sobrepeso y obesidad (ya que como vimos previamente, de los 40 a los 59 años de edad un 40% de las mujeres tienen obesidad, mientras que en hombres un poco más de 20%; y que el hecho de tener obesidad conlleva a un mayor riesgo de mortalidad por esta causa), se espera encontrar un aumento de esta enfermedad para ambos sexos, y se espera que sea mayor para las mujeres que para los hombres. En cuanto a enfermedades del sistema circulatorio, se espera que se presentarán incrementos,

sobre todo para las edades mayores en ambos sexos. Para tumores se espera que su prevalencia en los próximos años se mantenga relativamente constante, dado el comportamiento que ha presentado en los últimos años.

La situación socioeconómica y política del país, actualmente está caracterizada por un presentar un magro crecimiento económico, una crisis persistente, una creciente precarización laboral, mayores niveles de pobreza y de desigualdad en la distribución del ingreso, gran pérdida de poder adquisitivo de la población, concentración y polarización de la riqueza; un acceso diferencial a los servicios de salud y de seguridad social, deterioro permanente y progresivo de los niveles de ingreso de la población y del mercado de trabajo (en todas sus formas); y un paulatino agudizamiento del fenómeno de la llamada heterogeneidad estructural de la economía y, en general, una marcada desigualdad de la población en todos los ámbitos sociales (Villegas et al., 1997). Esto es, la modernización se ha caracterizado por un deterioro permanente y progresivo de los niveles de ingreso y de las condiciones de vida de la población, en el que las condiciones de salud de la misma, lejos de haber experimentado una mejoría sustancial, muestran signos de una polarización, con fuertes rezagos y nuevos problemas que afectan a grupos importantes de los trabajadores y sus familias (Villegas et al., 1997).

Esta situación ha provocado, entre otras cosas, que en los últimos años se presente una polarización de la salud (Villegas et al., 1997). Esto es, un sector minoritario de la población favorecido económicamente presenta una esperanza de vida alta, una mejor calidad de vida y una mortalidad mayoritariamente por causas crónicas y degenerativas, debido en parte a un mayor acceso a servicios de salud de alta calidad; mientras que existe un sector marginado que presenta una esperanza de vida inferior, y una relativamente alta mortalidad por causas infecciosas y maternas. Esta polarización de la salud, resulta más evidente después de comparar regiones con características socioeconómicas diferenciadas (Villegas et al., 1997).

Debido a toda esta situación, se cree que en un futuro cercano esperanza de vida no tendrá incrementos mayores a los que ha presentado en los últimos años, sino que al contrario, se disminuirá el ritmo de ganancias en cuanto a este indicador. Aunado a esto, se ha presentado en general, ante la falta de crecimiento económico y desarrollo del país una cada vez menor inversión en cuestión de salud, por lo que el control de las enfermedades crónicas es cada vez más difícil ya que, como se comentó previamente, requieren de una mayor infraestructura médica y de salud pública, mayores avances técnicos, un mejor nivel de vida de la población,

una cultura de prevención y modificaciones en los estilos de vida de las personas hacia comportamientos más saludables; por estas razones se cree que si bien se continuarán presentando ganancias en cuanto a la esperanza de vida, se profundizará el estancamiento en cuanto a ganancias en niveles de este indicador.

### **1.3. Antecedentes Demográficos y Matemáticos**

A continuación se presenta una breve revisión de la bibliografía alrededor de investigaciones que se han llevado a cabo sobre el uso de modelos matemáticos y demográficos en la mortalidad (aunque como veremos, no de forma exclusiva puesto que su uso también se ha dado en el estudio de la migración). Del mismo modo, se presentan algunas ventajas de representar los patrones demográficos, en este caso en particular de la mortalidad, mediante la estimación de curvas paramétricas.

#### **1.3.1. Modelos matemáticos y demográficos**

Dentro de las principales características de la investigación en demografía se encuentra la búsqueda de regularidades empíricas, particularmente los patrones por edad de las tasas de los distintos fenómenos demográficos, como la nupcialidad, la natalidad, la mortalidad y la migración. En este sentido, los modelos demográficos incorporan identidades y relaciones que están bien definidas y que envuelven ciertas regularidades empíricas. Uno de los productos de tales investigaciones son los patrones modelo, que intentan capturar estas regularidades, generalmente con el menor número de parámetros posibles. Tales modelos no son productos finales o fines en sí mismos, sino que la calidad del modelo depende de que tan útil sea para ser explotado en investigaciones empíricas (Coale y Trussell, 1996). Otra característica importante de estos modelos es que se utilizan como base para estimar niveles y tendencias de fecundidad, nupcialidad y especialmente mortalidad en países en vías de desarrollo y en poblaciones con una historia de datos incompletos o de calidad dudosa (Coale y Trussell, 1996). Esto es, el análisis matemático de las relaciones demográficas que se derivan de observaciones empíricas ha sido un ejercicio muy útil para estimar los niveles de los fenómenos demográficos. Un tercer uso de estos modelos es como herramienta para proyectar tendencias futuras de mortalidad, nupcialidad, fecundidad y distribución de la población. La mayoría de éstos son modelos macro, esto es, que modelan grupos grandes o poblaciones completas, pero existen algunos modelos micro basados

en individuos; asimismo, los modelos se pueden clasificar, en cuanto a sus resultados, como determinísticos (tienen un resultado dado) o estocásticos (Coale y Trussell, 1996).

Como se comentó previamente, en el fondo existen dos grandes vertientes de la investigación demográfica: la macrodemografía y la microdemografía, que corresponden a dos enfoques, dos modos concretos de trabajar (Héran, 2006). La primera es una demografía que trabaja desde arriba y desde lejos, a una escala generalmente estatal, nacional o hasta planetaria. En este tipo de enfoque no se pregunta a las personas, no entra en interacción con ellas; simplemente se recoge los datos administrativos disponibles, analiza las relaciones numéricas entre las magnitudes demográficas y, valiéndose de ese saber, reconstituye o estima una parte de los datos faltantes (Héran, 2006).

El enfoque micro consiste en preguntar a los individuos sobre acontecimientos ocurridos en cierto momento de su vida, en entrevistarlos buscando que reconstruyan su trayectoria alrededor de algún fenómeno demográfico y, cada vez con mayor frecuencia, en seguirlos de manera repetida o continua, si es posible y necesario durante toda su vida. Este enfoque intensivo en las personas, que a veces tiene aspectos de observación antropológica, aparece como cada vez más necesario a medida que los comportamientos individuales escapan a las formas institucionales para refugiarse en los arreglos informales y privados; y también se deriva de la necesidad de pasar de una demografía descriptiva a una demografía explicativa (Héran, 2006).

Ambos enfoques están vinculados, pero cada uno de ellos plantea problemas éticos particulares (Héran, 2006). Lo más importante que Héran (2006) distingue entre los dos enfoques mencionados es que el enfoque micro requiere precauciones especiales en la recolección y el procesamiento de datos: confidencialidad, anonimato, transparencia, lealtad, protección de los datos informáticos. Mientras que el enfoque macrodemográfico, da la impresión de no tener ese problema, puesto que los datos no permiten tomar decisiones de carácter individual; no toca a las personas particulares sino sólo a poblaciones anónimas y se conforma con estudiar solamente los nacimientos o los decesos. En esta investigación, se trabaja con el enfoque macrodemográfico.

Por otro lado, el modelaje matemático de los fenómenos no es una tarea fácil (Halli y Rao, 1992). Se han aplicado modelos matemáticos al análisis de la distribución etaria de la población con el propósito de complementar series de datos incompletas y corregir información inadecuada; y de forma similar, otros procedimientos de estimaciones indirectas basados en relaciones lógicas para propósitos prácticos han sido bastante útiles para facilitar un

entendimiento de los procesos demográficos en países con datos faltantes o de mala calidad (Halli y Rao, 1992).

Existen a su vez, tres tipos de modelos demográficos. Un primer tipo de modelos se puede ver como un conjunto de relaciones que son tautológicamente apropiadas a la demografía, es decir, involucra a las poblaciones, o colectividades que aumentan o decrecen debido a la entrada o salida de individuos, esto es, bajo estos criterios, las colectividades de estudio están sujetas a los nacimientos, muertes y migraciones (Halli y Rao, 1992).

La segunda clase de modelos son los normativos (cuyo enfoque indica que bajo ciertas condiciones pueden no representar la realidad de manera adecuada) o los descriptivos (ponen el énfasis de simular la realidad de la manera más precisa posible). El modelo normativo típico es la tasa global de fecundidad, ya que se basa en el concepto de la cohorte sintética; otro ejemplo es la esperanza de vida al nacimiento. Mientras que como ejemplo de los modelos descriptivos tenemos aquellos que describen la estructura por edad, patrones etarios de la mortalidad o fecundidad (Halli y Rao, 1992).

Una tercera categoría de modelos demográficos es en una expresión (matemática o en tabla) de la frecuencia de eventos o la intensidad de riesgos en una población como función de la edad. Estos modelos expresan esas variables como tasas de mortalidad, tasas de natalidad y tasas de entrada al primer matrimonio y requieren la estimación de pocos parámetros para obtener un patrón completo de las tasas (Halli y Rao, 1992), como en el caso de esta investigación.

#### *Patrón de la mortalidad en todas las edades*

Ahora bien, existe una larga historia en la búsqueda de una representación matemática del patrón de la mortalidad en todas las edades, es decir, el desarrollo de una ley de mortalidad, ha sido estudiado desde el desarrollo de las primeras tablas de vida de John Graunt en 1662 y Edmund Halley en 1693. A pesar que De Moivre propuso una ley muy simple de mortalidad en 1725, la mejor contribución en este campo es la que realizó Benjamín Gompertz en 1825 (Heligman y Pollard, 1980)<sup>18</sup>. Posteriormente, en 1860, William M. Makeham incorporó a la fuerza de mortalidad calculada por Gompertz, las causas de muerte que no consideró este último por lo que el modelo de Gompertz-Makeham, puede llegar a describir de mejor manera el comportamiento de la mortalidad (Heligman y Pollard, 1980).

---

<sup>18</sup> Estas leyes de mortalidad se presentan más adelante, con un mayor detalle.

La búsqueda de una ley matemática de mortalidad ha ocupado a los estadísticos y demógrafos por mucho tiempo, y el primer intento de representar la mortalidad en todas las edades es aparentemente el de Thiele en 1872 quien combinó tres funciones distintas para representar las tasas de muerte entre los niños, jóvenes y adultos, y los adultos mayores respectivamente (Rogers, 1986); él propuso distribuciones exponenciales negativas y positivas para las componentes uno y tres (respectivamente) y una normal para la segunda. Un siglo después, Heligman y Pollard (1980) realizaron un ejercicio análogo.

Pero, la formulación de una ley matemática sobre la mortalidad no es el único acercamiento para intentar resumir los patrones por edad de la mortalidad, ya que existe una gran variedad de técnicas entre las cuales destacan:

- Descripciones funcionales en forma de expresiones matemáticas con varios parámetros, en las cuales se va a centrar esta investigación (las principales ventajas de este tipo de acercamientos se presentan más adelante);
- Tabulaciones numéricas generadas a partir de resúmenes estadísticos de largas series de datos, las cuales han probado ser poco prácticas y bastante inflexibles en el análisis aplicado. Las más utilizadas han sido: las tablas modelo de las Naciones Unidas definidas por un solo parámetro que denota el nivel de la mortalidad y las tablas modelo regionales de Coale y Demeny que son una serie de tablas de mortalidad de cuatro patrones regionales (Norte, Sur, Este y Oeste), que se basan en las estadísticas de mortalidad desde mediados del siglo XIX hasta 1960 para diversas áreas geográficas con lo cual estos autores analizaron los patrones de desviaciones de 326 tablas de vida individuales a partir de un conjunto de tablas modelo preliminares que describían la mortalidad mediana global (Goldman, 1980);
- Procedimientos relacionales, como el propuesto por William Brass, que asocian patrones observados con aquellos encontrados en patrones estándar. Esto es, con dos parámetros y una tabla de vida estándar este método hace posible describir y analizar una gran variedad de regímenes de mortalidad de forma parsimoniosa (es decir, este sistema logito de tablas de vida que se basa en una transformación de dos parámetros de una tabla de vida estándar), pero tiene el problema que está ampliamente basado en la población estándar elegida;

- El método de Lee-Carter para proyectar la mortalidad, que es un modelo que incluye tanto la edad, como el tiempo, utiliza una matriz de descomposición para extraer un índice simple sobre el nivel de la mortalidad que varía en el tiempo, el cuál es proyectado utilizando series de tiempo. Existen asimismo, distintas variantes de este modelo, entre las cuales encontramos las propuestas por Lee-Miller y Booth-Maindonald-Smith y las extensiones de este método realizadas por Hyndman-Ullah and De Jong-Tickle, las cuales son más flexibles que el modelo original (Booth et al., 2006);
- Asimismo, existen otros tipo de graduación de la mortalidad, como la no paramétrica, por ejemplo, vía los métodos de kernel (Kostaki y Peristera, 2004);
- Y la graduación mediante funciones spline que involucra ajustar diferentes regiones de la curva con polinomios de orden bajo y suavizar las uniones en los nodos.

### **1.3.2. Graduación de los fenómenos demográficos**

La graduación paramétrica involucra ajustar una función matemática a un patrón etario de tasas. Este tipo de análisis es utilizado para suavizar las curvas de las tasas por edad (de la mortalidad, fecundidad, migración o nupcialidad, entre otras) y resulta importante realizarlo antes de cualquier análisis posterior (como el análisis de tendencias y proyecciones de estos fenómenos por ejemplo) y se realiza para obtener las regularidades subyacentes del patrón específico por edad del evento demográfico en estudio. En su estudio Congdon (1993) observa las ventajas que tiene la graduación matemática directa de los datos y comenta que el uso de fórmulas paramétricas se ha utilizado debido a la capacidad de interpretar los parámetros y su rol en facilitar comparaciones y proyecciones espacio-temporales.

Uno de los objetivos que se tiene con el acercamiento paramétrico es intentar reproducir los patrones con un alto nivel de precisión y facilitar comparaciones entre regiones y en el tiempo: vinculando variaciones transversales espaciales en los patrones demográficos con variables socioeconómicas y unir variaciones temporales en los parámetros demográficos con fluctuaciones económicas que los puedan explicar (Congdon, 1993).

Según el autor, las principales ventajas de representar los patrones demográficos mediante una sola curva paramétrica que ajuste todos los puntos son:

- a) Suavizamiento: las tasas que varían mucho entre una edad y otra debido a fluctuaciones estadísticas aleatorias son suavizadas para proveer mejores estimaciones. El uso de un

modelo paramétrico suave garantiza que las tasas brutas, que varían erráticamente entre edades, sean suavizadas al estimar el modelo, entonces, los errores aleatorios son eliminados.

- b) Parsimonia: patrones de las tasas para muchos grupos de edad pueden ser representados con una alta bondad de ajuste, por un número relativamente pequeño de parámetros.
- c) Interpolación: una fórmula ajustada puede aplicarse para proporcionar tasas a edad individual cuando sólo se tienen las tasas quinquenales o cuando el patrón está incompleto. Esto es, resulta un enfoque muy apropiado para la elaboración de tablas dinámicas, mediante la estimación y proyección de modelos para los parámetros, y también para la interpolación, por ejemplo, si se cuenta con datos quinquenales de edad.
- d) Comparación: las comparaciones de patrones demográficos entre muchas localidades es posible una vez que las características esenciales de los patrones han sido ajustados por una fórmula matemática; es decir, facilita la comparación espacio-temporal entre diferentes áreas, fechas, grupos sociales, etnias, sexos, etc., y permite relacionar variaciones transversales o temporales con variables socioeconómicas.
- e) Tendencias y proyecciones: al igual que las comparaciones entre distintas regiones es posible, otra ventaja es que este método facilita el análisis de las tendencias a través del tiempo, y por extensión la realización de proyecciones de componentes demográficos (mortalidad, fecundidad, migración, etc.).
- f) Manipulación analítica: si se conocen las propiedades de una función matemática, ésta puede ser utilizada dentro de un esquema demográfico más complejo.

Esto es, el objetivo principal de este tipo de métodos es obtener el mejor ajuste posible (el que mejor represente el comportamiento de las tasas demográficas) utilizando el menor número de parámetros posibles (noción estadística conocida como parsimonia). Normalmente hay un intercambio entre estos dos criterios, debido a que si el número de parámetros utilizado para ajustar los datos se incrementa, entonces el ajuste de los datos mejora también, pero, a medida que se incrementa el número de parámetros, la estabilidad estadística se va perdiendo (Congdon, 1993). La principal crítica a este método, ocupando una sola función que ajuste toda la curva, se basa en la dificultad de encontrar una función para todo el rango de edades.

Sin embargo, la graduación paramétrica tiene una ventaja clave sobre las técnicas de graduación por medio de splines y sobre la no paramétrica debido a que los parámetros

estimados representan propiedades físicas significativas del proceso en medición, en este caso en particular de la mortalidad. Esto facilita comparaciones de los patrones entre lugares y en el tiempo, permitiendo unir variaciones transversales espaciales de los patrones demográficos modelados, con variables socio-económicas (Congdon, 1993).

El razonamiento matemático detrás de la graduación como lo expone Pollard (1979) es: si se supone que se observan  $\theta_x$  defunciones entre  $E_x$  personas de edad cumplida  $x$  y esta experiencia está limitada solamente a un periodo de un año, el estimador de máxima verosimilitud de la tasa de mortalidad desconocida  $m_x$  es simplemente la tasa bruta de mortalidad,

$$m_x^\circ = \frac{\theta_x}{E_x}$$

el cual puede estar por arriba o por debajo del verdadero valor subyacente. El valor esperado de la tasa bruta de mortalidad es igual al valor de  $m_x^\circ$ , indicando que éste es un estimador insesgado de  $m_x$ . Muchas experiencias de mortalidad cubren un rango de edades, y el estimador propuesto puede ser utilizado como estimador para cada edad (Pollard, 1979).

Las tasas brutas de mortalidad estimadas directamente de datos muestrales, por este método de máxima verosimilitud, presentan variaciones aleatorias erráticas, por lo que no son directamente aplicables al cálculo actuarial. No obstante, el perfil subyacente suele mostrar una regularidad persistente (Congdon, 1993). Entonces, algunos valores del estimador se encontraran por encima del valor real de la población y otros por debajo; y la progresión de los estimadores de máxima verosimilitud de edad en edad será poco semejante. Pero, si el número de individuos observados en cada edad fuera mucho mayor, las tasas de mortalidad estimadas mostrarían una progresión según la edad mucho más regular y en el límite, si el número de individuos en cada grupo de edad fuera infinitamente mayor, las estimaciones mostrarían una progresión suave con la edad.

De esto sigue que tener información a cada lado de la edad  $x$  puede ser utilizada para mejorar la información básica que tenemos de la edad  $x$ , y un mejor estimador de  $q_x$  se puede obtener al suavizar las estimaciones individuales. El arte de suavizar los valores separados de máxima verosimilitud para obtener los mejores estimadores posibles de los valores subyacentes

poblacionales se conoce como graduación analítica (Pollard, 1979); en otras palabras, es el proceso que consiste en suavizar las variaciones erráticas observadas en el comportamiento de las tasas brutas estimadas para acercarse al perfil suave subyacente en dichas estimaciones. Pollard (1992), la concibe como el conjunto de principios y métodos de ajuste de una serie de tasas brutas de mortalidad para ofrecer una base adecuada para los cálculos actuariales y demográficos de naturaleza práctica.

Hasta cierto punto, la graduación se origina por la necesidad de construir tablas de mortalidad, cuando una serie de probabilidades de muerte observadas (o tasas de mortalidad) presenta irregularidades o hay ausencia de información en algunos grupos de edad; y que ésta permite estimar de manera simultánea una serie de datos como lo son las tasas observadas de mortalidad. Utilizando la graduación se obtienen una serie suavizada de valores que son consistentes con datos observados y que permiten su análisis a lo largo del tiempo, así como su estimación futura.

La justificación de la graduación paramétrica reside en admitir la hipótesis de que las tasas de mortalidad por edades de la población pueden ser representadas por una función matemática razonablemente simple (un número no muy elevado de parámetros) y suave (relativamente pocas diferencias sucesivas cuando el intervalo de diferenciación es el año) (Forfar et al., 1988). Se requiere habitualmente que el proceso de graduación paramétrica logre una representación con parsimonia, y al mismo tiempo alcance el máximo nivel de ajuste a las tasas brutas observadas, manteniendo las propiedades estadísticas óptimas en el proceso de estimación de los parámetros, (Congdon, 1993).

La base estadística de la graduación paramétrica está dada por técnicas de regresión no lineal; estos modelos son distintos de los modelos de regresión lineal, tanto en las técnicas utilizadas para ajustar los datos, como en la interpretación de los resultados, ya que las ecuaciones normales (que se resuelven para obtener las estimaciones de mínimos cuadrados de los parámetros) no son lineales y su solución no está dada de forma cerrada (Congdon, 1993). Es por esto, que se utilizan métodos numéricos para obtener las soluciones, y este tratamiento matemático se realiza por medio del uso de computadoras. Esto involucra un proceso iterativo, que inicia con una estimación de los valores de los parámetros que son utilizados para calcular la suma de cuadrados residuales; y los parámetros se modifican con cada iteración de manera que la

suma de cuadrados residual se reduce hasta el punto en que no es posible reducirla más (Freund and Littell, 2000).

La regresión y la suma de cuadrados residual tienen la misma interpretación que en regresión lineal, y sin embargo, la interpretación de la prueba F y los valores de  $R^2$ , difieren puesto que en los modelos no lineales no hay una media natural o intercepto, por lo que la suma de cuadrados total corregida puede no tener significado (Freund and Littell, 2000). Asimismo, existe un intercambio entre el número de parámetros y el ajuste del modelo. Esto es, entre más parámetros se utilicen, el modelo tiende a tener un mejor ajuste, sin embargo, la inclusión de demasiados parámetros puede llevar al problema de sobreparametrización, lo que significa que valores muy distintos de ciertos parámetros pueden dar ajustes similares (Congdon, 1993). Esta sobreparametrización se puede identificar en la presencia de errores estándar muy grandes asociados con las estimaciones de los parámetros, correlaciones muy altas entre parámetros y la falla de convergencia del modelo (Congdon, 1993). Normalmente se prefieren funciones con el menor número posible de parámetros debido a que son estadísticamente más estables y ofrecen una mejor base de comparación en el tiempo y para distintos lugares (Coale and Trussell, 1996). Un supuesto clave en la regresión no lineal es que los errores no pueden estar relacionados con la variable dependiente (Motulsky and Christopolous, 2004). Este supuesto y la estabilidad estadística de los parámetros dependen de la función de pérdida, la cual varía conforme al evento demográfico en estudio, es decir, la elección de la función de pérdida depende del evento demográfico que se quiere ajustar (Congdon, 1993).

## **1.4. Estudios Previos Sobre la Graduación Matemática**

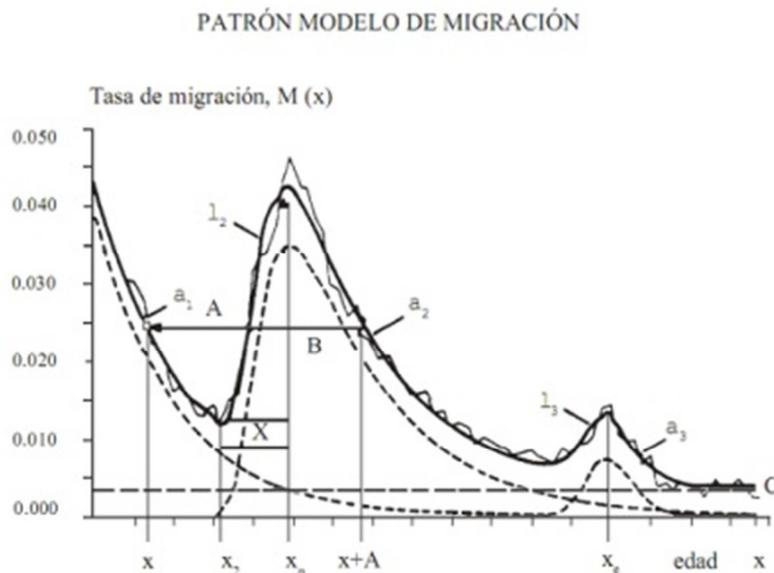
### **1.4.1. Estudio de Rogers y Castro sobre migración**

Ahora bien, Rogers y Castro (1981) realizaron un análisis comparativo de varios patrones migratorios observados, con la finalidad de desarrollar una familia de patrones migratorios hipotéticos (para utilizarse en casos donde los datos sobre migración sean de mala calidad o inexistentes), y con base en estos patrones modelo, los autores propusieron una función matemática que describe el comportamiento del fenómeno migratorio en todas las edades. Estos autores justifican su investigación al comentar que en la mayoría de las poblaciones se experimentan tasas específicas por edad de fecundidad y mortalidad que exhiben regularidades

marcadas y persistentes, y como consecuencia de ello, los demógrafos han podido resumir y ajustar dichas regularidades a través de expresiones matemáticas llamados patrones modelo (Rogers y Castro, 1981).

Partiendo de esto y de algunos conceptos desarrollados en los estudios de mortalidad, fecundidad y nupcialidad, así como de las tasas brutas de migración de la década de los setenta, estos autores buscaron regularidades en el patrón de la migración que pudieran expresarse matemáticamente; de tal forma que las regularidades observadas en las tasas estimadas de migración fueran resumidas en modelos que permitieran analizar sus perfiles por edad, sexo y causa; a éstas les denominaron patrones de migración. La regularidad más pronunciada que encontraron fue que las tasas de migración presentan una elevada selectividad a edades específicas (Rogers y Castro, 1981). Por ejemplo, los adultos jóvenes (entre los 20 y los 22 años), muestran las tasas más altas de migración y los adolescentes (16 años en promedio), las más bajas. El patrón típico de migración y su graduación por un patrón modelo lo definieron los autores como la suma de cuatro componentes:

**Gráfica 3 – Modelo de Rogers y Castro (1981) para migración**



Fuente: Rogers y Castro (1981)

1. Una curva exponencial negativa y sencilla en las edades previas a la actividad económica, con una tasa de descenso.
2. Una curva unimodal sesgada a la izquierda de las edades económicamente activas posicionada en una edad media.
3. Una curva en forma de campana de las edades posteriores a la actividad económica.
4. Una curva constante, cuya inclusión mejora el ajuste de la expresión matemática del patrón observado.

Esta descomposición descrita sugiere la suma de las cuatro curvas, por lo que el modelo “final” de Rogers y Castro (1981) tiene 11 parámetros. El método que los autores utilizan para ajustar el modelo a los datos es un procedimiento de minimización funcional conocido como el algoritmo Levenberg-Marquardt.

La presente investigación se tiene pensado realizarla con una metodología similar a la utilizada por estos autores, en el sentido de analizar los patrones modelo de las distintas causas de muerte y con base en ellos proponer diversas funciones que describan el comportamiento de las causas.

#### **1.4.2. Heligman y Pollard: Ajuste de patrones de mortalidad**

En su estudio, Heligman y Pollard (1980) exponen que el ajustar las tasas la mortalidad puede ser considerado exitoso si éstas progresan de forma suave de edad en edad y al mismo tiempo reflejan de manera certera el patrón subyacente de la mortalidad. En otras palabras, la graduación debe suavizar irregularidades debidas a variación aleatoria y declaración errónea de edad, mientras mantiene todas las variaciones subyacentes del patrón de la mortalidad. Ellos proponen una expresión matemática o ley de mortalidad, la cual posteriormente la utilizan para ajustar la mortalidad de Australia en tres periodos distintos 1946 a 1948, 1960 a 1962 y 1970 a 1972. La expresión<sup>19</sup> que utilizan para ajustar las probabilidades de muerte  $q_x$ , es:

$$\frac{q_x}{1 - q_x} = A^{(x+B)^C} + De^{-E(\ln x - \ln F)^2} + GH^{(x-x_0)}$$

---

<sup>19</sup> La interpretación de los parámetros se menciona en el apartado metodológico.

Los autores encuentran que las probabilidades de muerte ajustadas dan una representación adecuada del patrón de la mortalidad en los periodos mencionados. Asimismo, la función que proponen reproduce de manera adecuada tres características de la mortalidad: el descenso de mortalidad en la niñez y los primeros años de vida por la adaptación del infante a su nuevo ambiente; el envejecimiento; y la mortalidad por accidentes en las edades adultas jóvenes. Debido a esto, los autores comentan que la ley de mortalidad propuesta describe de manera adecuada el patrón de mortalidad para una gran variedad de casos y que permite comparaciones de los patrones por edad y sexo entre diversos países, y en el tiempo. Esta ley se presenta debido a que es uno de los mejores modelos demográficos que se han propuesto para representar matemáticamente la curva de mortalidad en todas las edades. Además, como se verá más adelante, tiene la ventaja de que los parámetros de esta ley de mortalidad pueden ser interpretados de manera demográfica y cambiar de forma relativamente suave de un patrón de mortalidad a otro.

#### **1.4.3. Modelos paramétricos para tablas de vida (Carriere, 1992)**

En 1992, siguiendo el ejemplo del modelo de Heligman y Pollard, que está dividido en tres componentes y cada una de éstas ajusta una parte distinta de la curva de mortalidad, Carriere presentó una ley general de mortalidad que está formada por una mezcla de funciones de supervivencia de Gompertz, Weibull, Gompertz Inversa, y Weibull Inversa. Su propuesta también intenta modelar el patrón exponencial de la mortalidad adulta, la caída de la mortalidad en la niñez y la joroba de mortalidad por accidentes en las edades adultas jóvenes. Asimismo, el autor demuestra que el modelar una ley de mortalidad como una mezcla de funciones de supervivencia es equivalente a utilizar una tabla de decrementos múltiples<sup>20</sup>.

En general, el autor presenta una ley general de mortalidad que es una mezcla de funciones de supervivencia Gompertz, Weibull, Gompertz Inversa y Weibull Inversa. Presenta varios casos parsimoniosos de esta ley ajustando tablas de población y de mortalidad de los Estados Unidos. Además, propone una parametrización de la ley que enfatiza la información estadística y demográfica, y por medio de ésta muestra que la ley Gompertz explica la mayoría de los patrones de mortalidad analizados. Esta propuesta de Carriere se presenta debido a que se considera que esta ley de mortalidad, análoga al modelo propuesto por Heligman y Pollard, es

---

<sup>20</sup> La demostración se encuentra en el anexo de Carriere (1992).

otra propuesta ingeniosa, y hasta cierto punto más flexible, de intentar describir la mortalidad en todo el rango de edades.

#### **1.4.4. Hartmann: Acercamientos pasados y recientes de modelar la mortalidad en todo el rango de edad.**

Este autor señaló que desde la primera mitad del siglo XVIII, se han hecho investigaciones realizadas por actuarios, demógrafos y por otras profesiones interesadas en el estudio estadístico de la mortalidad, con la finalidad de desarrollar leyes de mortalidad o funciones paramétricas que se pueden usar para modelar curvas empíricas de mortalidad. Hartmann (1987), compara el ajuste de tres de esas leyes de mortalidad, que tienen como objetivo modelar la mortalidad en todo el rango de edades, las cuales son la de Thiele en 1872, Wittstein en 1883 y la propuesta por Heligman y Pollard en 1980.

La valía del trabajo de estos autores, al intentar modelar todo el rango de edad, se basa en que generalmente, muchas de las leyes de mortalidad propuestas son parciales puesto que ajustan bien secciones de las curvas de mortalidad, normalmente con problemas representando la mortalidad en la niñez y la “joroba” por accidentes para adultos jóvenes. Tomando en cuenta estos conflictos, en 1872 Thiele publicó un artículo en el cuál propone, en términos de fuerza de mortalidad, la siguiente expresión:

$$\mu(x) = \mu_1(x) + \mu_2(x) + \mu_3(x)$$

Donde  $\mu_1(x) = a_1 \exp\{-b_1 x\}$ ;

$\mu_2(x) = a_2 \exp\{-\frac{1}{2} b_2 (x - c)^2\}$ ; y

$\mu_3(x) = a_3 \exp\{b_3 x\}$ .

En este caso, los siete parámetros de la expresión  $a_i, b_i$  y  $c$  son todos positivos. La hipótesis detrás de la ley de Thiele es que las causas de muerte caen de manera natural en tres categorías: aquellas que afectan a la niñez, la edad media y las edades adultas. Para modelar la mortalidad en la niñez, Thiele utiliza una función Gompertz, que hace que  $\mu_1(x)$  se desvanezca

para las edades adultas. Para la mortalidad en las edades adultas jóvenes, el autor utiliza la función de densidad de una Normal. Finalmente para las edades adultas utiliza una función Gompertz. De manera conjunta las tres funciones dan un modelo de mortalidad para todas las edades.

Aproximadamente 10 años después de que Thiele publicará su ley, Wittstein publicó también su ley que modela la probabilidad de muerte entre las edades  $0$  y  $M$ , por medio de la siguiente expresión:

$$q_x = \frac{1}{m} a^{-(mx)^n} + a^{(M-x)^n}$$

que modela la  $q_x$  entre las edades  $0$  y  $M$ , donde  $M$  es la edad máxima.

La hipótesis de Wittstein fue que las causas de muerte se dividen de manera natural entre componentes en la niñez y en la vida adulta. El autor logra su expresión, basándose en una generalización elegante de la ley de DeMoivre<sup>21</sup>. Sin embargo, tiene el problema de no tener un componente para modelar la mortalidad en las edades medias, por lo cual no ajusta de manera correcta la “joroba” por accidentes.

De la misma forma, el autor presenta la ley propuesta por Heligman y Pollard en 1980, la cual se expuso previamente en el documento. Asimismo, Hartmann (1987) comenta que después de ajustar los datos de mortalidad de Australia y Suecia con estas tres funciones, los resultados indican que la ley de Heligman y Pollard es posiblemente el mejor modelo demográfico para explicar la mortalidad en todo el rango de edades. Igualmente, comenta que los parámetros, que pueden ser interpretados de manera demográfica, y que cambian de forma relativamente suave de un patrón de mortalidad a otro. Por esta razón, considera que el modelo demográfico de Heligman y Pollard es ideal para generar curvas modelo para ser utilizadas en proyecciones de población y cuando se necesite un modelo continuo de mortalidad para todo el rango de edades (Hartmann, 1987).

---

<sup>21</sup> La Ley de DeMoivre se expondrá posteriormente

#### **1.4.5. Reflexión sobre el ajuste de la función Gompertz en distintas edades**

Como vimos previamente, diversos investigadores mencionan que las funciones exponenciales de Gompertz y Gompertz-Makeham dan una representación adecuada de la mortalidad especialmente en edades adultas. Esto es, se ha observado que generalmente las tasas de mortalidad se incrementan de forma casi exponencial con la edad a través de todo el rango de edad de la vida adulta. Lo cual se observa si las tasas específicas de mortalidad se grafican en escala logarítmica, ya que los puntos parecen seguir una tendencia lineal (Congdon, 1993). Pero mientras se continúan utilizando estas funciones para el ajuste del patrón subyacente de la mortalidad, existe evidencia de que esas leyes de mortalidad no ajustan de manera correcta ciertas características sutiles de la curva de mortalidad. Esto es, las estimaciones realizadas con estas funciones son menos precisas, tanto en las edades mayores cuando las tasas continúan creciendo pero a tasas cada vez menores, como en las edades más jóvenes donde las tasas son muy altas inmediatamente después del nacimiento y después comienzan a disminuir. Asimismo, las funciones tampoco ajustan otras características tales como la “joroba” de accidentes en las edades adultas jóvenes, particularmente para hombres (Congdon, 1993).

Como se verá adelante, la hipótesis detrás de la ley de mortalidad de Gompertz es que la fuerza de mortalidad se incrementa de manera geométrica conforme aumenta la edad de las personas. Según él, las tasas de mortalidad se duplican después de cada ocho años de edad que cumpla la persona (Gavrilov y Gavrilova, 2002). Gavrilov y Gavrilova (2002) comentan que la ley de Gompertz, que se ha observado en la mortalidad, en edades muy avanzadas es paradójica.

Hoy en día es conocido que la ley de Gompertz no ajusta de manera correcta las tasas de mortalidad de ciertas edades, en particular en edades muy avanzadas, ya que las tasas observadas suelen ser menores que aquellas predichas por el modelo y, con ello, el número de supervivientes en edades extremas es mayor a aquel que la ley de Gompertz ajusta. Esto es, en diversas investigaciones de mortalidad en edades extremas se ha observado que la fuerza de mortalidad prácticamente deja de incrementarse en las edades más avanzadas, lo cual se conoce como desaceleración de la mortalidad en edades extremas (Gavrilov y Gavrilova, 2002). Lo cual se ve reflejado al mirar con detenimiento las tasas de mortalidad cuando se grafican en escala logarítmica, ya que se puede distinguir que la tasa de crecimiento de las tasas de mortalidad disminuye en las edades más avanzadas.

Esto ha llevado a varios investigadores a cambiar el uso de la función Gompertz para modelar estas edades extremas, hacia el uso de funciones logísticas o funciones como la distribución Weibull (Horiuchi y Wilmoth, 1998). Esto es, las funciones como la Gamma, la Logística y Weibull también ajustan de manera satisfactoria el proceso subyacente de muerte en estas edades extremas.

Lo que resulta paradójico es que el mismo Gompertz encontró que en edades avanzadas las tasas de mortalidad se incrementaban de manera menos rápida que una función exponencial y a pesar de ello, las funciones propuestas, tanto por él, como por Makeham (funciones Gompertz y Gompertz-Makeham) se utilizan regularmente para estimar las tasas de mortalidad de las personas de mayor edad, por medio de extrapolación, con la finalidad de cerrar las tablas de mortalidad (Gavrilov y Gavrilova, 2002). Esto es, cuando se realizan ajustes de la mortalidad en edades avanzadas utilizando las funciones Gompertz y Gompertz-Makeham, y dado que la esperanza de vida al nacimiento no es sensible a la exactitud del cierre de una tabla de vida, normalmente este hecho de que sobrestime la mortalidad en las edades más avanzadas no se toma en cuenta.

Ahora bien, surge la cuestión de cómo explicar la reducción del crecimiento de la mortalidad de las personas centenarias. Una explicación que dan Gavrilov y Gavrilova (2002) es que estas personas están menos expuestas a estrés y shocks externos debido a que sus actividades son más restringidas y rara vez se les encuentra en público.

A su vez, Horiuchi y Wilmoth (1998) comentan que hay dos posibles hipótesis para explicar este freno del crecimiento de las tasas de mortalidad: la hipótesis de la heterogeneidad y la hipótesis de riesgo individual. Por un lado, según la hipótesis de la heterogeneidad, la disminución de las tasas es el efecto estadístico de selección. Esto es, debido a que los más “frágiles” tienden a morir en las edades jóvenes, los supervivientes a edades mayores tienden a tener mejores dotaciones de salud y/o estilos de vida más saludables (Horiuchi y Wilmoth, 1998). Algunos estudios con modelos paramétricos sobre las relaciones entre los patrones de mortalidad y cambios fisiológicos han sugerido que es una supervivencia selectiva la cual causa la desaceleración de las tasas de mortalidad y de discapacidad en las edades mayores; y más aun, la idea de una supervivencia selectiva es consistente con las reducciones en la prevalencia de algunas enfermedades y factores de riesgo (Horiuchi y Wilmoth, 1998).

Por otro lado, de acuerdo a la hipótesis de riesgos individuales el incremento del riesgo de morir para los individuos se desacelera en las edades extremas, debido a varias razones y a factores muy variados (Horiuchi y Wilmoth, 1998). La principal versión de esta hipótesis es la teoría de la fiabilidad. Gavrilov y Gavrilova (2002) consideran que la mejor manera de explicar esta disminución del crecimiento de las tasas de mortalidad en edades extremas es a través de esta teoría de la fiabilidad, la cual se presenta con más detalle en el marco explicativo del presente trabajo.

Desde una perspectiva de proyecciones, entonces, normalmente hay menor interés en estimar la supervivencia en las edades jóvenes donde el campo para mejorar es muy limitado, y los estudios se centran en la evolución de mortalidad en edades muy jóvenes (menores a 5 años), y en las edades adultas y mayores (50 años y más). Debido a esa situación, varios estudios recientes se han enfocado en estudiar la posible disminución de la mortalidad en las edades mayores. Dentro de estos estudios, autores como Vaupel (2003) comentan que ciertos de factores de riesgo van perdiendo su importancia relativa conforme aumenta la edad, probablemente debido a la heterogeneidad y la selectividad, como son fumar, obesidad, enfermedades y estatus socioeconómico. Sin embargo, esto no significa que la tasa de supervivencia en las edades mayores, incluyendo la de aquellas personas en edades extremas, no se pueda incrementar. Asimismo, es importante hacer notar que ciertos predictores de la mortalidad se deben continuar estudiando dado que se mantienen válidos aún en las edades mayores, como son la edad auto-reportada, así como habilidades físicas y cognitivas (Vaupel, 2003).

#### **1.4.6. Himes: Patrones por edad de la mortalidad y estructuras de las causas de muerte.**

El autor estudia las formas en las que los patrones de mortalidad por edad se modifican entre distintos países, una vez que la mortalidad desciende, y los cambios son mayores en los grupos de edad en los que el descenso de la mortalidad es mayor. Para su análisis menciona los dos enfoques sobre la relación entre la estructura de las causas de muerte en una población y el patrón etario de la mortalidad. Las dos visiones se conocen como las teorías “bottom-up” y “top-down”, y como se verá más adelante, la primera expone que la tasa de mortalidad general a cualquier edad se toma como el resultado de la suma de las causas de muerte individuales en esa edad; para el segundo enfoque, el patrón general de la mortalidad se asume fijo para la población, y en este caso las muertes se distribuyen *hacia abajo* entre las distintas causas.

Posteriormente, Himes (1994) compara datos de tres poblaciones que tienen un nivel bajo de mortalidad Estados Unidos, Japón y Suecia.

Entre sus principales hallazgos está que Suecia y Japón tienen patrones de mortalidad similares, sin embargo difieren en su estructura de causas de muerte, lo que en principio apoya el enfoque que asume que el nivel de la mortalidad está fijo en una edad particular y que las causas de muerte se distribuyen *hacia abajo*. En estos dos países, se ha logrado determinar cierto nivel de la mortalidad, pero las muertes se producen debido a diferentes factores dependiendo de las diferencias culturales, nutricionales y ambientales entre los dos países (Himes, 1994).

Estos resultados dan la idea de que puede existir más de una *ruta* para alcanzar una mortalidad baja. Sin embargo, después de analizar los datos de los Estados Unidos y compararlos con los de Suecia llega a conclusiones que contradicen el punto anterior. Esto es, los dos países muestran patrones de causas de muerte similares, sin embargo, tienen patrones de mortalidad general muy distintos. En conclusión, su trabajo muestra la importancia de continuar investigando las causas y patrones del descenso de la mortalidad en todos los países, ya sean aquellos de baja mortalidad o aquellos que todavía se encuentran en ese proceso. Además, con un conocimiento más amplio del cambio en los patrones a través del tiempo y la relación de estos patrones con la distribución de las causas de muerte se pueden mejorar las proyecciones y la forma de influir en los patrones futuros del cambio en la mortalidad (Himes, 1994).

### **1.5. Antecedentes en Salud**

Los cambios en las tasas de fecundidad y el aumento en esperanza de vida, que se presentaron durante el siglo pasado provocaron que la estructura de población se modificara de forma significativa, y que la población tienda paulatinamente hacia un envejecimiento poblacional. Si bien el número de personas en edades adultas mayores se está incrementando poco a poco, lo que presenta los mayores retos para la provisión de servicios sociales y de salud es sobretodo el ritmo de crecimiento tan rápido que presenta (Wong y Lastra, 2001).

Actualmente, el patrón epidemiológico de México se caracteriza por una interacción entre condiciones crónico-degenerativas y enfermedades infecciosas las cuales se presentan como residuo de un régimen epidemiológico pasado (Wong y Lastra, 2001). Este fenómeno se conoce como polarización epidemiológica. Cabe resaltar que esta polarización, se refleja en el hecho que la población en edad avanzada es superviviente del régimen epidemiológico anterior, lo cual

puede manifestarse en una serie de síntomas, limitaciones físicas e incapacidad, que a su vez se traducen en mayores gastos en cuanto a atención y servicios de salud. Entonces se puede decir, la población del país se encuentra en medio de dos transiciones: la demográfica<sup>22</sup> y la epidemiológica (Wong y Lastra, 2001).

Ahora bien, el estudio de la salud es necesario entenderlo a partir del proceso de envejecimiento visto como un fenómeno dinámico, multidimensional e interdisciplinario, en el cual estilos de vida de las diferentes generaciones y los cambios en ambiente, tienen diferentes efectos en el deterioro de la salud (Wong y Lastra, 2001). Dentro del estudio multidimensional e interdisciplinario de la salud, un aspecto importante a considerar es el comportamiento de los individuos respecto de la salud, aspectos culturales, así como las características demográficas, sociales y económicas de las personas.

Respecto a esto, Wong y Lastra (2001) mencionan que existen varios modelos establecidos para estudiar el comportamiento humano respecto de la salud. Se encuentran modelos como el de Becker que estudia el comportamiento humano, particularmente el capital humano; o el modelo de Grossman de 1972 adopta la teoría del capital humano con la demanda de salud y la atención a la salud. También, hay modelos socioeconómicos que consideran que la salud individual es un bien que produce satisfacción al individuo, y para poder consumirlo, el individuo debe producirlo mediante insumos como son: el tiempo, el conocimiento relacionado con la salud, el ingreso y los servicios de salud disponibles. Bajo estos modelos socioeconómicos, los autores mencionan que la salud es un bien de consumo deseable por sí misma, ya que el individuo se siente bien si está saludable y esto permite disfrutar de otros bienes; y es a su vez una inversión puesto que la salud es deseable debido a que permite al individuo realizar actividades productivas en el mercado de trabajo o en la economía familiar.

Por otro lado, como mencionan Wong y Lastra (2001) las características demográficas del individuo, como son el sexo y la edad, así como su historial de salud, laboral y migratorio, y el historial familiar en materia de salud, también tienen efectos importantes sobre la salud. Por ejemplo, la falta de atención médica en la infancia, la malnutrición, y la secuela de enfermedades manifestadas a edades tempranas, tienen efectos en la salud en etapas posteriores de la vida y se pueden manifestar como discapacidades y una mala calidad de vida; el mercado laboral también tiene efectos en la salud, puesto que quienes participan en el mercado formal tienen mayores

---

<sup>22</sup> Véase Marco Contextual

posibilidades de contar con los beneficios los sistemas de seguridad social, y también, participar en el mercado laboral formal puede incrementar la riqueza acumulada a cierta edad y la posibilidad de contar con una pensión de retiro. Entonces, se puede observar que la salud de las personas es el resultado de una interacción de factores acumulados del pasado, de condiciones actuales, y de actitudes y comportamientos que pueden obedecer a expectativas futuras, lo cual implica que la salud es un fenómeno complejo con una característica dinámica, multifactorial e interdisciplinaria importante (Wong y Lastra, 2001).

### **1.5.1. Mortalidad por enfermedades crónico-degenerativas**

México ha experimentado varias décadas de cambios epidemiológicos y demográficos importantes, sufriendo modificaciones en el tamaño y composición de la población, así como en su perfil epidemiológico. Como se ha venido mencionando, la carga de enfermedades en México está dominada por padecimientos no transmisibles y sus factores de riesgo, con una prevalencia cada vez menor de enfermedades transmisibles.

De esta forma, a nivel nacional se tiene que las enfermedades del corazón, la diabetes, las enfermedades cerebrovasculares y la cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado, además de los tumores malignos, concentraron casi el 55% de las muertes ocurridas en el país en el 2005. Asimismo, en cuanto al estudio de los principales factores de riesgo se ha observado que la mayor mortalidad y carga de enfermedades están siendo afectados, a grandes rasgos, por los altos niveles de glucosa, altos niveles del índice de masa corporal (IMC) promedio de las personas y consumo de alcohol de la población; y que también, se presenta una carga importante de enfermedades atribuible al consumo y exposición al tabaco (Stevens et al., 2008).

En este sentido, cabe hacer mención que las enfermedades crónico-degenerativas son un grupo heterogéneo de padecimientos que contribuye a la mortalidad mediante un pequeño número de desenlaces (diabetes, enfermedades cardiovasculares y enfermedad vascular cerebral, por mencionar algunas). Los decesos por estas causas son generalmente consecuencia de un proceso iniciado décadas antes (Córdoba et al., 2008). Una de las principales características de estos padecimientos es que presentan una etiología multifactorial e incierta, con factores involucrados que pueden ser genéticos y de estilos de vida, tienen largos periodos de incubación y periodos subclínicos, además muchas de ellas son asintomáticas, todo ello dificulta su diagnóstico y su estudio.

Otra generalidad sobre estos padecimientos es que no tienen tratamientos efectivos que los eliminen (y en general, no son definitivos), y también tienen un gran impacto en la población adulta con una gran demanda de atención en Salud. Entonces, para lograr un control más efectivo de estas enfermedades es necesario implementar estrategias preventivas, realizar diagnósticos oportunos (tamizaje), manejo multidisciplinario y con estrategias de auto-cuidado y priorizar la demanda de atención de la población (Córdoba et al., 2008). Por estas razones, se considera que las enfermedades crónicas son uno de los mayores retos que enfrenta el sistema de salud. Lo son por varios factores: el gran número de casos afectados, su creciente contribución a la mortalidad general, la conformación en la causa más frecuente de incapacidad prematura y la complejidad y costo elevado de su tratamiento.

El efecto social de las enfermedades crónico-degenerativas ha ido creciendo paulatinamente, ya que afectan a individuos en edades productivas y representan costos elevados para el sector salud, puesto que la atención de estos padecimientos es costosa, tardía y en muchos casos poco satisfactoria (Córdoba et al., 2008). En general, se ha estimado que actualmente entre el 10% y 13% del gasto en salud se destina al tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas. Así por ejemplo, Barcelo y colaboradores (2003) estimaron que la diabetes costó 15,118 millones de dólares al país durante el año 2000; mientras que el costo directo de su tratamiento fue de 1,974 millones de dólares y se emplearon 1,108 millones en el tratamiento de la enfermedad y la prevención de las complicaciones.

Sin embargo, el mayor porcentaje del presupuesto se destinó al pago de las complicaciones crónicas o los costos indirectos debidos a la incapacidad prematura y la mortalidad. También, se ha descrito en la literatura que el costo anual de la atención del paciente hipertenso ambulatorio varía entre 57 y 450 dólares, incluyendo pruebas de laboratorio y medicamentos; esto proporciona un costo total estimado por hipertensión<sup>23</sup> en México de 17,953 millones de pesos en promedio, y en un escenario extremo el costo se modificó a 65,854 millones de pesos (cifra que corresponde al 2.6% del PIB en 1999) (Villarreal et al., 2002).

En cuanto al consumo de tabaco, que se conoce que es uno de los principales factores de riesgo de desarrollar ciertas enfermedades crónicas, entre éstas diferentes tipos de cáncer, enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Las consecuencias asociadas con el consumo de

---

<sup>23</sup>La hipertensión es uno de los principales factores de riesgo de la principal causa de muerte en el país, las enfermedades cardiovasculares.

tabaco van más allá de los daños a la salud individual y colectiva; esto es, la carga económica que su consumo impone involucra no sólo los costos de atención médica de las enfermedades que causa, sino la incapacidad, los casos de invalidez y los años de vida potencialmente perdidos por muerte prematura (Reynales, 2006).

Por otro lado, gracias a los avances en las ciencias médicas que ha provocado la disminución de la mortalidad, en muchas ocasiones, personas que en otras circunstancias habrían fallecido, sobreviven hoy en día, pero con secuelas físicas y/o mentales. Por tanto, es cada vez un mayor número de personas en el mundo vive con algún tipo de discapacidad<sup>24</sup>, con la consecuente carga económica para los sistemas de salud y para la economía familiar. En este sentido, en México se ha estimado que viven 1.8 millones de personas con alguna discapacidad, las cuales constituían un 1.8% aproximadamente de la población en el año 2000; y la discapacidad más frecuente fue la motriz (Urquieta-Salomón, et al., 2008). Y como se mencionó previamente, las enfermedades crónicas son la causa más frecuente de incapacidad prematura, que a su vez representa una elevada carga económica para los sistemas de seguridad social (Urquieta-Salomón, et al., 2008).

Esto es importante resaltarlo, ya que como Urquieta-Salomón y colaboradores (2008) mencionan la pobreza es factor contextual que influye en la discapacidad, y que a su vez, la discapacidad tiende a profundizar la pobreza. Desde esta perspectiva, no es de extrañar que la mayoría de las personas con discapacidad, producto de una enfermedad, viva en la pobreza como reflejo de una importante carga financiera de los hogares (Urquieta-Salomón, et al., 2008). En este sentido, el impacto por motivos de salud en el bienestar de los hogares se debe a gastos imprevistos en salud, de los cuales, los hogares más pobres son los más vulnerables, pues tienen fuertes restricciones para acceder a los esquemas de aseguramiento y son los que relativamente, más gastan por motivos de salud. En este sentido, se ha estimado que entre 2 y 3 millones de hogares destinan una tercera parte de su ingreso para la atención de su salud, y que este porcentaje tiende a ser mayor en los hogares más pobres (Rocha et al, 2003).

Hasta aquí se han revisado, a grandes rasgos, las principales características de las enfermedades crónicas y, hasta cierto punto, la forma en que afectan a la población, sin embargo considero que es relevante preguntar, ¿cómo se diagnostica si una persona está en riesgo de

---

<sup>24</sup> El término discapacidad abarca no sólo a la enfermedad, trastorno o anomalía funcional de la persona, sino las limitaciones para llevar a cabo actividades en condiciones normales y las restricciones en la participación social.

desarrollar una enfermedad crónica? Según indican Córdoba y colaboradores (2008), existe un consenso nacional a partir del cual se considera que se puede identificar a las personas en riesgo de desarrollar una enfermedad crónica: los primeros criterios son los asociados con la diabetes familiares de primer grado de individuos con la afección, peso mayor al saludable (IMC  $\geq 25$  kg/m<sup>2</sup> en adultos o superior al percentil 85 en niños), colesterol-HDL (<40 mg/dl o triglicéridos  $\geq 150$  mg/dl), intolerancia a la glucosa o glucosa anormal de ayuno, hipertensión arterial ( $\geq 140/90$  mmHg), hiperuricemia, síndrome de ovarios poliquísticos en mujeres con IMC  $\geq 25$  (kg/m<sup>2</sup>) y mujeres con antecedente de diabetes gestacional o que tuvieron un producto macrosómico o un embarazo complicado por preeclampsia; la definición del grupo en riesgo se completa con los factores de riesgo cardiovascular: antecedentes familiares de cardiopatía isquémica prematura en un familiar de primer grado, tabaquismo, hipercolesterolemia y hombres mayores de 44 años o mujeres mayores de 54 (Córdoba et al., 2008).

### **1.5.2. Sobrepeso y Obesidad**

Ahora bien, uno de los principales factores de riesgo de las enfermedades crónicas es el sobrepeso, y más específicamente la obesidad. Ambas se han considerado como el marcador principal para muchas de las enfermedades crónicas, entre las que se encuentran las enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes tipo 2 y enfermedades respiratorias crónicas. El sobrepeso y la obesidad son el resultado de anomalías en la nutrición como lo es la ingesta en exceso de energía y proteínas en la alimentación diaria (INEGI, 2006). El criterio principal que utiliza la OMS para diagnosticar si una persona tiene sobrepeso es si cuenta con un valor de Índice de Masa Corporal (IMC) ubicado entre 25 y 30 (kg/estatura<sup>2</sup>); y para la obesidad si el IMC es de 30 o más.

La alta y creciente prevalencia de personas con algún grado de sobrepeso u obesidad en México y los mayores riesgos asociados con el padecimiento de ciertas enfermedades crónicas, puede modificar los patrones de mortalidad así como la esperanza de vida de la población en un mediano plazo (Monteverde y Novak, 2008). Es conocido que el país ha experimentado sostenidos incrementos de la esperanza de vida en el pasado y diversas proyecciones de mortalidad han mostrado que se espera que dicha tendencia continúe. Sin embargo, Monteverde y Novak, (2008) mencionan que es factible que el incremento en la prevalencia de condiciones como la obesidad y sobrepeso en la población, así como el incremento de enfermedades crónicas

relacionadas con ellas, disminuyan el progreso futuro de la esperanza de vida en edades adultas. Esta situación es relevante, dado que se ha estimado en varios trabajos que el número y el porcentaje de personas con sobrepeso u obesidad se incrementarán en un futuro en México.

Como se comentó, el principal indicador que utiliza la OMS para medir si una persona tiene sobrepeso u obesidad es el IMC y con base en dicho indicador se ha estimado que más de un 40% de la población femenina de 30 años y más en México es obesa (Monteverde y Novak, 2008). También, se mencionó que la obesidad y el sobrepeso están asociados a un incremento en el riesgo de hipertensión, de aumentos en los niveles de colesterol, de diabetes mellitus, de enfermedades cerebro y cardiovasculares, de osteoartritis, de desórdenes del sueño, de cáncer (colon, mama, endometrio, vesícula), y de desórdenes del sistema reproductor, entre otras enfermedades (NHLBI, 1998). Esto llega a ser un problema de salud tan fuerte, que se ha llegado a estimar que la obesidad duplica o triplica el riesgo de padecer enfermedades cardíacas, hipertensión y osteoartritis. Asimismo, el riesgo para los obesos con respecto a varios tipos de cáncer, y otras enfermedades, puede llegar a ser hasta dos veces el riesgo de aquellas personas con peso normal (OMS, 2001).

Del mismo modo, la obesidad, y en particular la abdominal, además de ser el mayor factor de riesgo de las enfermedades cardiovasculares, es uno de los factores de riesgo más importantes de desarrollar diabetes tipo II. Según la OMS (2001) el riesgo de diabetes tipo II se triplica entre las personas obesas, comparadas con aquellas de peso normal. Por su parte, la diabetes aumenta significativamente el riesgo de mortalidad por enfermedades cardíacas. Aun más, la OMS ha estimado que en los análisis de mortalidad, una vez que se controlan tanto por la condición de fumador, como por las pérdidas de peso no intencionales, se puede observar una relación casi lineal entre el IMC y la mortalidad (OMS, 2001). Entonces, se puede decir con cierto grado de confianza que, tanto el sobrepeso, como la obesidad incrementan de forma significativa el riesgo de mortalidad por diversas causas crónico-degenerativas.

Este mayor riesgo de mortalidad se traduce en que a nivel individual se ha calculado que las personas de 60 años con obesidad y sobrepeso viven, en promedio, cuatro años menos que las personas con peso normal; y también sobresale el hecho de que este exceso de peso tiene un mayor efecto sobre la mortalidad entre las mujeres, así como un efecto significativo para las zonas urbanas mexicanas, pero no así para las zonas rurales (Monteverde y Novak, 2008).

Es por ello que se considera que las elevadas prevalencias de sobrepeso y obesidad actuales son un problema de salud muy importante para la población del país. Esto se ve reflejado en que: para la población en edad escolar (5 a 11 años), en 1999 el 18.8% de los niños y 19.6% de las niñas, contaban con algún grado de sobrepeso u obesidad, lo cual es un problema ya que esta población queda propensa a tener obesidad en la edad adulta, con los consecuentes problemas de salud que esto acarrea (INEGI, 2006); en cambio, en 1999 a nivel nacional, se observó que un 30.6% de mujeres en edad fértil tenían sobrepeso y un 21.2% sufrían de obesidad, lo que convierte estas anomalías de la nutrición en un problema de salud pública (INEGI, 2006). Del mismo modo, con base en datos de las Encuestas Nacionales de Salud, se pueden obtener las siguientes cifras: el porcentaje de la población con un peso mayor al deseable (índice de masa corporal  $>25$  kg/m<sup>2</sup>) aumentó 13% en el periodo de 1994 a 2000 y el cambio fue mayor (33.5%) entre los años 2000 y 2006 (Villa et al., 2004).

Asimismo, se encontró que cerca de dos terceras partes de la población adulta del país presentó un IMC por arriba de lo normal; que de los 40 a los 59 años de edad un 40% de las mujeres tienen obesidad, mientras que en hombres un poco más de 20%. En otro estudio, la prevalencia de obesidad para personas de 20 años y más se estimó que alcanza un porcentaje cercano al 30% (OPS, 2007). También, otros trabajos realizados para México muestran que el crecimiento en el número de personas obesas entre el año 2000 y el año 2010 sería del 46% entre personas de 35 años y más, estimando que para el año 2010 existirán entre 8 y 14 millones de mexicanos mayores de 35 años en franca obesidad clínica. (Villa et al., 2004); mientras que la obesidad de niños entre 5 y 11 años habría aumentado un 40% entre 1999 y el año 2006 (Islas Ortega et al., 2006). Por todo ello, se considera que un futuro incremento en la prevalencia de obesidad entre las personas mayores parece ser el escenario más probable para el país. Esto es especialmente preocupante, como mencionan Monteverde y Novak (2008), ya que a menos que la tendencia observada en México se revierta o se acompañe de mejoras sustantivas en el tratamiento y la reducción de la mortalidad por enfermedades relacionadas al exceso de peso, los autores creen que aumentos en los niveles de obesidad podrían poner en riesgo, o al menos atenuar, las futuras ganancias de esperanza de vida en el país.

Por otro lado, hay ciertos estudios que han encontrado que los efectos negativos de la obesidad sobre la salud se reducen con la edad e incluso se argumenta la existencia de un efecto protector que el exceso de peso les provee a las personas de edad más avanzada. El problema con

esta conjetura es que no existe un estudio longitudinal o de panel para México (o al menos no de carácter público) que permita medir los efectos del exceso de peso para grupos de edad más jóvenes y por tanto conocer los efectos totales de la obesidad sobre la población mexicana (Monteverde y Novak, 2008). Entonces si la población del país presenta estos menores efectos de la obesidad a medida que aumenta la edad, las estimaciones sobre los efectos que tiene este factor de riesgo sobre la mortalidad, estarían mostrando solo una parte del efecto total y, tanto los diferenciales de mortalidad, como los años de esperanza de vida perdidos y el porcentaje de personas fallecidas en exceso debido a obesidad y sobrepeso, podría ser sustancialmente mayores a lo que se ha estimado (Monteverde y Novak, 2008).

### **1.5.3. Principales enfermedades crónico-degenerativas**

Como se ha indicado hasta ahora, las principales enfermedades que afectan a la población del país son del grupo conocido como crónico-degenerativas, y a este grupo pertenecen las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y los tumores. A continuación, se presenta una breve descripción de cada una, así como los principales factores de riesgo de que se hayan investigado y que están relacionados con ellas.

### **1.5.4. Enfermedades Cardiovasculares**

Las enfermedades cardiovasculares incluyen un grupo de afecciones del aparato circulatorio, entre las que se destacan la enfermedad isquémica del corazón, la enfermedad cerebrovascular y la enfermedad hipertensiva. Las dos primeras constituyen las causas de morbilidad y mortalidad circulatoria más frecuentes. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2009)<sup>25</sup> estima que las enfermedades cardiovasculares representan la causa más frecuente de mortalidad en el ámbito mundial, rebasando a la mortalidad ocasionada por enfermedades infecciosas y parasitarias.

En este sentido, calcula que en el mundo en 2005 murieron por esta causa 17,5 millones de personas, lo cual representa un 30% de todas las muertes registradas; 7,6 millones de esas muertes se debieron a la cardiopatía coronaria, y 5,7 millones a los accidentes vasculares cerebrales (OMS, 2009)<sup>26</sup>. Asimismo, este organismo reconoce que la epidemia de las

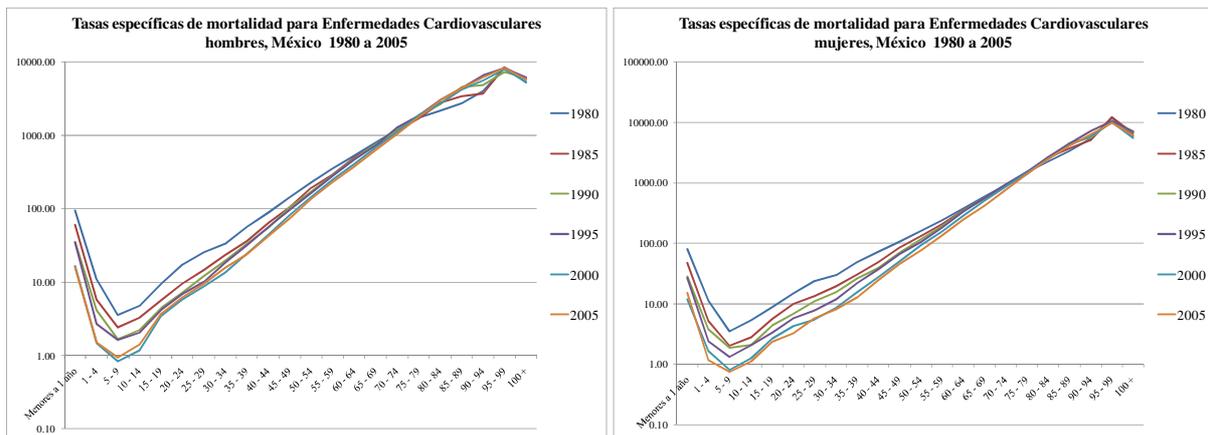
---

<sup>25</sup> OMS, consultado en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html>, el 23 de abril 2009.

<sup>26</sup> OMS, consultado en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html>, el 23 de abril 2009.

enfermedades cardiovasculares avanza rápidamente, tanto en los países desarrollados, como en los que se encuentran en vías de desarrollo y ha calculado que en 2015 morirán cerca de 20 millones de personas por enfermedades cardiovasculares, sobre todo por cardiopatías y accidentes vasculares cerebrales, y se prevé que sigan siendo la principal causa de muerte (OMS, 2009)<sup>27</sup>. Actualmente en América Latina y el Caribe las enfermedades cardiovasculares representan el 31% del total de las defunciones. Se estima que ocurrirán 20.7 millones de defunciones por enfermedades cardiovasculares en esta región durante los próximos 10 años (Fanghänel-Salmon et al., 2004). A continuación se presenta la evolución de las tasas específicas de mortalidad en el país para esta causa, tanto para hombres como para mujeres.

**Gráficas 4 y 5 -Tasas de mortalidad, enfermedades cardiovasculares 1980 - 2005**



Como se observa en las gráficas 4 y 5, las tasas para hombres y mujeres tienen, tanto un comportamiento similar en cuanto a su evolución en esos 25 años, como niveles similares. Lo que cabe resaltar es cómo se modificó el comportamiento de las tasas para ambos sexos, puesto que en 1980 en edades jóvenes las tasas eran considerablemente mayores que en el 2005; sin embargo, para el grupo de adultos mayores el nivel de las tasas fue mayor en el 2005.

La enfermedad isquémica del corazón, y la enfermedad cerebrovascular comparten, junto con la enfermedad hipertensiva y la aterosclerosis, factores de riesgo comunes que pueden ser identificados tempranamente y sobre los cuales se puede intervenir favorablemente, lo que facilita su prevención y control (OPS, 1998). Estas enfermedades ocurren con mayor frecuencia

<sup>27</sup> OMS, consultado en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html>, el 23 de abril 2009.

a medida que avanza la edad y no sería razonable esperar que pudieran prevenirse, sino solamente se puede retrasar su aparición y por consiguiente la defunción de quienes las padecen.

Los principales factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares son modificables, en el sentido de que dependen de las actitudes y actividades de las personas para evitarlos, los cuales son: dieta malsana, inactividad física y consumo de tabaco. A su vez, los efectos de la dieta malsana y de la inactividad física pueden manifestarse como otro tipo de factores que son: aumento de la presión arterial, del azúcar y los lípidos de la sangre, así como sobrepeso y obesidad. Por ejemplo, la elevación de las cifras de presión arterial es probablemente uno de los problemas de salud pública más trascendente en México, ya que para el 2004, 15.2 millones de personas entre los 20 y 69 años tuvieron hipertensión arterial sistémica y se estima que a partir de los 50 años de edad la prevalencia supera el 50% (Fanghänel-Salmon et al., 2004). El envejecimiento de la población, una mayor exposición de esta a factores de riesgo cardiovasculares, así como una predisposición genética subyacente, también han provocan que en el país haya aumentado la prevalencia de las enfermedades cardiovasculares (Fanghänel-Salmon et al., 2004). Más aún, la OMS<sup>28</sup> ha estimado que los principales factores de riesgo modificables son responsables de aproximadamente un 80% de los casos de cardiopatía coronaria y enfermedad cerebrovascular.

En cuanto a los costos económicos asociados con las enfermedades cardiovasculares afectan a muchas personas de mediana edad, y a menudo reducen gravemente los ingresos y los ahorros de los pacientes y de sus familias. Los ingresos que dejan de percibirse y los gastos en atención médica socavan el desarrollo socioeconómico de las comunidades y de los países (OMS, 2009).

### **1.5.5. Diabetes Mellitus**

El término diabetes mellitus engloba un conjunto de enfermedades metabólicas caracterizadas por la presencia de niveles elevados de glucosa en sangre, también llamada hiperglucemia, que puede estar producida por: una deficiente secreción de insulina, una resistencia a la acción de la misma, o una mezcla de ambas (Godínez, 2001). La hiperglucemia crónica de la diabetes está asociada con daño a largo plazo, disfunción e insuficiencia de varios

---

<sup>28</sup> OMS, consultado en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html>, el 23 de abril 2009.

órganos, especialmente los ojos (provocando ceguera), riñones (insuficiencia renal), nervios (neuropatía) y vasos sanguíneos (provocando su engrosamiento).

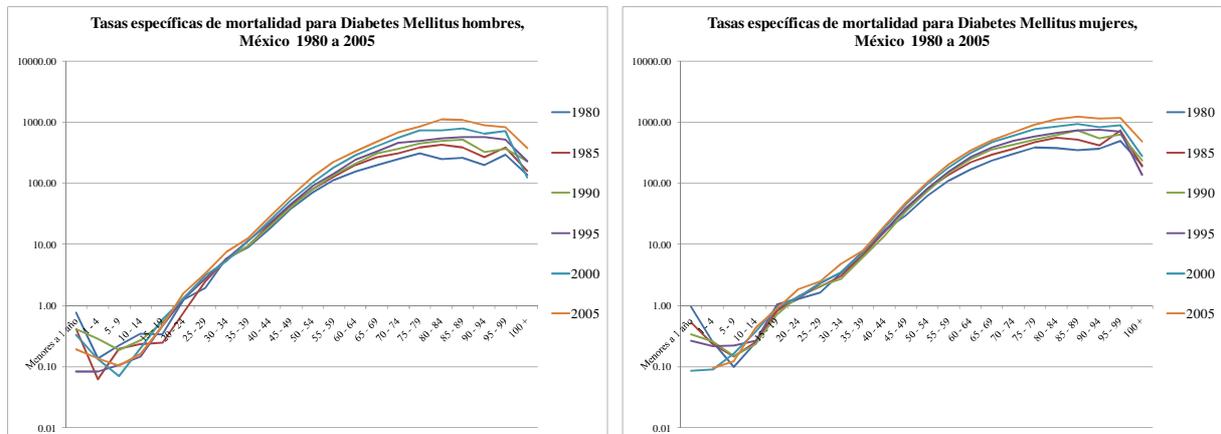
La inmensa mayoría de los pacientes son diagnosticados en una de las siguientes categorías: diabetes mellitus tipo 1, producida por una deficiencia absoluta en la secreción de insulina; o diabetes mellitus tipo 2 (DM2), que la OMS (1999) la define como una enfermedad crónica, causada por deficiencia congénita y/o adquirida en la producción de insulina por el páncreas o ineffectividad de la insulina producida, esto es, se desarrolla cuando la producción de insulina en el cuerpo es insuficiente para sobreponer la anormalidad subyacente de resistencia celular para recibir la glucosa necesaria para la producción de energía. En este sentido, la DM2 abarca entre el 90% y 95% de los casos de diabetes, y no sólo es el resultado complejo de la interacción entre factores genéticos y ambientales, sino que la epidemia actual se debe, en gran medida, a cambios en la dieta y estilo de vida de las personas (Schulze y Hu, 2005).

La DM2, se ha incrementado de manera acelerada en el mundo, puesto que en 1985 aproximadamente 35 millones de personas estaban afectadas por ésta, en el 2000, la cifra aumentó a 171 millones aproximadamente, cifra que es paralela a la epidemia mundial de obesidad (Schulze y Hu, 2005). La DM2 es uno de los principales problemas de salud en México, ya que es la principal causa de incapacidad prematura, la segunda causa de muerte en los mexicanos actualmente y una de las principales causas de ceguera, insuficiencia renal terminal y amputaciones no traumáticas (Córdoba et al., 2008).

También, la diabetes genera un considerable efecto en los sistemas de salud, dado que fue la undécima causa de ingreso a hospitales de la Secretaría de Salud durante el año 2000, sólo superada por factores de ingreso relacionados con el embarazo, accidentes, problemas perinatales y algunas de las infecciones o procedimientos quirúrgicos más comunes (Olaiz-Fernández et al, 2007).

Asimismo, el mayor periodo de hospitalización (6.1 contra 3.5 días en personas con y sin diabetes) y la elevada letalidad de la enfermedad elevan el costo de su atención. Además, el gasto originado por las complicaciones de la DM2 es tres veces superior al de su tratamiento y control, principalmente el ocasionado por la vasculopatía diabética (De los Ríos et al., 2004). A continuación se presenta la evolución de las tasas específicas de mortalidad en el país para esta causa, tanto para hombres como para mujeres para el periodo de 1980 y el año 2005.

## Gráficas 6 y 7 - Tasas de mortalidad, diabetes 1980 – 2005



Después de analizar las tasas específicas de mortalidad para esta causa de muerte, lo que más llama la atención es: los niveles de estas tasas para ambos sexos son relativamente similares a partir de los 50 años; además, la tendencia de las tasas a lo largo del tiempo es que han tendido a aumentar de manera constante en este periodo de 25 años (gráficas 6 y 7).

Por un lado se considera que el sobrepeso y la obesidad son los factores de riesgo más importantes para desarrollar DM2, es decir, prácticas sedentarias como periodos prolongados frente al televisor o falta de ejercicio, se han asociado fuertemente con el aumento de peso, la obesidad y por tanto de diabetes. Por otro lado, Schulze y Hu (2005), definieron grupos de bajo riesgo de contraer diabetes de acuerdo a cinco variables: IMC menor a 25, dieta alta en fibra y grasas polinsaturadas, y bajas grasas trans y baja carga glicémica, involucramiento en actividad física moderada a vigorosa de al menos media hora al día, no fumar y un consumo moderado de alcohol diariamente. Asimismo, ciertas investigaciones epidemiológicas apoyan el rol de la actividad física en la prevención de diabetes, puesto que es una piedra angular del control del peso corporal.

En este sentido, el control de la diabetes es complejo y difícil tanto para el paciente como para el profesional sanitario. La carga económica de la diabetes es enorme, y al no existir una cura contra la enfermedad, la prevención primaria para reducir la morbilidad y mortalidad por esta causa, a través de cambios en las dietas y estilos de vida, es de suma importancia (Schulze y Hu, 2005).

La prevención consiste a menudo en el control del peso y la actividad física. Sin embargo, es difícil cambiar los estilos de vida (dieta, ejercicio, tabaco) y mantenerlos a largo plazo. Pero,

las medicaciones, la inyección de insulina y la monitorización de la glucemia son complejas y molestas (OMS, 2001). El control de la diabetes requiere cantidades considerables de tiempo y dinero, sobre todo ocasionado por las complicaciones derivadas de la misma enfermedad.

Diversas investigaciones han demostrado que dentro del ajuste al tratamiento, los pacientes pasan por diversos periodos de tensión emocional al someterse a restricciones dietéticas, físicas, con serias repercusiones emocionales y sociales. Lo anterior repercute indudablemente en la calidad de vida de los pacientes con DM2 (De los Ríos et al., 2004).

Dentro de las áreas más afectadas en la vida de las personas, De los Ríos y colaboradores (2004) indicaron que sobresale la sexual, donde la disfunción y el interés sexual repercuten en el funcionamiento normal; en el área física, la vida de las personas se afecta con la presencia de ciertos síntomas como calambres, entumecimiento de los pies, dolor, náuseas, pérdida de peso y piezas dentales, diarreas, entre otros, con un deterioro físico continuo y progresivo que se manifiesta en la disminución de la capacidad funcional para realizar actividades laborales, familiares o la adaptación a las demandas impuestas en el entorno inmediato; y respecto al área psicosocial, el deterioro se traduce en aspectos emocionales tales como ansiedad, depresión, temores y preocupaciones (De los Ríos et al., 2004).

Una de las grandes dificultades en su prevención y tratamiento, es que la diabetes es el desenlace de un proceso asintomático iniciado varias décadas antes del diagnóstico. Pero también existen dificultades en su diagnóstico, especialmente de aquellas personas que están en riesgo de desarrollar la enfermedad.

Con el paso del tiempo y de la importancia creciente de la prevalencia de la enfermedad, el debate se ha tornado hacia el reconocimiento de la existencia de estadios intermedios entre el metabolismo normal de la glucosa y la DM2. La identificación de estos estados ha cobrado gran interés recientemente debido a las implicaciones clínicas, epidemiológicas y terapéuticas que pueden tener los pacientes que se encuentran en éstas etapas intermedias de la tolerancia a la glucosa (Godínez, 2001). Un aspecto de estas etapas es que se consideran una fase previa a la DM2, lo cual permite identificar pacientes en riesgo de padecerla y con esto la probabilidad de iniciar algún tipo de intervención terapéutica temprana que prevenga o retrase la progresión hacia la DM2 (Pérez, et. al, 2007).

En 1997 la Asociación Americana de Diabetes (ADA) propuso cambios a los criterios diagnósticos de diabetes mellitus y sus categorías metabólicas intermedias, entre los que

destacan: la reducción al punto de corte de glucemia en ayuno para el diagnóstico de diabetes de >140 a >126 mg/dl; y el crear un nuevo tipo intermedio denominado Glucosa Anómala en Ayuno (GAA), que incluye a los pacientes con valores de glucemia en ayuno entre 110 y 125 mg/dl (Pérez, et. al, 2007). Esto se realizó con la finalidad de identificar pacientes en riesgo de desarrollar diabetes, anteriormente considerados como normales por su nivel en glucosa en ayuno, quienes están además, considerados dentro del grupo susceptible de recibir tratamiento para la prevención de la DM2 (Pérez, et. al, 2007) y así intentar detener su progresión detectando a los pacientes en los estadios tempranos, y como se indicó previamente, iniciar modificaciones en sus hábitos de alimentación y estilo de vida. Posteriormente, estos criterios para diagnóstico de la GAA fueron cambiados en el 2003 con el objetivo de incrementar la detección temprana de pacientes disminuyendo el requisito de glucosa en ayuno de 110 mg/dl a 100 mg/dl (Pérez, et. al, 2007).

Finalmente, cabe comentar que la diabetes es a su vez un factor de riesgo mayor en el desarrollo de enfermedades del corazón y embolias, tanto así que la mayoría de los pacientes con diabetes mueren por complicaciones cardiovasculares.

#### **1.5.6. Tumores**

Anualmente se presentan 11 millones de diagnósticos en el mundo, y aproximadamente unas 7 millones de personas fallecen anualmente debido a este tipo de enfermedades, siendo la más común la del cáncer de pulmón, estómago e hígado; y la OMS (2007) estimó que casi la mitad de esas muertes eran prevenibles. El cáncer más prevalente es el cáncer de mama (4.4 millones de mujeres aprox.) con una supervivencia media de 5 años después del diagnóstico. Los cánceres que presentan una letalidad mayor son el de pulmón, hígado, páncreas y esófago.

El consumo de tabaco y la exposición a él provoca cerca de 1.5 millones de muertes por cáncer anualmente; las infecciones por hepatitis crónica tipo B mata a más de 340,000 personas de cáncer de hígado y cirrosis; más de 250,000 mujeres mueren a causa de cáncer cervico-uterino y hoy en día existen vacunas para prevenir la mayoría de estas muertes. Asimismo, agentes carcinógenos en los lugares de trabajo, el sobrepeso y la obesidad, así como el consumo elevado de alcohol y la contaminación ambiental, provocaron cerca de 850,000 muertes por cáncer anualmente (OMS, 2007).

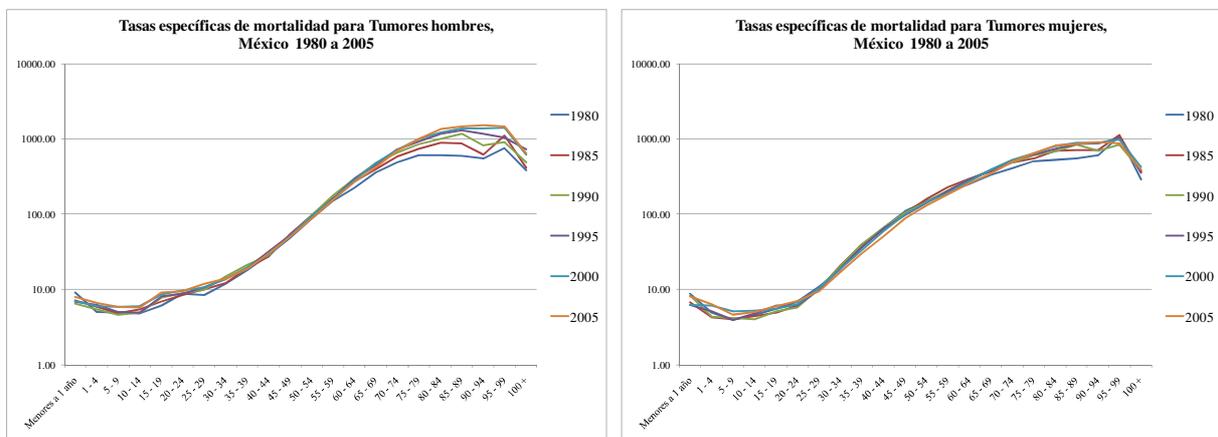
Asimismo, se estima que cerca de veinte millones de personas presentarán algún tipo de cáncer cada año, de las cuales cerca de nueve millones corresponderán a casos incidentes. Al respecto, se estima que en 25 años, de no implementarse intervenciones poblacionales de prevención de cáncer, se presentarán 15.5 millones de nuevos casos anualmente (Lazcano-Ponce y Hernández, 1997).

Desde hace muchos años el cáncer ha sido más prevalente en la población mayor, que en la población joven. Muchos investigadores estudian la relación entre la edad y el riesgo de mortalidad por cáncer, centrándose solamente en las tasas de cáncer por edad (Arbeev et al, 2005). El patrón típico de tasas de incidencia por edad para esta enfermedad presenta:

- 1) Un pico en la niñez temprana
- 2) Una tasa baja en la juventud
- 3) Una tasa creciente desde la adolescencia y hacia la vida adulta
- 4) Una desaceleración o declinación en edades mayores.

A continuación se presenta la evolución de las tasas específicas de mortalidad en el país para tumores, para ambos sexos, para el periodo que abarca de 1980 al año 2005.

### Gráficas 8 y 9 - Tasas de mortalidad, tumores (neoplasias) 1980 – 2005



Como se puede observar en las gráficas 8 y 9, en el grupo de edad de 30 años hasta los 60 años, las tasas son mayores para las mujeres en todo ese rango de edad, y en las edades adultas mayores éstas presentan un comportamiento similar para ambos sexos. Otra cosa que cabe resaltar, es que se distingue un aumento del año de 1980 al 2005, pero este aumento se presentó más bien entre 1980 y 1990, puesto que a partir de esa fecha, el nivel de las tasas resulta bastante

similar. Asimismo, se puede observar que las tasas en el país siguen el patrón típico por edad señalado por Arbeev y colaboradores (2005).

Por otro lado, el cáncer resulta ser una enfermedad que afecta tanto a hombres como a mujeres, pero su prevalencia es mayor entre las mujeres, especialmente en la edad adulta (INEGI, 2006). Esta enfermedad constituye un problema importante de salud pública para el país, ya que es la tercera causa de mortalidad, después de las enfermedades cardiovasculares y la diabetes. Además, tiene como característica un desarrollo generalmente lento, que se lleva a cabo a través de cambios biológicos en secuencias de eventos variados, lo que condiciona alteraciones genéticas múltiples que involucran la activación de oncogenes y la pérdida de genes supresores del crecimiento (Lazcano-Ponce y Hernández, 1997). Además, cabe mencionar que la detección de nuevos casos de cáncer involucra procedimientos de diagnóstico complejos (Arbeev et al, 2005).

Del total de muertes prevenibles por cáncer, el consumo de tabaco cuenta el 60%, puesto que el cáncer de pulmón es la forma más común de cáncer provocada por tabaco, seguida por tumores de la laringe, páncreas, riñón y vejiga (OMS, 2007). En este sentido, la OMS estimó que existían 1,100 millones de fumadores en el mundo, exposición a la que se atribuyen por diversas causas seis muertes por minuto, y se esperan 10 millones de muertes atribuibles a ésta en el año 2020. Se ha estimado también, que cerca del 20% de entre 7 y 10 millones de muertes por cáncer en el ámbito mundial, estimadas para el año 2000, pudieron haber sido prevenidas si el consumo de tabaco hubiera sido eliminado (Lazcano-Ponce y Hernández, 1997). Asimismo, dietas inadecuadas, poca actividad física y tener sobrepeso o ser obeso conlleva un riesgo mayor de desarrollar cánceres comunes como de esófago, colon y recto, de mama y de riñón (OMS, 2007).

El consumo elevado de alcohol es otro de los principales factores de riesgo para el desarrollo de muchos cánceres, entre los que se incluyen el cáncer oral, de faringe, laringe, esófago, hígado, colon y recto, y mama. Asimismo, la infección por el virus de hepatitis B crónica causa cerca de la mitad de las muertes por cáncer hepático, y a su vez el virus del papiloma humano (VPH) provoca el 99% de los casos de cáncer cervical; esto es muy relevante, puesto ambos tipos de cáncer pueden ser evitados con vacunas (OMS, 2007). Entonces, la detección oportuna, un diagnóstico adecuado y tratamiento eficiente de los tumores malignos, se encuentran entre los principales problemas de salud en el país.

## **1.6. Reflexión Sobre el Alargamiento de la Vida en Edades Mayores**

Después de la disminución de las tasas de fecundidad y del aumento paulatino de la esperanza de vida que se presentaron durante el siglo pasado, actualmente el país muestra una dinámica demográfica que tiende hacia el envejecimiento poblacional, con una cada vez mayor acumulación de personas en edades avanzadas. Asimismo, la longevidad máxima, la forma de la mortalidad, la esperanza de vida, las causas de muerte, los estados de salud y la presencia de discapacidades toman ahora matices importantes (Ham, 2004).

Hubo un tiempo en que la población de edad avanzada era poca en términos relativos y absolutos, y representaba tan escasos problemas para la sociedad en general, que las estadísticas y los datos poblacionales respecto a este grupo de edad se diseñaban de forma que se agregaban en un solo grupo de edad (por ejemplo de 75 años y más), y tomados de esta forma eran suficientes para casi todos los propósitos prácticos de descripción, análisis y planeación (Ham, 2004). Sin embargo, dado este paulatino envejecimiento de la población en el país la participación numérica, en términos porcentuales y absolutos de los sectores de mayor edad, crece cada vez más, lo cual, como comenta Ham (2004) trae aparejados problemas específicos y bien delimitados propios de estas edades, particularmente en la seguridad social y en la salud.

No obstante, respecto a este paulatino crecimiento y el conocimiento de la existencia de problemas específicos de estos grupos de edad, Ham (2004) menciona que aún no se han estudiado suficientemente los factores que determinan este envejecimiento poblacional y sus consecuencias. Esto es, aún hacen falta conceptos, definiciones, nuevos acervos de información y metodologías para el manejo estadístico y demográfico que sean aplicables a nuestros contextos sociales y económicos, junto con el análisis y la interpretación de lo que significan cualitativa y cuantitativamente para el futuro del país (Ham, 2004).

### **1.6.1. El estudio del envejecimiento poblacional**

Durante la segunda mitad del siglo XX los demógrafos se enfocaron en describir el rol dominante de los niveles y cambios en la fecundidad sobre el proceso de envejecimiento poblacional (Lee y Tuljapurkar, 1997). Aunque es cierto que los cambios en la fecundidad y la migración afectan las estructuras demográficas y son determinantes de la participación porcentual de la población envejecida, el decrecimiento de la mortalidad es el factor que ahora importa más en el proceso de envejecimiento (Ham, 2004). Hoy en día se reconoce ya la

importancia creciente de la disminución de la mortalidad sobre el envejecimiento, especialmente en poblaciones que tienen niveles bajos de fecundidad. A pesar de este reconocimiento, todavía no se conoce bien el rol que tiene la disminución de la mortalidad en el ciclo económico de la vida de los individuos y en los sistemas de transferencias como la Seguridad Social (Lee y Tuljapurkar, 1997). Esto es, en términos de prospectivas del envejecimiento demográfico, la población de 60 años y más de los próximos 60 años ya nació, y su volumen sólo se verá afectado por la mortalidad y la migración (cuya importancia es menor a esas edades), mas no por la natalidad (Ham, 2004).

Visto de manera matemática, los cambios en la fecundidad afectan ciertos aspectos de la distribución etaria, y los cambios en la mortalidad afectan otros componentes. Esto es, como señalan Lee y Tuljapurkar (1997) en una población estable la distribución etaria es proporcional a  $e^{-nx} p(x)$  donde  $x$  es la edad,  $n$  la tasa de crecimiento de la población y  $p(x)$  la probabilidad de sobrevivir desde el nacimiento a edad  $x$ . Para un recién nacido la  $p(x)$  representa el número esperado de años persona que viva en las diferentes etapas del ciclo de vida. Una modificación en los niveles de la fecundidad afecta la distribución etaria de la población únicamente en la tasa de crecimiento  $n$ . Modificaciones en la mortalidad, en cambio, tiene dos efectos: primero, afecta la proporción de nacimientos que sobreviven a edades reproductivas, y por lo tanto afecta la tasa de crecimiento  $n$  de la población; segundo, afecta la forma del patrón de supervivencia individual  $p(x)$  (Lee y Tuljapurkar, 1997).

Dentro de la graduación matemática, las experiencias en la medición de la mortalidad en los países desarrollados han mostrado desde hace tiempo que la ley de Gompertz no ajusta de manera correcta las tasas de mortalidad en las edades más avanzadas, que en realidad las sobrestima y con ello resulta que el número de supervivientes es en realidad mayor que el calculado (Ham, 2004). Como se mencionó previamente el uso de la función Gompertz en edades avanzadas resulta paradójico debido a que si bien no ajusta de manera correcta las tasas de mortalidad en las edades más avanzadas, a pesar de ello, esta ley se utilizan regularmente para estimar las tasas de mortalidad de las personas de mayor edad, por medio de extrapolación, con la finalidad de cerrar las tablas de mortalidad.

La pregunta inmediata es entonces por qué sucede así, por qué la mortalidad de las personas en edades extremas resulta menor que en el patrón de Gompertz. Para intentar responder a esta pregunta, se expusieron previamente dos explicaciones: primero, esto puede

sucedido debido a una supervivencia selectiva, lo que significa que debido a que los más “frágiles” tienden a morir en las edades jóvenes, los supervivientes a edades mayores tienden a tener mejores dotaciones de salud y/o estilos de vida más saludables; y segundo, se presentó la hipótesis de riesgos individuales, que argumenta que el incremento del riesgo de morir para los individuos se desacelera en las edades extremas, y lo explica a través de la teoría de la fiabilidad.

Respecto a este paulatino envejecimiento poblacional, se tiene que durante el siglo pasado, la edad mediana a la muerte de la población del país creció rápidamente, puesto que en 1930 era de 35 años para los hombres y 37 para las mujeres, en el año 2000 llegó a 78 y 81 años respectivamente. En un futuro se espera que esta tendencia de incremento se mantenga para el 2050, aunque con aumentos menores, alcanzando niveles de 85 y 88 años respectivamente (Ham, 2004). Este desplazamiento de la edad mediana a la muerte es una buena medida numérica del incremento en la supervivencia y del paulatino envejecimiento de la población.

Entonces, surge la cuestión de qué tanto pueden crecer las esperanzas de vida y en qué circunstancias lo harán. Actualmente, se cree que se presentarán avances cada vez más lentos y difíciles, pues sería preciso que se eliminaran todas las causas de muerte ahora consideradas “evitables” (Olshansky y Carnes, 2001). Más allá de esas cotas, aspirar a esperanzas de vida de 95 o 100 años implicaría eliminar, o controlar de manera más efectiva, ciertas causas de muerte como el cáncer, las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y otras enfermedades crónicas que hasta el día de hoy se consideran incurables (Olshansky y Carnes, 2001).

Ham (2004) menciona que a pesar de esta previsible disminución en el ritmo de crecimiento de la edad mediana, y los avances lentos y difíciles en cuanto al aumento de la esperanza de vida, por otro lado existe evidencia de diversos factores que indican que las esperanzas de vida y la longevidad podrían ir más allá de las cotas que se consideran hoy día. Entre estos factores se puede encontrar que, en general, los hábitos de salud de la población son cada vez mejores, cada día se descubren nuevas terapias y prevenciones, asimismo se continúa investigando y logrando avances importantes en técnicas de remplazo y reparación de órganos; todas ellas son acciones directamente encaminadas a retardar el proceso biológico del envejecimiento (Ham, 2004). Por lo pronto, en el caso de México, más que intervenciones de alta tecnología y aplicaciones con los últimos avances de las ciencias médicas, las principales tareas, todavía pendientes, son lograr estados de mayor desarrollo económico, que junto con avances en la equidad social y en la justicia también se expresen en la prolongación de la longevidad,

mayores esperanzas de vida y mejores perspectivas de salud y bienestar en las edades avanzadas (Ham, 2004).

Asimismo, cabe mencionar que para el estudio de la mortalidad en las edades avanzadas se requiere analizar y conocer a fondo lo que sucedió en el pasado con la mortalidad en estas edades, con la finalidad de buscar tendencias y explicaciones para los cambios en la supervivencia. Esto es especialmente importante ante lo mucho que queda por estudiar y discernir sobre el futuro del envejecimiento demográfico de México, tomando en cuenta el contexto social y económico (Ham, 2004).

### **1.6.2. Consecuencias económicas de la disminución de la mortalidad**

La disminución de la mortalidad entre las personas en edades laborales, ha tenido como una de sus consecuencias principales incrementar paulatinamente el tamaño de la población en ese rango de edades y la potencial fuerza laboral. En cambio, la disminución de la mortalidad en personas mayores (sobre todo en edades pensionables) incrementa el número de personas que se pensionan. Aún más, una de las principales consecuencias del incremento en la esperanza de vida de las personas en edades más avanzadas, o lo que es lo mismo, la paulatina disminución de la mortalidad a partir de la edad de retiro que se está presentando actualmente, es que la gente tiene que trabajar más años, con el mismo salario (o la misma cantidad de años, con un salario mayor), para poder recibir los beneficios de seguridad social del mismo nivel que en los niveles de esperanza de vida previos, debido a que los tiene que recibir por un periodo más largo (Palmer, 2003). Esta situación es preocupante, ya que por ejemplo, como menciona Palmer (2003) entre un 25 y un 30 por ciento de la población total de los países de la OCDE serán pensionados en las siguientes tres décadas.

El incremento en esperanza de vida tiene otras consecuencias económicas profundas, entre las que destaca el incremento de personas pensionadas respecto de personas en edades laborales. En este sentido se ha utilizado la relación de dependencia como indicador del número de personas en edades laborales respecto de personas en edades no laborales. Este indicador se calcula como el total de población de 0 a 14 años más la población de 65 años y más, dividido por el total de población de 15 a 64 años, multiplicado por 100. En América Latina, la relación de dependencia en el 2000 era de aproximadamente 65%, mientras que se espera que alcance el mínimo en el año de 2020 con un nivel de 58% para comenzar su paulatino ascenso, regresando

a un nivel superior al 64% en el 2050 (Uthoff et al., 2006). Del mismo modo, este factor de dependencia en México en el año 2000 era de 60.39%, lo que implicaba que por cada 10 individuos en edades laborales, existían 6 en edades no laborales; para el 2020 esta situación cambiará y esta relación de dependencia disminuirá a niveles de 43.53% aproximadamente; y a partir de esa fecha la relación comenzará a incrementarse de manera paulatina y constante alcanzando en el 2040 un nivel de 51.44%). Entre las diferentes propuestas para intentar solucionar los problemas diversos acarreados por este incremento de personas en situación de dependencia, se ha propuesto incrementar la edad de retiro.

En este sentido, Lee y Tuljapurkar (1997) mencionan que para poder comprender las consecuencias económicas de la disminución de la mortalidad, se debe primero comprender la interacción del ciclo económico en la vida con el ciclo de vida demográfico. Las posibilidades de consumo a lo largo de la vida de las personas están restringidas por la restricción presupuestal del ciclo de vida. Esta restricción indica que el valor presente del consumo, ponderado a lo largo del ciclo de vida, es igual al valor presente de las ganancias laborales ponderadas (Lee y Tuljapurkar, 1997). Cuando la mortalidad disminuye, y las probabilidades de supervivencia se incrementan, y el valor presente del consumo esperado y de las ganancias esperadas se modifica; de forma que la restricción presupuestaria del ciclo de vida ya no se cumpliría al menos que se modifiquen la oferta laboral y de consumo (Lee y Tuljapurkar, 1997).

Esto significa que los planes de oferta de consumo y oferta laboral se deben revisar para economizar la cantidad indicada por la restricción presupuestal del ciclo de vida bajo los supuestos anteriores de los planes de consumo y de ganancias laborales que se tenían previamente. Esto sucede debido a que cuando la mortalidad desciende hay incrementos en los años-persona vividos en las diferentes etapas del ciclo de vida. Como mencionan Lee y Tuljapurkar (1997), algunos de estos incrementos ocurren en las edades en las cuales las personas ganan más de lo que gastan, y tales ganancias incrementan la restricción presupuestal del ciclo de vida, lo cual permite un mayor consumo o un consumo por más tiempo a lo largo del ciclo de vida; otros incrementos, sin embargo, ocurren en edades donde se consume más de lo que se gana (niñez y vejez), y tales ganancias disminuyen la restricción presupuestal del ciclo de vida de las personas, y requieren que el consumo se disminuya o que la oferta laboral se incremente en ciertas edades. El resultado de esto es que la interacción de las ganancias incrementales en la esperanza de vida con los perfiles promedio por edad de consumo y gasto a

lo largo del ciclo económico de la vida, se tienen que analizar conjuntamente, para conocer los efectos y consecuencias económicas y de seguridad social de las personas que el alargamiento de la vida trae consigo.

### **1.6.3. Un breve acercamiento al significado del incremento de la esperanza de vida**

Por otro lado, Verón (2005) considera el significado que tiene la prolongación de la vida humana en términos del contexto demográfico y de la dinámica de las sociedades. Respecto a esto menciona que el aumento en la esperanza de vida, que provoca como respuesta una baja en la fecundidad, se plantea como un hecho tanto individual como colectivo, que conduce al envejecimiento poblacional. Asimismo, analiza varios aspectos trascendentales respecto al alargamiento de la vida humana como son: cantidad y calidad de vida; el relativismo de la edad en que comienza la vejez; las diferencias en la longevidad entre los sexos; las diferencias de oportunidades entre generaciones, debido a que con la prolongación de la vida se modifican las relaciones tanto entre grupos etarios como entre generaciones; las edades de entrada y retiro del trabajo; el financiamiento de las personas mayores económicamente inactivas; la edad psicológica versus la edad cronológica; y el papel solidario de la familia, el Estado y el mercado en el logro de la equidad intergeneracional.

La duración de la vida constituye una problemática individual y colectiva también desde la perspectiva de la relación entre cantidad y calidad de los años vividos. Esto es, cabe preguntarse si la maximización de la duración de la vida debe ser un objetivo social, ya que este objetivo representa un costo para algunos individuos (por ejemplo, las personas que llegan al fin de su vida en situación de alta dependencia) y para la sociedad (costo económico de asumir esta dependencia). En este sentido, como sociedad estamos ganando continuamente años de vida, ¿pero de qué años se trata? Es decir, si vivimos colectivamente más tiempo, Verón (2005) cuestiona que si sólo es para pasar más años en situación de alta dependencia y con elevados niveles de discapacidad, ¿vale la pena el esfuerzo? ¿El incremento de la cantidad de vida no sería finalmente un poco artificial? ¿La degradación de la calidad de vida en la edad avanzada de algunos individuos es el precio que se debe pagar por la prolongación de la vida de la que goza la mayoría? Todas estas preguntas, si bien son muy pertinentes, su respuesta sale del espectro contemplado en esta investigación y solamente se presentan como cuestiones que se pueden retomar en otro momento.

Ahora bien, continuando con su análisis, Verón (2005) menciona que las divisiones de la vida humana en diferentes “edades” suponen al fin de cuentas un cierto determinismo de la edad y un mínimo de homogeneidad dentro de cada categoría etaria. Asimismo, las fronteras entre las edades evolucionan con el tiempo, entonces rechazando la idea de un fuerte determinismo de la edad, se puede observar que existe un cierto relativismo al considerar que la edad a la cual uno se convierte en anciano cambia constantemente con el tiempo.

En cuanto a las diferencias de longevidad entre los sexos, es ampliamente conocido que las mujeres viven más tiempo que los hombres. Como la esperanza de vida de las mujeres es superior a la de los hombres, la soledad en edades avanzadas es con mayor frecuencia femenina. Sin embargo, el aumento de la esperanza de vida masculina y femenina debería haber conducido, manteniéndose constantes las demás variables, a un incremento importante de la duración de vida de las parejas (Verón, 2005). Pero el divorcio, en cierta medida, tomó el lugar de la viudez como modo de ruptura de unión. Además, la desigualdad en cuanto a la duración de vida está acompañada de desigualdades sociales (Verón, 2005).

Asimismo, al aumentar la duración de la vida, es importante resaltar la importancia de que la población sepa “envejecer bien” y, llegado el caso, “morir bien”, lo que implica la adopción de comportamientos y estilos de vida saludables para evitar envejecer en una situación de alta dependencia y con alguna incapacidad (Verón, 2005). En este escenario, y especialmente en un contexto de fecundidad media y de débil crecimiento económico, como es el contexto actual del país, el tema de la equidad entre generaciones lo plantea Verón (2005) en nuevos términos: ¿quién debe ocuparse de quién? y ¿quién debe pagar por quién? Hoy se sabe además que un sistema de jubilación mediante capitalización no podría ser un sustituto del sistema de reparto, dado que la acumulación de un ahorro por parte de cada activo con vistas a su retiro tiene efectos macroeconómicos que los Estados no pueden manejar (Verón, 2005). Pero en esta situación, Verón (2005) menciona que si las personas mayores son egoístas y los jóvenes individualistas, el contrato social entre las generaciones no sobrevivirá a los cambios demográficos, habida cuenta del incremento previsible de las cargas financieras. Esto es, si la solidaridad retrocede, por efectos del dominio de una lógica individualista, cada generación defenderá sus propios intereses y cada individuo tratará de salir delante de la mejor manera posible (Verón, 2005).

¿Cómo plantear correctamente el problema de equidad entre generaciones? ¿Es un buen método establecer una contabilidad por generación y hacer el balance de lo que cada generación dio y de lo que recibió? ¿Y a quién le corresponde asumir la solidaridad? A manera de ejemplo, Verón (2005) comenta que las diferencias entre tres generaciones en el siglo pasado se pueden presentar de la siguiente manera: las generaciones 1916-1926 vivieron en un contexto de fuerte crecimiento económico, poca desocupación, escasos divorcios y baja participación de la mujer en el mercado laboral; el entorno de las generaciones 1946-1955 —primera ola del Baby-boom— estuvo también marcado por un fuerte crecimiento económico pero acompañado de una alta desocupación, de divorcios frecuentes y de fuerte presencia de la mujer en el mercado laboral; las generaciones 1965-1975 conocieron un contexto económico mucho más difícil, una “inseguridad familiar”, presupuestos sociales en baja y una menor equidad entre hombres y mujeres. Dado que la sucesión de generaciones introduce una irreversibilidad temporal, corresponde al Estado representar a las generaciones futuras y garantizar la perdurabilidad de los sistemas de solidaridad e intercambio (Verón, 2005).

Ahora bien, dentro del marco de las relaciones intergeneracionales, la familia es un lugar privilegiado, aunque no es el único (Verón, 2005). Hoy en día, más que en ningún otro momento de la historia, la vida cotidiana de cada individuo está permeada por la interacción con representantes de diversas generaciones. Verón (2005) considera que si bien es importante promover una “sociedad sin edad”, es necesario además facilitar el surgimiento de una “sociedad con generaciones”. En este sentido promueve la existencia de una “sociedad intergeneracional” en la que se facilitaría el intercambio e integración entre las diversas generaciones. Dado que el envejecimiento de las poblaciones es inevitable, el verdadero desafío para nuestras sociedades consiste en reinventar una sociedad que sea verdaderamente intergeneracional, sin duda alguna asentada sobre bases diferentes a las del pasado.



## ***Capítulo II***

### **Marco teórico y ejes analíticos**

Este capítulo tiene como objetivo presentar las principales teorías demográficas en las cuales se basa la investigación. Esto es, se centra en la exposición de las teorías demográficas (transición demográfica, transición epidemiológica, transición en salud, relación entre la mortalidad por causas y la mortalidad general, y la teoría de la fiabilidad) las cuales se consideran de suma importancia para el análisis debido a que proporcionan una perspectiva teórica que enmarcar las causas de muerte y los factores asociados a ellas.

#### **2.1. Teoría de la Transición Demográfica**

La transición demográfica fue formulada por primera vez en 1929 por Thompson, y ha resultado bastante paradójica ya que, además de que se le atribuye a varios autores (entre ellos están Thompson, Landry y Notestein), ha existido una acumulación de conocimientos y evidencias históricas que han paulatinamente puesto en duda su validez. Pero, a pesar de lo anterior, este modelo de cambio demográfico todavía continúa siendo un marco de referencia en los estudios de población contemporáneos (Szreter, 1993). Este modelo, se presenta principalmente en las sociedades que experimentan un proceso de modernización. A grandes rasgos, consiste en el paso de un régimen de equilibrio demográfico premoderno con niveles altos, fluctuantes y sin control de la mortalidad y de la fecundidad, hacia un nuevo equilibrio con niveles bajos y controlados de los fenómenos antes mencionados. Esto sucede a través de un periodo intermedio dentro del cual el descenso de la mortalidad antecede al de la natalidad, generando un crecimiento rápido de la población (Patarra, 1973). Notestein (1945) establece que los países pasan por tres etapas (que son equivalentes a los tres grupos en los cuales Thompson (1929) clasifica a los países y a las tres etapas postuladas por Landry (1934)):

*Crecimiento potencial alto.* Los países que se encuentran en esta etapa tienen una mortalidad alta, variable y que es el principal determinante del crecimiento poblacional; una fecundidad alta y sin control voluntario; y se espera que su crecimiento sea rápido y comience tan pronto como los avances tecnológicos, médicos y de calidad de vida, provoquen un descenso de la mortalidad.

*Crecimiento en transición.* Es una etapa anterior en la evolución demográfica, en la cual las poblaciones tienen un crecimiento rápido debido a que las tasas de mortalidad disminuyen más rápido que las de natalidad, sin embargo, ya se distingue claramente el comienzo de un descenso de la natalidad.

*Descenso incipiente.* Consiste en países en los cuales la fecundidad se encuentra por debajo del reemplazo, o se encuentra en un descenso acelerado, acercándose a ese nivel. Esto implica que al nivel existente de la mortalidad, normalmente bajo, las tasas de crecimiento disminuyen rápidamente hasta alcanzar una población estable o hasta en declinación.

La disminución que se produjo en el nivel de la mortalidad se puede explicar de forma más inmediata en que el descenso en la fecundidad, principalmente por el hecho de que las motivaciones para reducir los niveles de la mortalidad, y sus principales causas, se identifican de manera más sencilla (Notestein, 1945). Las explicaciones para el descenso de la mortalidad se han modificado con el paso del tiempo. Se ha argumentado que el descenso se debió solamente o principalmente a un solo factor que fue el crecimiento económico (Bengtsson, 2003); argumentan que el gran incremento en recursos debido a la transformación de la economía en los siglos XVII y XVIII en los países desarrollados, propició el comienzo del descenso de la mortalidad y a su vez el inicio de la transición de la fecundidad (Bengtsson, 2003).

Sin embargo, las causas del descenso de la mortalidad son multifactoriales y varían desde el principio hasta el final del descenso. Entre los principales factores que propiciaron este descenso se encuentran: los descubrimientos y avances en la tecnología médica; mejores estándares de vida, debido a su vez a mejores servicios de salud e infraestructura (drenaje y agua potable); una mayor higiene personal; y la reducción de las hambrunas gracias al mayor desarrollo agrícola, lo que a su vez trajo como consecuencia una mejor nutrición de la población (Szreter, 1993). Desde una perspectiva de cohorte, existen dos principales explicaciones para el descenso de la mortalidad: primero, el descenso se debió a un mejor consumo nutricional durante la etapa fetal y/o primeros años de vida; y segundo, el descenso se presentó gracias a la menor necesidad de nutrientes durante estas etapas debido a mejor salud de la madre o del hijo (Bengtsson, 2003).

Es interesante que no existe un consenso en el grado de contribución que tuvieron los principales factores en esta disminución, sin embargo, se tiene cierto consenso sobre que el descenso de la mortalidad es multifactorial y la importancia de los factores cambia con el tiempo.

En cuanto a la fecundidad, en los países desarrollados es conocido que su disminución se debió principalmente a cambios sociales drásticos, económicos y culturales provocados por el desarrollo socioeconómico y el proceso de modernización. Este proceso provocó un crecimiento del individualismo, de la racionalidad en todos los aspectos de la vida y a una mayor importancia que se le prestó a la realización personal (Notestein, 1945). Así, los movimientos sociales que explican el descenso de la fecundidad en los países desarrollados son: la erosión de la familia tradicional, principalmente la familia extensa; un creciente individualismo; un desarrollo de la racionalidad y la secularización de la sociedad; las nuevas técnicas de educación masiva y popular; el avance de los sistemas de salud; y la nueva valoración de la mujer en los distintos estratos de la sociedad mediante la aparición de alternativas al matrimonio y a la maternidad. En los países en desarrollo se ha estudiado que este descenso se produjo, principalmente, gracias a los programas de planificación familiar, en donde por medio de los medios masivos de comunicación, se promovió el uso de métodos anticonceptivos (Patarra, 1973).

Actualmente, la transición demográfica es un proceso que se está presentando todavía en Latinoamérica. En este sentido, CELADE (2005) señala que el inicio del proceso de transición demográfica se presenta por el mejoramiento en las condiciones de vida de la población y principalmente por los adelantos en la medicina y la mayor cobertura de los servicios de salud, los cuales produjeron descensos importantes en la mortalidad, desequilibrando el balance pretransicional entre las tasas de natalidad y de mortalidad. En América Latina estos cambios comienzan en la primera mitad del siglo XX, precediendo a los cambios en la fecundidad (CELADE, 2005). Asimismo, el inicio de la transición se ha dado en diferentes momentos en la región, lo cual refleja su diversidad demográfica.

Como se pudo observar en el marco contextual del país presentado previamente, se puede argumentar que México ha seguido el patrón típico del proceso de la transición demográfica (Partida, 2004). Esto es, una primera etapa de la transición demográfica en el país ocurre entre 1940 y 1970, aproximadamente, iniciando cuando la mortalidad descendió rápidamente debido a la expansión de los servicios educativos, de infraestructura sanitaria y la extensión de los servicios de salud (incluida la creación del Instituto Mexicano del Seguro Social en 1944). En ese periodo, las tasas de natalidad se mantuvieron altas y relativamente constantes.

Una segunda etapa de la transición se puede ubicar a partir de 1970, cuando se presentó el inicio del descenso de la fecundidad, propiciado principalmente por el Programa Nacional de

Planificación Familiar, implementado en 1974, destinado a satisfacer una creciente demanda de métodos anticonceptivos, y promovido a través de los medios masivos de comunicación y de las unidades médicas y campañas específicas del Sector Salud. El nivel de la fecundidad descendió aceleradamente durante este periodo, mientras que la mortalidad continuó descendiendo paulatinamente. En México este proceso, en gran medida, ha provocado cambios en la estructura por edad, lo cual se refleja en un paulatino envejecimiento de la población.

## **2.2. Teoría de la Transición Epidemiológica**

La teoría postula la transición de un patrón de causas de muerte dominado por enfermedades infecciosas, con una alta mortalidad especialmente en las edades más jóvenes, a un patrón dominado por enfermedades degenerativas y afecciones producidas por la acción del hombre, como las formas más importantes de morbilidad y causa de muerte. El desarrollo histórico de la mortalidad está caracterizado por tres fases, que reciben el nombre de la causa de muerte dominante, éstas son: la edad de la peste y las hambrunas; edad de las pandemias retraídas; y edad de enfermedades degenerativas y causadas por el hombre (Omran, 1971).

En la *edad de la peste y las hambrunas*, la mortalidad es alta y fluctuante, lo que impide un crecimiento importante de la población. En este estadio la esperanza de vida al nacimiento es baja y variable, oscilando entre 20 y 40 años (Omran, 1971).

En la *edad de las pandemias en retroceso* las crisis de mortalidad se vuelven menos frecuentes, la esperanza de vida al nacimiento se incrementa de alrededor de 30 a casi 50 años, el crecimiento de la población es sostenido y comienza a describir una curva exponencial (Omran, 1971).

En la edad de las *enfermedades degenerativas y las producidas por el hombre* el descenso de la mortalidad continúa y eventualmente se aproxima a la estabilidad, la esperanza de vida al nacimiento aumenta gradualmente hasta sobrepasar los 50 años; en este estadio la fecundidad se convierte en un factor crucial para el crecimiento de la población (Omran, 1971).

Aunado a esto, en 1986, en los Estados Unidos, Olshansky y Ault analizaron reducciones rápidas en la mortalidad de enfermedades crónicas y postularon un cuarto estadio de la transición epidemiológica, al cual denominaron la edad de las *enfermedades degenerativas diferidas*. En este periodo, los patrones de causas de muerte se mantienen estables, pero la mortalidad por

causas degenerativas se modifica hacia personas de edades mayores como resultado de la declinación rápida de las tasas de mortalidad (Salomon y Murray, 2002).

Omran (1971) propone además, que durante la transición epidemiológica, los cambios más profundos en cuanto a la salud y los patrones de enfermedades, se presentan entre los niños y las mujeres jóvenes. En cuanto a las mujeres, si bien se conoce que tienen una menor mortalidad que los hombres en todas las edades post-reproductivas, en las primeras etapas de la transición epidemiológica, las mujeres tienen una mayor probabilidad de morir en las edades adolescentes y reproductivas, debido a la mortalidad materna. Esto se modifica a medida que el proceso de modernización y de la transición epidemiológica avanza, disminuyendo paulatinamente la mortalidad de las mujeres por estas causas.

Asimismo, los cambios en los patrones de mortalidad, que caracterizan a la transición epidemiológica, están cercanamente asociados con la transición demográfica y socioeconómica que constituyen la compleja modernización de las poblaciones. Esto es, si bien todos los grupos de edad se benefician del cambio en los patrones de morbilidad, el mayor aumento en la esperanza de vida se presenta cuando disminuye la mortalidad en los grupos de edad de menores a un año y de 1 a 4 años.

Omran (1971) describe además, tres modelos básicos que la transición ha tomado, los cuales son: el *modelo clásico u occidental*, que describe el proceso, lento y gradual, de cambio de una mortalidad y fecundidad altas, a niveles bajos en ambas, acompañadas por un proceso de modernización y cambios socioeconómicos de la población, modelo que siguieron los países europeos del noroeste y Norteamérica; el *modelo acelerado*, ocurrido principalmente en Japón y en algunos países europeos del sur y del este, que se caracteriza por ser similar al occidental, pero el cambio sucede en un periodo de tiempo mucho menor; y finalmente, el *modelo retrasado*, presente en los países subdesarrollados principalmente, donde han existido reducciones considerables de mortalidad gracias a la adopción de tecnología médica proveniente principalmente de los países industrializados y un saneamiento ambiental, sin que exista un cambio socioeconómico profundo y un mejoramiento generalizado en los niveles de calidad de vida de la población.

En México, el modelo que se presentó de la transición durante el siglo pasado fue el modelo retrasado, puesto que, las reducciones de la mortalidad se dieron principalmente con la adopción de tecnología médica, sin que se presentara un cambio social y económico de la

población. Esto es, precisamente es este modelo retrasado el que se considera que ha caracterizado las transformaciones de la mortalidad presentadas en el país en los últimos años.

Aunado a esto, se están presentando modificaciones en los estilos de vida de las personas, con dietas poco balanceadas y una gran falta de ejercicio, los cuales son factores que están ayudado a que se esté presentando una modificación en el perfil epidemiológico del país (es decir, una modificación en la estructura de las causas de muerte). Esta modificación, está caracterizada por cambio paulatino en el predominio de enfermedades infecciosas, parasitarias y del periodo perinatal como principales causas de muerte, hacia el predominio o incremento de padecimientos crónicos y degenerativos; también de muertes por accidentes, lesiones y violencia, como las principales causas de mortalidad (INEGI, 2006). Esto es, a principios del siglo XXI las enfermedades cardiovasculares, la diabetes, y los tumores malignos, se ubican como los principales padecimientos que conducen al fallecimiento de hombres y mujeres (INEGI, 2006).

Debido a esto, se puede considerar que México está en una etapa intermedia de la transición epidemiológica puesto que desde hace más de 20 años existe un predominio de padecimientos no transmisibles (especialmente enfermedades del sistema circulatorio, neoplasias y muertes por accidentes y violencia), pero todavía existe un amplio margen de mejora en cuanto a la disminución de la neumonía y la influenza como las principales causas de muerte dentro de las enfermedades transmisibles para las poblaciones infantil y ancianas. Esto es, actualmente el patrón epidemiológico de México se caracteriza por una interacción entre condiciones crónicas y enfermedades infecciosas, lo que provoca una polarización epidemiológica en la cual existe una creciente mortalidad por causas crónico-degenerativas y una relativamente alta mortalidad por causas infecciones, las cuales se presentan como residuo de un régimen epidemiológico pasado (Wong y Lastra, 2001).

Por otro lado, la Teoría de la Transición Epidemiológica, al igual que la Transición Demográfica, ha sido objeto de diversas críticas. Una de ellas, y que aplica a ambas teorías, es respecto a su universalidad y al panorama lineal que presentan, es decir, se discute de transformaciones pero que son en una sola dirección. Como señaló Palloni (1981): “ninguna sociedad reproduce en forma idéntica la experiencia de otra, aún bajo la avalancha de los procesos de difusión que involucran a la tecnología médica y el conocimiento, las estructuras de ideas, los niveles de vida, las condiciones de la vivienda y el comportamiento individual”.

Además, su análisis y predicciones son hasta cierto punto limitados pues no toman en cuenta la influencia de otro fenómeno demográfico tan importante como la migración.

Otro de los argumentos en contra de la Transición Epidemiológica es que se pueden llegar a observar transiciones en sentido opuesto, en las cuales las tasas específicas de mortalidad de alguna causa transmisible aumentan en lugar de disminuir; un ejemplo de ello serían la pandemia del SIDA o la de la influenza. También, se ha llegado a cuestionar sobre la definición del comienzo y el fin de la transición. En este sentido, el comienzo de la transición epidemiológica, si se toma en sentido literal, se extendería hasta la prehistoria, porque la mortalidad siempre ha sido alta y fluctuante; además no es claro qué cambios se supone que han ocurrido durante el primer estadio (Mackenbach, 1994; citado en Vera, 2000); y el fin de la transición epidemiológica, aunque no está claramente definido por Omran, podría ser ubicado en el momento en el que las tasas de mortalidad se estabilizaron después de su descenso espectacular (Vera, 2000). Sin embargo, es difícil determinar ambos momentos sin ambigüedades.

A pesar de las críticas que la teoría ha recibido, la importancia de la Teoría de la Transición Epidemiológica (análogamente a la Transición Demográfica) no se basa tanto en sus valores predictivo y descriptivo, ni en el momento de su inicio y de su culminación, sino en el hecho que pone de manifiesto la compleja relación entre el nivel de la mortalidad, la composición de las causas de muerte que contribuyen a alcanzar este nivel, la estructura por edad y sexo, y los diferentes factores sociales, económicos, políticos y de salud pública que afectan a la población en su conjunto (Omran, 1971).

Por esta razón, la teoría no debería ser considerada simplemente como una explicación lineal de las tendencias de los cambios en la estructura y patrones de la mortalidad, sino como la interpretación de un proceso que las sociedades siguen, de forma diferenciada y con diferente temporalidad, hacia el desarrollo. Mackenbach (1994; citado en Vera, 2000) expresa que a pesar de sus limitaciones, la Transición Epidemiológica provee un esquema útil para el estudio de la mortalidad, especialmente para el análisis de variaciones históricas e internacionales; y también puede ser usada para especular sobre las probables consecuencias de cambios futuros en la mortalidad en países que están rezagados con relación a aquellos que ya han “completado” la Transición Epidemiológica.

### **2.3. Teoría de la Transición en Salud**

Ahora bien, si bien el término Transición Epidemiológica es más amplio que el de transición de la mortalidad (comprendido dentro de la Teoría de la Transición Demográfica), porque incluye cambios en los niveles de las enfermedades y de la mortalidad (Caldwell, 1990; citado en Vera, 2000), se ha visto que se han criticado ciertos aspectos de la teoría Transición Epidemiológica, principalmente que se considera que no es un término lo suficientemente extenso. De esta forma, Vera (2000) menciona que es necesario ocupar un término que incluya además, los cambios sociales y de comportamiento de la población, los cuales son paralelos a la transición epidemiológica y que ésta no contempla. Por esta razón, Lerner (1973) introdujo, el término Transición de Salud para integrar los cambios sociales (con respecto a los determinantes de la salud) y los cambios epidemiológicos, los cuales están íntimamente relacionados.

En países de ingreso medio, como México, las transformaciones en los patrones de mortalidad son particularmente complejas puesto que el modelo de desarrollo económico ha sido marcado por una profunda desigualdad social que ha creado un mosaico de condiciones de vida y de muerte (Frenk et al., 1991).

Frenk y colaboradores (1991) mencionan que la transición de la salud se expresa en un patrón epidemiológico donde la marcada reducción del nivel de mortalidad se acompaña de una diferenciación en sus causas. En otras palabras, los niveles generales de mortalidad son menores que antes, pero la composición por causas de muerte es mucho más compleja puesto que ya no existe un predominio claro, que antes tenían las enfermedades infecciosas pero que mantienen aún un lugar preponderante dentro del perfil epidemiológico del país; y al mismo tiempo, se ha incrementado la importancia relativa y absoluta de los padecimientos no infecciosos y de las lesiones y accidentes. Esto es, a la secular desigualdad social en los niveles cuantitativos de mortalidad, se añade ahora una desigualdad cualitativa en la distribución por región geográfica y clase social de las causas de muerte (Frenk *et al.*, 1991).

Ahora bien, Frenk y colaboradores (1991), mencionan que la Transición de la Salud puede dividirse en dos grandes componentes. El primero es la Transición Epidemiológica propiamente dicha. En este sentido, consideran que la transición epidemiológica comprende tres procesos fundamentales de cambio en la configuración del perfil de salud de una población, esto es, en los patrones de mortalidad, morbilidad e incapacidad. Tales cambios se refieren a: la composición por causa de la mortalidad, lo que implica un desplazamiento de las enfermedades infecciosas

como las causas predominantes en una sociedad, por las enfermedades degenerativas, los accidentes y los padecimientos mentales; a la estructura por edad de la mortalidad, o lo que es lo mismo el peso de las enfermedades y la muerte se mueve de los grupos más jóvenes, principalmente afectados por las enfermedades transmisibles, hacia los de mayor edad, a través de dos mecanismos que son: el descenso de las tasas de letalidad e incidencia de las enfermedades transmisibles y el cambio en la estructura por edades de la población producto de la transición demográfica (envejecimiento demográfico); y al peso relativo de la morbilidad vs la mortalidad en el panorama epidemiológico, es decir, el tránsito de una situación de salud dominada por la mortalidad, a otra donde la morbilidad es la fuerza predominante .

El segundo componente, que puede denominarse *transición de la atención a la salud*, se refiere al proceso de cambio en los patrones de la respuesta social organizada frente a las condiciones de salud, lo cual hace que este término integre desde los cambios sociales a los epidemiológicos, que se producen en la población (Frenk *et al.*, 1991).

Por un lado, los autores señalaron que existen cuatro dimensiones principales de la organización social en donde se pueden presentar los cambios sociales mencionados respecto a la salud: la estructura económica, las instituciones políticas, la ciencia y tecnología, y la cultura e ideología. Juntas, estas dimensiones determinan el nivel total de riqueza de una sociedad y las reglas para la estratificación de los diversos grupos (Frenk *et al.*, 1991).

Por otro lado, existen dos factores principales que, a grandes rasgos, regulan el acceso diferencial de los grupos mencionados al cuerpo total de la riqueza: la estructura ocupacional y los mecanismos de distribución utilizados por el Estado. Esto es relevante, puesto que los autores consideran que dichos elementos constituyen los determinantes estructurales del proceso salud-enfermedad (Frenk *et al.*, 1991).

Los autores también mencionan que la agregación del estado de salud expresado a nivel individual define el perfil epidemiológico de una población, y el cambio a largo plazo de tal perfil, a su vez, constituye la Transición Epidemiológica. Asimismo, la necesidad de un término más amplio al de la Transición Epidemiológica se debe a que ésta indica cuáles son los principales determinantes del estado de la salud individual. Sin embargo, consideran que debe también incluir los mecanismos que conducen al cambio en el nivel agregado. En este sentido, conjuntamente con la Transición Epidemiológica hay involucrados tres mecanismos principales

que se refieren a cambios de largo plazo: la disminución de la fecundidad, el cambio en los factores de riesgo y la disminución de las tasas de letalidad.

El primer mecanismo, como indicaron Frenk y colaboradores (1991), es la disminución de la fecundidad, proceso que es parte de la Transición Demográfica, que implica el cambio de una fecundidad dominada por factores naturales y biológicos, hacia una controlada. Uno de los principales resultados de la reducción de la fecundidad, que aunado con el cambio de la dinámica de la mortalidad, es el cambio en la estructuras por edad de las poblaciones la cual se modifica, al pasar de una distribución con un predominio de las edades jóvenes, a otra en que predominan los adultos. Este proceso es conocido como envejecimiento demográfico y en México se refleja en el hecho de que en los últimos 30 años, como se observó previamente, la proporción de adultos mayores cambió de ser 5.62% a 8.08% en ese mismo periodo (INEGI, 2006). En términos epidemiológicos, el resultado de este proceso es el incremento del número absoluto y la proporción de personas expuestas a enfermedades no transmisibles, como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y el cáncer.

El segundo mecanismo asociado es son cambios en los factores de riesgo, que actúa primariamente sobre la probabilidad de enfermar, esto es, sobre las tasas de incidencia de las enfermedades. De acuerdo con el marco de referencia de Frenk y colaboradores (1991), la fuerza subyacente en la modificación de las probabilidades es el cambio de los diferentes tipos de riesgo: ocupacionales, ambientales, sociales, biológicos y conductuales; y muchos de estos cambios están asociados con el proceso de modernización como son dietas no saludables, inactividad física producto de largas jornadas laborales, sedentarismo en general y consumo de tabaco. Así por ejemplo, la conjunción de estos factores está asociada con un aumento en la prevalencia de obesidad en el país, que es uno de los principales factores de riesgo para desarrollar enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus y ciertos tipos de cánceres. Esto es, con las Encuestas Nacionales de Salud, Villa y colaboradores (2004) encontraron que en el país cerca de dos terceras partes de la población adulta presenta actualmente un índice de masa corporal (IMC) por arriba de lo normal; y que de los 40 a los 59 años de edad un 40% de las mujeres tienen obesidad, mientras que en hombres un poco más de 20%. Asimismo, en su estudio los autores estiman que para el año 2010 existirán entre 8 y 14 millones de mexicanos mayores de 35 años en franca obesidad clínica.

El tercer mecanismo es la disminución de las tasas de letalidad provocado por el mejoramiento en la organización y la tecnología de la atención a la salud. Esto es, diversos cambios ocurridos en la cantidad, distribución, organización y calidad de los servicios de salud han contribuido a la Transición Epidemiológica. Asimismo, la investigación médica y el desarrollo tecnológico han producido avances importantes en el manejo efectivo de muchas enfermedades, tanto transmisibles como no transmisibles. Una parte importante de la mayor supervivencia de los seres humanos se debe a la disminución de las tasas de letalidad, lograda mediante la aplicación de tecnologías diagnósticas y terapéuticas efectivas.

Finalmente, Frenk y colaboradores (1991), comentan sobre la creciente complejidad del campo de la salud queda subrayada por la intrincada red de consecuencias que la transición epidemiológica tiene sobre sus propios determinantes. Entre ellas destacan los efectos demográficos, por los cuales se generan cambios adicionales en la estructura por edades y en las tasas de crecimiento; y las consecuencias económicas, derivadas de las condiciones cambiantes de salud, con efectos sobre la productividad de la fuerza de trabajo, sobre los esquemas de pensiones y sobre los costos de la atención médica. La atención de los padecimientos no transmisibles suele agudizar la presión sobre los servicios de mayor complejidad, como los hospitalarios. El aumento de la demanda por recursos humanos especializados y por tecnologías más elaboradas (aunque no necesariamente más efectivas) tiende a aumentar los costos. Ello exacerba el riesgo de que la polarización epidemiológica ocasione una competencia por la definición de prioridades entre tipos de patología y por la asignación correspondiente de recursos.

Por otro lado, el estudio del impacto del sistema económico en las condiciones de salud y en el sistema de salud incluye el estudio de las crisis económicas, la inflación, las políticas fiscales y la política comercial y su impacto en la salud de la población (Arreola et al., 2003). Esto es, las crisis económicas tienden a afectar la capacidad económica de la población pues el ingreso familiar resulta afectado. A su vez, el aumento en el desempleo implica la pérdida del aseguramiento en salud. En este sentido, Arreola y colaboradores (2003) consideran que la situación económica de los individuos y sus niveles de salud guardan una estrecha relación, lo que convierte al ingreso en un determinante de la mortalidad y la morbilidad de una población. Además, han observado que existe una alta correlación entre el nivel de pobreza de la población

y el acceso al sistema de salud en términos de la probabilidad de ser atendidos en caso de requerir atención médica (Arreola et al., 2003).

En este sentido, para el presente trabajo se propone llevar a cabo una simulación futura de las causas de muerte bajo distintos escenarios. En estos escenarios, se considera, que bajo el marco de la Transición en Salud, pueden estar basados no sólo en las distintas prevalencias de las causas de muerte (cuestión que se remitiría únicamente a la Transición Epidemiológica), sino que éstos pudieran ser analizados y compuestos de forma más amplia.

Esto es, los escenarios pueden proponerse en cuanto a modificaciones de la prevalencia de ciertos factores de riesgo como la obesidad o el tabaquismo, así como a modificaciones en la infraestructura en salud, cambios en el acceso a los servicios de salud (haciéndolo más generalizado y universal, lo cual tendría un mayor peso potencial que el resto de las modificaciones) y como se mencionó al final de este apartado, cambios económicos que se pudieran presentar en el país (como una profunda crisis económica) que afecten la salud de la población (mayor pobreza, niveles de estrés, etc.) o una todavía mayor polarización en cuanto al acceso a los servicios de salud.

## **2.4. Relación Entre la Mortalidad por Causas y la Mortalidad General**

Como se ha visto, en México se han modificado tanto la estructura de las causas de muerte de la población, como el patrón etario de la mortalidad (ya que la mortalidad se da en edades cada vez mayores). En este sentido, cabe mencionar que la relación entre estos dos elementos se puede analizar a partir de dos perspectivas amplias. Estas dos visiones se conocen como las teorías *bottom-up* y *top-down*, que representan extremos en la descripción de la asociación entre las causas de muerte a nivel individual y la mortalidad específica por edad (Himes, 1994).

En la primera visión *bottom-up*, la tasa de mortalidad general a cualquier edad se considera como el resultado de la suma de las causas de muerte individuales en esa edad; este acercamiento es la base de las tablas de vida de decrementos múltiples y en este caso, el patrón etario general de la mortalidad es el resultado de una multitud de causas individuales con diferentes estructuras por edad actuando de forma independiente.

En el segundo enfoque, el patrón general de la mortalidad se asume fijo para la población, y en este caso las muertes se distribuyen *hacia abajo* entre las distintas causas. De acuerdo a este enfoque, la tasa de mortalidad en cada edad no es el resultado de causas de muerte individuales,

sino que representa el nivel de la mortalidad a través del cual se distribuyen las causas individuales (Himes, 1994). Esta explicación de la relación entre las tasas de mortalidad y la mortalidad por causas implicaría que los incrementos en la esperanza de vida no se dan tras eliminar (o controlar de manera más efectiva) una causa de muerte, sino por frenar el movimiento de los individuos hacia este estado de vulnerabilidad no específico (Himes, 1994); esto es, la vida se prolonga si los factores que influyen en este movimiento hacia la muerte se reducen o se eliminan.

En esta investigación se tiene pensado continuar el primer enfoque para realizar el análisis de las causas de muerte, a pesar de que Himes (1994) en su investigación no llega a una conclusión definitiva sobre cuál de los dos enfoques es el más adecuado. Esta elección se da principalmente porque, como se comentó en los objetivos de la investigación, se quiere analizar las tendencias de comportamiento de las principales causas de muerte y, a partir de éstas, resumir y ajustar estos patrones por medio de la estimación de funciones matemáticas, para después analizar estos cambios en la esperanza de vida, lo cual es consistente con el primer enfoque. Sin embargo, el tener presente esta relación entre la mortalidad por causas y la mortalidad general es de suma importancia ya que brinda la posibilidad de llevar nuestro análisis por dos caminos diferentes para el análisis de la mortalidad por causas en el país.

## **2.5. Teoría de la Fiabilidad del Envejecimiento y Longevidad**

Actualmente, existe un creciente interés en buscar explicaciones científicas sobre el envejecimiento poblacional, así como la búsqueda por una teoría general que permita explicar qué es el envejecimiento, cómo y por qué sucede. Asimismo, hay una creciente necesidad por el desarrollo de un marco teórico que permita a los investigadores trabajar con una enorme cantidad de observaciones, provenientes de diversas fuentes, relacionadas con el fenómeno del envejecimiento y la mortalidad. Muchas teorías intentan explicar el envejecimiento de los organismos a través del envejecimiento de sus componentes, sin embargo, Gavrilov y Gavrilova (2006) consideran que este razonamiento circular de asumir envejecimiento, para explicar el envejecimiento, eventualmente lleva a un callejón sin salida lógico. Esto sucede porque cuando la explicación se toma del envejecimiento de los organismos al envejecimiento de órganos, tejidos y células, si se continúa la misma lógica eventualmente se llega a los átomos, los cuales se conoce que no envejecen. Esta situación de no envejecimiento de los componentes a nivel

atómico, se ha observado en niveles más elevados de organización de los sistemas (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

Los intentos por desarrollar una teoría cuantitativa fundamental del proceso del envejecimiento, mortalidad y duración de vida, tienen una larga historia en la literatura. Gavrilov y Gavrilova (2001) mencionan que una teoría integral del envejecimiento y la longevidad de las especies sería capaz de responder al por qué la mayoría de las especies biológicas se deterioran con la edad mientras que otros organismos no muestran esa clara dependencia entre la edad y el incremento de la mortalidad; también, por qué las tasas de mortalidad se incrementan de manera exponencial en muchas especies durante la adultez y posteriormente se detiene este incremento en las edades más avanzadas; y cómo se explica la ley de compensación de la mortalidad, que indica que las diferencias relativas en las tasas de mortalidad tienden a desaparecer con la edad, esto es, se ha observado que si una población tiene altas tasas de mortalidad respecto a otras, la mortalidad se compensa por medio de una aparentemente baja tasa de envejecimiento.

### **2.5.1. Teorías evolucionistas del envejecimiento**

La búsqueda de una teoría biológica para explicar el envejecimiento y la longevidad, en un inicio se ha realizado en términos de biología evolucionaria y genética, y de esta forma, bajo esta perspectiva de evolución y genética del envejecimiento y longevidad es posible que los investigadores se puedan mantener enfocados en un panorama más amplio (Gavrilov y Gavrilova, 2006). Desde esta perspectiva, el envejecimiento es un resultado inevitable de la disminución de la fuerza de la selección natural que se presenta con la edad, y las explicaciones del envejecimiento, la mortalidad y la longevidad de especies biológicas se basan exclusivamente en dos teorías evolucionistas: la teoría de la acumulación de mutaciones que propone que sobre generaciones sucesivas, mutaciones nocivas que ocurren en las edades mayores se acumularán, llevando a un incremento de las tasas de mortalidad en etapas avanzadas de la vida (Gavrilov y Gavrilova, 2006); y la teoría de la pleiotropía<sup>29</sup> antagonista, la cual argumenta que los genes nocivos en edades avanzadas pueden ser favorecidos por la selección y acumularse de manera activa en poblaciones, si tienen efectos benéficos en las etapas tempranas

---

<sup>29</sup> La pleiotropía es el fenómeno por el cual un solo gen es responsable de efectos fenotípicos o caracteres distintos y no relacionados. Asimismo, da cuenta de los cambios correlativos que tienen lugar a lo largo de la evolución.

de la vida, o en otras palabras, el incremento de expresión de genes ventajosos a una edad temprana podría resultar dañino a una edad avanzada (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

La diferencia principal entre ambas teorías según mencionan Gavrilov y Gavrilova (2006) es que en la primera, los genes con efectos negativos en edades tardías se acumulan de manera pasiva de una generación a la siguiente, mientras que en la teoría de la pleiotropía antagonista estos genes se mantienen de manera activa por medio de selección. La principal limitación de las teorías evolutivas sobre el tema es que solamente son aplicables a sistemas que se reproducen a sí mismos, debido a que éstas se basan en la idea de la selección natural y la noción del declive de la fuerza de la selección natural con la edad (Gavrilov y Gavrilova, 2006). En este sentido Gavrilov y Gavrilova (2001) mencionan que las teorías evolucionistas son apropiadas para explicar el éxito reproductivo de las especies, pero no explican de manera adecuada el envejecimiento y la mortalidad. El envejecimiento, mencionan, es un fenómeno muy general, que se puede observar en dispositivos tecnológicos (como los coches) que no se reproducen a sí mismos. Por tanto, debe existir una explicación más general sobre el envejecimiento (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

A pesar de la existencia de estas teorías evolucionistas, Gavrilov y Gavrilova (2002) consideran que la mejor manera de explicar el envejecimiento y la longevidad de los sistemas (ya sean organismos vivos o dispositivos técnicos) es a través de la teoría de la fiabilidad. Ésta es una teoría general sobre las fallas de los sistemas, que permite predecir los fallos relacionados con la edad de un sistema dada su arquitectura y la fiabilidad de sus componentes. La teoría se desarrolló inicialmente para describir las fallas y envejecimiento de equipo electrónico complejo, pero es una teoría muy general que se basa en matemáticas (teoría de probabilidad específicamente) y en un acercamiento de sistemas, por lo que puede ser útil para describir y comprender el envejecimiento y falla de sistemas biológicos. Asimismo, ha probado ser útil para: proveer un lenguaje científico alrededor del tema; ayuda a los investigadores a desarrollar una intuición y comprensión de los principios principales del proceso de envejecimiento a través de modelos matemáticos simples; también, es útil para generar y probar predicciones específicas, así como análisis profundos de datos recolectados (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

Gavrilov y Gavrilova (2006) consideran que un acercamiento de este tipo (fiabilidad-ingeniero) al proceso de envejecimiento biológico es interesante e innovador, ya que provee un lenguaje científico común (marco general) para que los científicos trabajen en diferentes áreas de

la investigación sobre el tema, ayuda a evitar la sobre-especialización y permite que los investigadores de diferentes campos se comprendan unos a otros. De manera específica, la teoría ayuda a definir de forma clara lo que es el envejecimiento. En este sentido, de acuerdo a esta teoría, el envejecimiento es el fenómeno del incremento en el riesgo de fallo en los sistemas con el paso del tiempo.

De esta forma, se tiene que si el riesgo de fallo no se incrementa con la edad, entonces no hay envejecimiento en términos de la teoría, a pesar de que la edad del sistema se incremente. En otras palabras, los cambios regulares y progresivos en el tiempo no constituyen envejecimiento por sí mismos, al menos que produzcan algún resultado nocivo o falla (Gavrilov y Gavrilova, 2006). Por ello mismo, existe una diferencia fundamental entre la edad y el envejecimiento. Por lo tanto, una de las características fundamentales de la teoría, es que ayuda a clarificar la diferencia entre los conceptos de edad (que es el paso del tiempo de los sistemas) y de envejecimiento (deterioro que sufren los sistemas, que se presenta con la edad) (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

Es importante mencionar, lo que estos autores consideran como fallo, debido a que es un concepto elemental para el análisis de la fiabilidad de un sistema. Entonces, según la teoría de la fiabilidad, la falla se define como el evento cuando una función requerida se termina, o lo que es lo mismo, ésta ocurre cuando el sistema se desvía de su comportamiento óptimo y deseado. Del mismo modo, según mencionan Gavrilov y Gavrilova (2006) las fallas se clasifican en dos grandes grupos: fallas por degradación, las cuales se presentan cuando el sistema o un componente del sistema no funciona de manera adecuada; y fallas catastróficas o fatales, que se dan cuando se presenta el final de la vida del sistema. Visto en estos términos, envejecer no es hacerse viejo en el sentido de incrementarse la edad de los sistemas, sino que es la paulatina degradación del sistema que eventualmente conlleva al fallo catastrófico del mismo. Por tanto, si la tasa de fallo se incrementa con la edad, se tiene un sistema que envejece y que se deteriora (falla más seguido) con la edad.

Otro concepto dentro de la teoría, que es importante resaltar, es el de la fiabilidad de un sistema (o de sus componentes). Éste se refiere a la habilidad de los sistemas para operar de manera correcta de acuerdo a un estándar específico.

### 2.5.2. La redundancia dentro de la teoría de la fiabilidad

Dentro de la teoría de la fiabilidad, la manera fundamental de cómo se forma un sistema (ensamblaje externo en el caso de los dispositivos técnicos y auto-manufactura en el caso de los organismos biológicos) tiene dos consecuencias importantes. Primero, en cuanto a la macroscopía de los dispositivos técnicos en comparación con los biosistemas se ensamblan de manera “top-down”, en cambio los organismos se van formando de una forma “bottom-up”, es decir, desde las moléculas y células, lo que resulta en un altísimo grado de miniaturización de las partes de los componentes (Gavrilov y Gavrilova, 2006). Segundo, si los dispositivos técnicos se realizan por medio de la acción del hombre, las oportunidades de probar los componentes (como control de calidad externo) son incomparablemente mayores que en los organismos biológicos. Esto último lleva inevitablemente a que los organismos se llenen con un gran número de elementos defectuosos y como resultado de esto, la fiabilidad de los dispositivos técnicos se asegura por medio de la alta calidad de sus componentes, mientras que la fiabilidad de los organismos se asegura por medio de un excepcionalmente elevado grado de redundancia para sobreponerse de la mala calidad de algunos de sus componentes.

Un aspecto interesante dentro de la teoría es que la forma en la cual los componentes están arreglados (*estructura de fiabilidad*), afecta la fiabilidad de todo el sistema (Gavrilov y Gavrilova, 2006). En este sentido los organismos vivos pueden representarse como sistemas estructurados conformados por órganos, tejidos y células. Existen dos tipos principales de arreglos de los sistemas: componentes conectados en serie, donde todo el sistema falla si alguno de ellos falla; y componentes en paralelo, donde un sistema de  $n$  componentes independientes falla solamente cuando todos los componentes fallan. Esto es, un sistema en paralelo es un sistema con componentes que realizan una función idéntica, la cual se destruye solo cuando todos los componentes fallan (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

Esto es importante ya que de aquí se deriva el concepto de redundancia o reserva del sistema, el cual es el número adicional de componentes con la misma función en un sistema en paralelo. En los organismos, los órganos vitales y tejidos (como el hígado, riñones o páncreas) consisten de muchos miles de células desarrollando una función especializada al mismo tiempo. Un sistema compuesto en paralelo envejece con una tasa de fallo constante, aun si está construido de componentes que no envejecen. Cabe mencionar, que la mayoría de los sistemas

son mucho más complejos que simples estructuras en serie o paralelo, pero en muchos casos se pueden representar como combinaciones de estas estructuras (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

La redundancia es una noción clave para comprender el envejecimiento y la naturaleza sistémica del mismo. Como se mencionó previamente, los sistemas que son redundantes en un número de elementos irremplazables se deterioran con el tiempo, aun cuando están formados por elementos que no envejecen. Entonces, el efecto positivo de la redundancia de los sistemas es la tolerancia al daño, que disminuye la mortalidad e incrementa la duración de vida. Sin embargo, esta tolerancia al daño, fomentada por la redundancia de los sistemas, provoca que los defectos se acumulen, por tanto dando pie al fenómeno del envejecimiento (incremento de la mortalidad) (Gavrilov y Gavrilova, 2006). Esto es, durante el curso de la vida, los organismos pierden paulatinamente células, perdiendo así, poco a poco, su capacidad de reserva. Este agotamiento de la redundancia de los organismos, ayuda a explicar tanto la ley de compensación de la mortalidad, como la desaceleración y nivelamiento de la mortalidad en edades mayores (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

Ahora bien, en los organismos más simples con estructuras únicas, los defectos no se van acumulando, y los organismos no envejecen, simplemente mueren cuando se dañan. En cambio, en organismos complejos, con muchas estructuras vitales y redundancia significativa, cada ocurrencia de daño no lleva a la muerte, sino que los defectos se acumulan, y por tanto envejecen. Más aun, según mencionan Gavrilov y Gavrilova (2002), la teoría de la fiabilidad predice que aun aquellos sistemas que están compuestos completamente por elementos que no envejecen (con una tasa de fallo constante), se deterioran de todas formas (fallan más seguido) con la edad, si estos sistemas son redundantes en elementos irremplazables. Por tanto, el envejecimiento es una consecuencia directa de la redundancia de los sistemas que asegura una mayor fiabilidad y mayor duración de vida. De acuerdo a esta teoría la tasa de envejecimiento actuarial se incrementa, a mayores niveles de redundancia (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

Como se mencionó previamente, la teoría también predice la desaceleración de la mortalidad en las edades extremas. Esto es, a medida que los defectos se acumulan, la redundancia en el número de elementos desaparece y como consecuencia de este agotamiento de la redundancia, el organismo evoluciona a un sistema sin redundancia (a un sistema con elementos conectados en serie, con el resultado que cualquier nuevo defecto lleva a la muerte) (Gavrilov y Gavrilova, 2006). En tal estado, no se presenta una acumulación de daño y las tasas

de mortalidad se estabilizan; aún más, este estancamiento se observará independientemente del nivel inicial de deterioro (sistemas inicialmente ideales, sistemas altamente redundantes repletos de defectos y para sistemas redundantes parcialmente dañados con un número arbitrario de defectos iniciales) (Gavrilov y Gavrilova, 2002). Por tanto, el fenómeno de la mortalidad, que se incrementa con la edad y después su estabilización, son características teóricamente inevitables de los modelos de fiabilidad que consideran el envejecimiento como una acumulación progresiva de daños aleatorios.

### 2.5.3. Las funciones Gompertz y Weibull dentro de la teoría de la fiabilidad

En términos generales, la teoría de la fiabilidad es un conjunto de ideas, modelos matemáticos y métodos, dirigidos a estimar, predecir, entender y optimizar la distribución de la duración de vida de los sistemas y sus componentes. Como se mencionó previamente, la fiabilidad del sistema o de los componentes se refiere a su habilidad de operar de manera correcta de acuerdo a cierto estándar específico y está descrita matemáticamente por la función de fiabilidad  $S(x)$  que es la probabilidad de que un sistema (o componente) realice su función durante el tiempo  $x$  (a esta función se le conoce también como función de supervivencia). La función de supervivencia es una curva que describe la proporción de aquellos vivos al momento  $x$  (columna  $l_x$  en una tabla de mortalidad) y se define como:

$$S(x) = P(X > x) = 1 - P(X \leq x) = 1 - F(x)$$

donde  $F(x)$  es la distribución de probabilidad acumulada en la teoría de probabilidad.

Asimismo, la tasa de fallo  $\lambda(x)$  es equivalente a la tasa de riesgo  $h(x)$  o en demografía la fuerza de mortalidad  $\mu(x)$ . En el caso de que la tasa de fallo sea igual a una constante  $k$ , se tiene un sistema que no envejece y que no se deteriora con la edad. En cambio si la tasa de fallo se incrementa con la edad, se tiene un sistema que envejece y se deteriora con la edad. Existen muchas leyes para modelar sistemas que envejecen, como la ley de Gompertz con crecimiento exponencial de las tasas de fallo (que es la función más conocida de este tipo) y la ley Weibull (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

De acuerdo con la ley de Gompertz, el logaritmo de las tasas de fallo se incrementa de manera lineal con la edad, mientras que con la ley de Weibull, el logaritmo de las tasas de fallo

se incrementa de manera lineal con el logaritmo de la edad. Debido a su importancia fundamental para describir la cinética de la mortalidad, resulta interesante y útil comparar estas dos leyes de fallo y su comportamiento (Gavrilov y Gavrilova, 2006). La función Weibull parece que se desacelera con la edad cuando se le compara con la función Gompertz; pero por otro lado, cuando se comparan con el logaritmo de la edad, como la función Weibull crece de manera lineal, y la función Gompertz es cóncava, parece que esta última se acelera con el logaritmo de la edad a comparación de la función Weibull.

Asimismo, existen dos diferencias fundamentales entre las dos funciones: primero, para la función Weibull el sistema es inmortal en la edad inicial ( $x=0$ ) y la tasa de fallo es cero también, lo que significa que el sistema debe ser inicialmente ideal para que se pudiera aplicar la ley de Weibull (Gavrilov y Gavrilova, 2006). Por el contrario, la función Gompertz indica que el sistema es vulnerable a fallo desde la edad inicio: cuando la edad  $x$  es igual a cero, la tasa de fallo ya es mayor a cero. Esto significa que los sistemas parcialmente dañados que tienen algún deterioro inicial, sus tasas de fallo son más propensas a seguir la ley de Gompertz, mientras que los sistemas que son perfectos desde el inicio seguirán la ley Weibull (Gavrilov y Gavrilova, 2006). Esta diferencia entre los modelos normalmente no se distingue en la vida real debido al periodo de mortalidad infantil inicialmente alta y luego descendiente, que no puede ser explicado por ninguno de los dos modelos (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

La otra diferencia fundamental entre las dos funciones se presenta en cuanto a su respuesta a la especificación de la edad inicial. Esto es importante debido a que hay una ambigüedad en cuanto a la elección de una edad “verdadera”, de cuando comienza la vejez ya que: legalmente es el momento del nacimiento; biológicamente, la edad inicial puede ser considerada previo al nacimiento o después de tal momento (por ejemplo desde el momento de maduración total del cuerpo); demográficamente, la edad en la cual el envejecimiento comienza es cuando las tasas de mortalidad son menores y comienzan a crecer (alrededor de 10 años para los humanos) (Gavrilov y Gavrilova, 2006). La incertidumbre en la edad de inicio tiene diferentes implicaciones para el análisis de datos con las funciones Gompertz y Weibull. Para la primera, una mala especificación de la edad inicial no tiene una importancia relevante, pero para la función Weibull la situación es distinta debido a que la función es lineal cuando se grafica contra el logaritmo de la edad, y cualquier cambio en la edad inicial da como resultado una función distinta (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

Entonces, como mencionan Gavrilov y Gavrilova (2006), debido a las características previamente mencionadas, la ley Weibull es mayormente aplicable a dispositivos técnicos y la ley Gompertz es más común para sistemas biológicos. Aun así, la explicación de ambas leyes está sustentada en la teoría de la fiabilidad y son las únicas dos distribuciones limitantes de valores extremos, teóricamente posibles para sistemas cuyas duraciones de vida se determinan por el primer componente que falla. Esto se explica de otra manera: a medida que un sistema se complejiza (es decir, contiene más componentes vitales, cada uno crítico para la supervivencia) la distribución de duración de vida se acerca de manera asintótica a una distribución Gompertz o Weibull. Los dos teoremas límites de la estadística de extremos, hacen que las distribuciones Gompertz y Weibull sean leyes tan fundamentales como otras distribuciones como la Poisson o la Normal (Gavrilov y Gavrilova, 2001).

#### **2.5.4. Modelos considerados dentro del análisis de la teoría de la fiabilidad**

Dentro de su objetivo de introducir ideas y métodos para la comprensión sobre los mecanismos del envejecimiento, mortalidad supervivencia y longevidad, Gavrilov y Gavrilova (2002) analizan diferentes modelos. El primer modelo que estos autores analizan es el más sencillo, en el cual todos los elementos de un sistema son funcionales desde el inicio (lo que es típico de los aparatos electrónicos) y éste tiene una tasa de fallo constante. Estos elementos, que tienen la propiedad de que no envejecen (según los parámetros de la teoría), y se organizan en bloques de elementos mutuamente sustituibles, de tal forma que la falla de un bloque ocurre cuando todos los elementos en ese bloque fallen. En este caso la tasa de fallo crece como una función que sigue la ley Weibull, y en las edades avanzadas la tasa de fallo se acerca de manera asintótica a un límite superior igual a una constante. Los autores hacen notar tres cuestiones importantes: primero, un bloque conformado por elementos que no envejecen, se comporta como un objeto que envejece; segundo, a edades muy avanzadas el fenómeno de envejecimiento prácticamente desaparece; y tercero, un bloque con niveles iniciales distintos de redundancia tendrán diferentes tasas de fallo, pero esas diferencias se desaparecerán eventualmente a medida que las tasas se acerquen a la cota superior, lo que es consistente con la ley de compensación de la mortalidad.

El segundo modelo que analizan es aquel en el cual los elementos funcionales al inicio ocurren raramente (elementos con una probabilidad inicial de ser funcionales, cercana o igual a

cero. En el modelo, la distribución de los bloques en el organismo, de acuerdo con el número de elementos funcionales que contienen se describe por medio de la ley Poisson con parámetro igual al número medio de elementos funcionales en ese bloque. En este modelo la tasa de fallo de un organismo, crece de manera exponencial siguiendo la ley Gompertz. Pero, en edades avanzadas la tasa de mortalidad se desacelera y se acerca también de forma asintótica a un límite superior constante. Por tanto, este modelo explica no solo el crecimiento exponencial de las tasas de mortalidad y el subsecuente estancamiento de las mismas, sino que también explica la ley de compensación de la mortalidad (Gavrilov y Gavrilova, 2001). Esta interpretación del supuesto de probabilidad funcional cercana a cero desde el inicio, se puede relajar debido a que en los organismos, muchos de los elementos no funcionales (por ejemplo, células) pueden haber muerto y ser remplazadas en el momento en que el organismo adulto está formado (Gavrilov y Gavrilova, 2002).

El tercer modelo que analizan los autores, que es el caso más general de los modelos hasta aquí expuestos, en el cual la probabilidad de que un elemento sea inicialmente funcional o no, puede tomar cualquier valor entre 0 y 1 (a diferencia en los anteriores que se encontraba cercana a alguno de estos valores). La distribución de los bloques en el organismo, en este modelo se describe por una distribución Binomial, en lugar de una distribución Poisson (como en el modelo anterior). En particular, como se mencionó previamente, cuando la probabilidad de que los elementos sean funcionales al inicio tiende a uno, la edad virtual del sistema es cero y la tasa de falla crece como una función de poder (ley Weibull). Pero si el sistema no es inicialmente ideal, se obtiene la llamada ley de mortalidad binomial (Gavrilov y Gavrilova, 2002). Entonces, para cualquier valor de la probabilidad inicial, menor a la unidad, existe un periodo, en el cual el número de nuevos defectos es mucho menor que el número original y la tasa de fallo crece exponencialmente con la edad. Este modelo también explica la ley de compensación de la mortalidad, la cual es observada cuando las diferencias en la mortalidad son causadas por diferencias en la redundancia inicial, mientras que la tasa de envejecimiento es similar en distintas poblaciones de la misma especie. Asimismo, la duración del periodo en el cual las tasas crecen de forma exponencial depende de la probabilidad inicial de que los elementos sean funcionales y conforme esta probabilidad se acerca a uno, este periodo con crecimiento exponencial, se reduce.

En este último modelo, la tasa de fallo de los bloques que conforman el sistema se acerca de forma asintótica a un límite superior constante que es independiente del número inicial de elementos funcionales. Por tanto, el modelo de fiabilidad descrito da una explicación para un patrón general de envejecimiento y mortalidad en especies biológicas. Aún más, el modelo permite a los investigadores el poder tratar dos leyes de mortalidad, que a primera vista parecen mutuamente excluyentes (ley Gompertz y ley Weibull), como casos particulares de una ley Binomial de mortalidad, que es más general (Gavrilov y Gavrilova, 2002). Tomando en cuenta todos los factores, la conclusión básica del modelo la exponen Gavrilov y Gavrilova (2001) como sigue: si los componentes vitales de un sistema difirieren en su grado de redundancia, la tasa de mortalidad inicialmente crece exponencialmente con la edad (de acuerdo con la Ley Gompertz) con una subsecuente nivelación en las etapas tardías de la vida.

Después de analizar todos estos modelos, Gavrilov y Gavrilova (2006) consideran que existe una similitud extraordinaria entre los organismos vivos y los dispositivos técnicos en el patrón por edad de sus fallas. La curva de las tasas de fallo en forma de “tina de baño” (en forma de  $j$  en el caso de las poblaciones humanas) es un concepto clásico, en el cual las tasas de fallo son elevadas al inicio la vida, periodo que se conoce como de “acoplamiento” y de deshacerse de los componentes defectuosos (periodo de mortalidad infantil). Este periodo es seguido por un segundo conocido como periodo de “funcionamiento normal” que corresponde a una edad de tasas de fallo bajas y aproximadamente constantes, en los seres humanos este periodo es bastante corto (10 a 15 años). El tercer periodo, el de envejecimiento, comienza cuando se presenta el incremento de las tasas de falla con la edad. Y finalmente, esta similitud entre los organismos y los dispositivos técnicos se refuerza aún más con el hecho de que en las edades más avanzadas, existe un cuarto periodo común a ambos, conocido como el periodo de estancamiento o nivelamiento de la mortalidad.

Adicionalmente, los autores (Gavrilov y Gavrilova, 2006) comentan que los modelos que se expusieron previamente, examinan una situación en la cual los subsistemas vitales conectados en serie (bloques) tienen diferentes grados de redundancia dentro de cada organismo, pero no se realizaron supuestos adicionales sobre diferencias iniciales posibles entre los organismos. En un caso más general, la heterogeneidad de la población debe tomarse en cuenta debido a que existe una gran variación en el número de células para los organismos de la misma especie. Sin embargo, aun tomando la heterogeneidad de la población, consideran que todavía no es lo

suficientemente general, ya que todos los modelos contienen el supuesto de que la muerte de los organismos ocurre solamente cuando todos los elementos en un bloque fallan. Entonces en este caso, una hipótesis significativamente más realista es la que indica que el sistema tiene inicialmente una enorme cantidad de elementos funcionales que excede el número crítico de defectos que llevan a la muerte del organismo (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

### **2.5.5. Conclusiones de la Teoría**

En 1991, Gavrilov y Gavrilova sugirieron una idea de que el desarrollo temprano de los organismos produce una carga inicial de daño muy elevada, que es comparable con la cantidad de deterioro subsecuente, relacionado con la edad, que se acumula durante el resto de la vida adulta. Esta idea predice que aun progresos pequeños en optimizar los procesos de desarrollo temprano resulta potencialmente en una prevención importante de muchas enfermedades a lo largo de la vida, en postergamiento de la morbilidad y mortalidad relacionadas con la edad, y por tanto de una extensión significativa de la duración de la vida saludable. Entonces la idea de un programa que tome en cuenta los factores del envejecimiento y longevidad desde etapas tempranas en la vida, puede tener implicaciones prácticas para desarrollar intervenciones en los primeros años de vida, para promover la salud y la longevidad. Desde la perspectiva de la fiabilidad, el incremento en los niveles de redundancia inicial es la manera más sencilla para mejorar la supervivencia, particularmente en edades reproductivas tempranas (Gavrilov y Gavrilova, 2006).

Se puede concluir entonces que el envejecimiento es un fenómeno complejo y un acercamiento holístico utilizando la teoría de la fiabilidad puede ayudar a analizar, comprender y retrasar el paulatino envejecimiento, para que éste se presente lo más tarde posible. Por tanto, los autores Gavrilov y Gavrilova (2006) sugieren añadir esta teoría al arsenal de acercamientos metodológicos aplicados a la investigación sobre el envejecimiento y la mortalidad.

### **2.5.6. Apoptosis**

La teoría de la fiabilidad expone que la tolerancia al daño está fomentada por la redundancia de los sistemas, y provoca que los defectos se acumulen, por tanto da pie al envejecimiento; o lo que es lo mismo, durante el curso de la vida, los organismos pierden paulatinamente células agotando poco a poco su capacidad de reserva o redundancia. En este

sentido, se están realizando investigaciones sobre el tema de la apoptosis celular o muerte celular programada, que es un proceso fisiológico y ocurre en todos los tejidos del cuerpo. Es una forma de mantener la función de los órganos así como un mecanismo de defensa para eliminar células defectuosas o malignas (Kerr, 1972). Lo que ha sido demostrado y es un interesante campo de investigación, es que ésta ejerce un papel importante en el envejecimiento de varios órganos como en el cerebro, en los huesos o en el sistema inmune.

La apoptosis es un proceso finamente regulado que cuando se altera produce graves patologías como malformaciones, defectos en el desarrollo, enfermedades autoinmunes, enfermedades neurodegenerativas o aparición de tumores (Kerr, 1972). El exceso de apoptosis lleva a patologías, como la enfermedad de Parkinson, el Alzheimer y aun en la arteriosclerosis juega un importante papel en su fisiopatología. También, se ha encontrado que ésta ocurre de manera espontánea en neoplasmas malignos sin tratar y que a su vez puede ser utilizada en algunos tipos de terapias para la regresión de tumores. Entre los mecanismos que se han encontrado para prevenir el desarrollo de tumores se encuentran la senescencia celular y la apoptosis (Pardo et al., 2004). Pardo y colaboradores (2004) mencionan que el primero impide de forma irreversible el crecimiento de células propensas a sufrir transformaciones neoplásicas y que el segundo, mata células dañadas, que posean mutaciones y que pueden resultar peligrosas para el organismo. La pérdida de la apoptosis repercute en la iniciación del tumor, la progresión y el desarrollo de las metástasis.

Uno de los principales adelantos en el campo de la investigación sobre el cáncer, lo constituyó el estudio de la apoptosis y su marcado efecto en el fenotipo maligno (Pardo et al., 2004) o lo que es lo mismo, que la inhibición de ésta desempeña un papel esencial en el proceso tumoral. Esto es, las células cancerosas adquieren mutaciones que inactivan vías que fisiológicamente inducen la apoptosis. Entonces, estas interrupciones de la ejecución del proceso de muerte celular, es lo que conlleva la progresión tumoral.

La apoptosis se puede encontrar presente durante el envejecimiento y la mortalidad por ciertas causas. En cuanto al envejecimiento, dos fenómenos son constantes en esta etapa de la vida: la disminución del potencial proliferativo de las células y la desaparición de las mismas, el cual puede ser producto del exceso de muerte celular. En este sentido, este fenómeno es un ejemplo de los mecanismos a partir de los cuales se analizan el envejecimiento y la mortalidad, desde un punto de vista celular y para ciertas causas de muerte, que reflejan la complejidad de

este campo de estudio. Por tanto el envejecimiento puede definirse como un fenómeno multifactorial y complejo que es dependiente del tiempo y tiene repercusiones desde el nivel celular hasta el sistémico (Hernández et al., 2010).

## ***Capítulo III***

### **Elaboración metodológica**

El objetivo de este capítulo es exponer los principales conceptos, métodos y herramientas demográficos que se utilizarán a lo largo del trabajo para realizar los cálculos correspondientes. El capítulo se divide de la siguiente forma: la primera parte incluye una breve presentación de los principales indicadores de mortalidad que serán empleados en este estudio; la segunda parte presenta los conceptos, herramientas e indicadores utilizados en la evaluación de la declaración de edad de las defunciones; y finalmente, se exponen algunos antecedentes metodológicos y principales modelos demográficos usados para el análisis de la mortalidad por causas.

#### **3.1. Principales Indicadores de la Mortalidad**

A continuación se presentan, los principales indicadores que se van a utilizar para el análisis de las tendencias de las causas de muerte, así como del nivel de la mortalidad en los distintos periodos que abarca el estudio (cabe aclarar que no son los únicos indicadores utilizados en cuanto al estudio de la mortalidad).

##### **3.1.1. Tasas específicas de mortalidad por edad y sexo**

Las tasas específicas de mortalidad son igual al número de defunciones en determinada edad entre la población total de ese grupo de edad a mitad de año; la tasa específica de mortalidad por sexo se determina como el número de defunciones de uno de los sexos, entre el total de población de ese sexo a mitad de año. La principal ventaja de estas tasas, es que están libres del problema de la estructura por edad, por lo que se pueden realizar comparaciones entre distintas poblaciones. Estas tasas, se presentan por cada mil habitantes. La mayoría de las veces se calculan por grupos de edad. Esto es, se calcula para los menores de un año; para el grupo de edad de 1-4 años; y en sucesión para los demás grupos quinquenales (5-9 años, 10-14, etc.). Las tasas por grupos de edades son índices que permiten los siguientes aspectos (Pressat, 2000):

- a) Un estudio de la mortalidad según la edad;
- b) La fabricación de ciertos índices resumidos;
- c) La construcción de tablas de mortalidad de periodo.

Del mismo modo, la forma de calcular las tasas específicas es:

$$TEM_x^t = \frac{D_x^t}{P_x^{30/06/t}} * 1000 = {}_n m_x^t * 1000$$

Donde

$D_x^t$  son las defunciones que ocurrieron en el año  $t$ , para el grupo de edad  $x$ ,

$P_x^{30/06/t}$  es la población total a mitad de año para el grupo de edad  $x$ .

### 3.1.2. Tasa de mortalidad infantil

La tasa de mortalidad infantil (TMI) que se define como el número de defunciones que ocurren en la población de menores de un año entre el número de nacidos vivos en un año determinado; es parte del Índice de Desarrollo Humano. El mayor problema con el que cuenta este índice en su cálculo es que en los países en desarrollo (como México) existe un alto subregistro de defunciones en ese grupo de edad; aunque en México el nivel de subregistro ha ido disminuyendo con el tiempo, así como un alto registro de nacimientos extemporáneos, por lo que el valor de esta tasa normalmente se encuentra subestimado (Camposortega, 1992).

$$TMI^t = \frac{Def_0^t}{Nac_0^t} * 1000$$

Donde

$Def_0^t$  son las defunciones de los menores de 1 año en el año  $t$ ,

$Nac_0^t$  son los nacimientos registrados en el año  $t$ .

Asimismo, cabe mencionar que el valor de la TMI obtenido por la expresión anterior es equivalente al valor de  ${}_1q_0$  en una tabla de mortalidad cuando los nacimientos están correctamente registrados tanto en número como en temporalidad.

### 3.1.3. Esperanza de vida

Uno de los indicadores más utilizado para analizar el nivel de la mortalidad de una población es la esperanza de vida al nacimiento. Este indicador representa un resumen de las series de las tasas de mortalidad para todas las edades combinadas, ponderada por la tabla de vida de una población estacionaria (Siegel y Swanson, 2004). La esperanza de vida al nacimiento es un valor único que está estandarizado por edad, y se le considera como un indicador resumen, ya que su estimación conlleva la inclusión del patrón de mortalidad de una población. Esto es, sirve para realizar tanto comparaciones entre países, como en el tiempo, permitiendo contrastar patrones de sobrevivencia entre un lugar y otro o entre grupos; adicionalmente, la esperanza de vida para cada edad, es una medida resumen de supervivencia que describe el riesgo de mortalidad para dicho grupo estimando además, el *riesgo de falla* entre edades. Su forma de cálculo es la siguiente:

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

Donde

$T_x$  es el número total de años-persona vividos en una tabla de vida a partir de la edad exacta  $x$  en adelante.

$l_x$  son los sobrevivientes de una tabla de vida a la edad exacta  $x$ .

La esperanza de vida es un indicador que además da cuenta de las características de la mortalidad de la población y de las condiciones de salud de un país que a su vez forman parte integrante del desarrollo (Siegel y Swanson, 2004). También es uno de los indicadores que más se tienen en cuenta en el ámbito del desarrollo social y uno de los componentes del Índice de Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

## 3.2. Evaluación de la Declaración de Edad en Defunciones

### 3.2.1. Histogramas de Defunciones

Los histogramas de defunciones (o pirámides de defunciones) son uno de los principales métodos para evaluar la calidad de los datos sobre la estructura por edad y sexo. Éstas permiten

representar gráficamente la estructura por edad y sexo de las defunciones en una población cuya superficie es proporcional a los efectivos (Camposortega, 1992), es decir, describen la composición de las defunciones según edad y sexo para un momento determinado.

En un histograma de defunciones, las defunciones de la población masculina se ubican del lado izquierdo del eje de las ordenadas y de la población femenina del lado derecho. El eje de las abscisas representa las defunciones en números relativos (proporción del número de defunciones con respecto a las defunciones totales). Esto se realiza con la finalidad de llevar a cabo comparaciones entre pirámides de diferentes momentos en el tiempo; y en el eje de las ordenadas se representan los grupos de edad. Para graficar la estructura por edad y sexo de las defunciones, se utilizan las siguientes expresiones:

$$D_{k,i}^H = \frac{d_{k,i}^H}{d_i}$$

$$D_{k,i}^M = \frac{d_{k,i}^M}{d_i}$$

Se tiene que cumplir:

$$\sum_{\forall k} (D_{k,i}^H + D_{k,i}^M) = 1$$

Donde

$D_{k,i}^H$  es la proporción de las defunciones de hombres por la causa  $i$ , del grupo de edad  $k$ , respecto a las defunciones totales por la causa  $i$ ,

$D_{k,i}^M$  es la proporción de las defunciones de mujeres por la causa  $i$ , del grupo de edad  $k$ , respecto a las defunciones totales por la causa  $i$ ,

$d_{k,i}^H$  son las defunciones de hombres del grupo de edad  $k$  por la causa  $i$ ,

$d_{k,i}^M$  son las defunciones de mujeres del grupo de edad  $k$  por la causa  $i$ ,

$d_i$  son las defunciones totales por la causa  $i$

### 3.2.2. Índice de Whipple

Este índice tiene como objetivo evaluar la declaración de edad en uno o dos dígitos particulares (0 o 5 regularmente) al medir el nivel de atracción que ejercen uno o dos dígitos en las edades. La propuesta inicial de Whipple fue para medir las preferencias en las edades terminadas en cero y cinco conjuntamente, pero el índice se ha adaptado para medir tanto éstas como otros dos dígitos cualesquiera. Para medir la atracción con los dígitos 0 y 5, se utiliza la expresión:

$$IW = \frac{5 * \sum_{x=5}^{12} N_{5(x)}}{\sum_{i=23}^{62} N_i} * 100$$

Los valores extremos entre los que se mueve el índice son: 0 cuando hay un rechazo perfecto a esos dígitos y 500 cuando todos los efectivos se encuentran dentro de las edades cero y cinco. Cuando el índice se encuentra cercano a 100, se aproxima a una linealidad o falta de concentración. Para calificar la preferencia de dígitos y la calidad de los datos censales con este indicador, Naciones Unidas propone la escala siguiente: valores del índice entre 100 y 105 señalarán datos muy precisos, de 105 a 110 relativamente precisos, de 110 a 125 aproximados, de 125 a 175 malos y de 175 o más, muy malos.

### 3.2.3. Índice de Myers

El Índice de Myers permite analizar la preferencia por dígitos en la declaración de edad por dígito individual, así como el nivel de atracción general. El supuesto básico detrás del índice es un comportamiento lineal en la declaración de edad. Esto es, si la población se distribuye de forma rectangular en cada decena se esperaría que cada dígito (la suma de población en cada dígito en todas las decenas de edad) debería haber un 10% de la población. Para su construcción se suman todos los efectivos de las edades que terminan en los dígitos del 0 al 9, primero de los individuos de 10 y más años de edad y posteriormente de los que tienen 20 y más. Estas dos

series se ponderan y se agregan una con la otra para llegar a una población ficticia, cuya distribución debe ser uniforme cuando no existe preferencia por algún dígito. Los valores para cada dígito se calculan:

$$IM_j = \frac{S_{1,j}a_{1,j} + S_{2,j}a_{2,j}}{\sum_{j=0}^9 S_{1,j}a_{1,j} + S_{2,j}a_{2,j}} * 100$$

Donde

$$j = 0, 1, \dots, 9$$

$$S_{1,j} = \sum_{i=0}^8 P_{(10+j)+10i}$$

$$S_{2,j} = \sum_{i=0}^7 P_{(20+j)+10i}$$

Los valores de  $a_{1,j}$  y  $a_{2,j}$  son dados por Myers (1940). El índice está acotado a valores entre 0 y 180; el primer caso se tiene cuando no hay preferencia; y el segundo cuando todas las edades declaradas terminan en la misma cifra. Asimismo, los criterios para evaluar la calidad de la información son: de 0 a 5 bajo, de 5 a 15 medio, de 15 a 30 alto y de 30 y más muy alto.

### 3.3. Medidas de Tendencia Central

#### 3.3.1. Media

La media es un indicador estadístico que equivale al cálculo del promedio simple de un conjunto de datos. Esto es, es el valor resultante que se obtiene al dividir la sumatoria de un conjunto de datos sobre el número total de datos y solo es aplicable para el tratamiento de datos cuantitativos. En esta investigación se utilizará para calcular la edad media a la muerte, y la expresión para el cálculo de este indicador es:

$$\mu = \frac{\sum_{k=0}^{100} d_k k}{\sum_{k=0}^{100} d_k}$$

Donde

$d_i$  son las defunciones para la edad  $k$

$k$  es la edad

### 3.3.2. Mediana

La mediana de un conjunto finito de valores es aquel valor que divide al conjunto en dos partes iguales, de forma que el número de valores mayor o igual a la mediana es igual al número de valores menores o igual a estos. Esto es, si las observaciones en una tabla estadística han sido ordenadas de menor a mayor, la mediana es el primer valor de la variable que deja por debajo de sí al 50% de las observaciones. En el caso de datos agrupados como los de esta investigación, el valor de la mediana a la muerte se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$M_e = a_{i-1} + \frac{\frac{D}{2} - D_{i-1}}{D_i - D_{i-1}}$$

Donde

$a_{i-1}$  es la edad inferior del intervalo en el cual se alcanza la mediana

$D_i$  son las defunciones acumuladas hasta la edad superior del intervalo en el cual se alcanza la mediana

$D_{i-1}$  son las defunciones acumuladas hasta la edad inferior del intervalo en el cual se alcanza la mediana

$D$  es el total de defunciones

### 3.3.3. Moda

Es un indicador del valor que más se repite, o la clase que posee mayor frecuencia. Asimismo, puede presentarse el caso que dos valores presenten la misma frecuencia, en ese caso se dice que es un conjunto de datos bimodal. Para más de dos modas se habla de un conjunto de datos multimodal. Su mayor importancia radica en que la moda muestra hacia qué valor tienden los datos a agruparse. Sin embargo, en conjuntos relativamente pequeños, puede que no exista un par de observaciones cuyo valor sea el mismo. En esta situación no es clara la definición de moda. También, puede suceder que la frecuencia más alta se encuentre compartida por dos o más observaciones. En estos casos, la moda tiene una utilidad limitada como medida de tendencia central. El cálculo de la moda para datos agrupados se realiza mediante la siguiente expresión:

$$M_o = L_{i-1} + a_i \frac{f_i - f_{i-1}}{(f_i - f_{i-1}) + (f_i - f_{i+1})}$$

Donde

$L_{i-1}$  es la edad inferior de la clase modal

$a_i$  es la amplitud de la clase

$f_i$  es la frecuencia absoluta de la clase modal

$f_{i-1}$  es la frecuencia absoluta inferior a la clase modal

$f_{i+1}$  es la frecuencia absoluta superior a la clase modal

### 3.3.4. Varianza

La varianza mide la mayor o menor dispersión de los valores de la variable respecto a la media. Cuanto mayor sea la varianza mayor dispersión existirá y por tanto menor representatividad tendrá la media. La varianza se expresa en las mismas unidades que la variable analizada, pero elevadas al cuadrado. Sin embargo, este indicador está medido en unidades distintas de las de la variable de interés por lo que regularmente, para su interpretación, se toma la desviación estándar (que es la raíz cuadrada de la varianza y es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto a la media) que está medida en las mismas unidades que la variable de interés.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=0}^{100} (x_i - \mu)^2 f_i}{n-1}$$

Donde

$\mu$  es la edad media a la muerte

$f_i$  es el número de defunciones en la edad  $i$

$x_i$  es la edad  $i$

### 3.4. Antecedentes Metodológicos

A continuación se presenta una breve revisión sobre los antecedentes de algunas de las principales herramientas metodológicas que son utilizadas en el transcurso de esta investigación.

#### 3.4.1. Tablas de vida

En 1662, John Graunt publicó sus “Observations upon the Bills of Mortality”, trabajo que ha sido posteriormente reconocido como el precursor de la estadística demográfica (Swanson y Siegel, 2004) y la epidemiología. En éste, Graunt incluyó la primera tabla de mortalidad de la historia, relativa a la población de Londres. Posteriormente, Halley realizó la primera tabla de mortalidad desarrollada de una manera lógica, la cual se publicó en 1693 y estaba basada en los registros de muerte y nacimiento de la ciudad de Breslau (Polonia) durante los años de 1687 a 1691 (Swanson y Siegel, 2004). En 1775 Abraham De Moivre ajustó por primera vez una fórmula matemática a una tabla empírica y la tabla en la que se basó fue la de Halley.

Un gran número de tablas de mortalidad han sido publicadas desde entonces, y están disponibles para casi todos los países del mundo y para cada continente.

Las tablas de vida son, en esencia, una forma de combinar las tasas de mortalidad en una población a diferentes edades y son utilizadas principalmente para medir el nivel de mortalidad de una determinada población (Swanson y Siegel, 2004). La tabla de mortalidad es un ordenamiento conveniente de los datos de las defunciones que se presentan de un grupo o población (Pressat, 2000). Una de las ventajas más importantes, en comparación con otros métodos para la medición de la mortalidad, es que las tablas de vida no reflejan los efectos de la

distribución por edad de cierta población y además no requieren la adopción de una población estándar. Otra ventaja de estas tablas es que permiten la realización de cohortes de edad, eliminando la tediosa tarea de recompilar estadísticas de muerte anuales para las cohortes de edad, aun cuando estas últimas son variables (Swanson y Siegel, 2004).

Las tablas de vida pueden ser de varios tipos dependiendo del periodo de referencia, la edad y el número de factores comprendidos en ella. En cuanto al periodo de referencia, éstas pueden ser de *momento* (en las cuales se centrará esta investigación) o de *cohorte*. El primer tipo también llamada de *periodo* representa la experiencia de la mortalidad de una población en un momento en el tiempo y no representa la experiencia de mortalidad de una cohorte real; el segundo tipo, conocido también como *tabla de generación*, se basa en las tasas de mortalidad experimentadas por una cohorte relacionada con el nacimiento, y en la experiencia de mortalidad de las personas pertenecientes a esa cohorte. En este tipo de tablas la observación se realiza desde el momento en que nace cada persona de la cohorte, hasta que cada miembro muera.

Asimismo, las tablas de vida se clasifican según la agrupación de edades que se utilizan en la *tabla de vida completa o por edad desplegada*, que es aquella que considera todas las edades individuales enteras desde el nacimiento hasta el último año considerado, y la *tabla abreviada* que contiene la información de la tabla en intervalos generalmente de 5 o 10 años de edad, excepto en los primeros cinco años de vida en donde normalmente se considera el intervalo de un año en la primera edad (menores a un año) y otro de cuatro años en el siguiente grupo de edad (1-4 años), debido a que el comportamiento de la mortalidad en estos grupos respecto a los demás es diferente. Además, se tienen las tablas de mortalidad que contienen la *experiencia general* de la mortalidad de una población, y las *tablas de decrementos múltiples*, las cuales describen los efectos separados y combinados de más de un factor como las causas de muerte o sobre cambios de una o más características socioeconómicas de la población.

Las tablas de vida son útiles para analizar y comparar los datos que tienen la forma de fallo en el tiempo, es decir, eventos dicotómicos (que pasan de un estado a otro en el tiempo, ejemplos: vive-muere, no casado-casado, o no migra-migra). Son también tablas de probabilidad, ya que calculan las probabilidades de falla a lo largo de intervalos de tiempo discretos aplicados a una cohorte ficticia que se supone experimenta el evento inicial al mismo tiempo.

Los indicadores obtenidos a partir de las tablas de vida (como las probabilidades de muerte o la esperanza de vida) tienen diversas aplicaciones entre las que destacan: detectar

diferencias entre distintas poblaciones según edad y sexo; son la base de los cálculos de los seguros, de pensiones y de prestaciones sociales relacionadas con incapacidades físicas; y también para estimar el comportamiento futuro de la mortalidad por medio de proyecciones de población (Villalobos, 2004).

### 3.4.2. Obtención de tablas de vida a partir de las estadísticas vitales

La obtención de las tablas de vida a partir de las estadísticas vitales se realiza por medio de la obtención de las *tasas centrales de mortalidad*. Estas tasas se calculan realizando un promedio de las defunciones registradas en el año de estudio, así como las de un año previo y un año posterior. Este promedio de las tasas se realiza debido a problemas de subregistro de las defunciones. La expresión de estas tasas centrales por tanto es:

$${}_n m_x^c = \frac{\left( \frac{D_x^{t-1} + D_x^t + D_x^{t+1}}{3} \right)}{P_x^{30/06/t}}$$

Donde

$D_x^t$  son las defunciones que ocurrieron en el año  $t$ , para el grupo de edad  $u$ ,

$D_x^{t-1}$  son las defunciones que ocurrieron en el año  $t-1$ , para el grupo de edad  $u$ ,

$D_x^{t+1}$  son las defunciones que ocurrieron en el año  $t+1$ , para el grupo de edad  $u$ ,

$P_x^{30/06/t}$  es la población total a mitad de año para el grupo de edad  $u$ .

Posteriormente, se convierten las tasas centrales de mortalidad observadas de una edad específica en sus correspondientes tasas de mortalidad o probabilidades de muerte. En una tabla de mortalidad, la relación básica que existe entre las tasas específicas de mortalidad y las probabilidades es:

$${}_n q_x = \frac{{}_n^* m_x^c}{1 + (n - {}_n k_x) * {}_n m_x^c}$$

Donde

${}_n m_x^c$  son las tasas centrales de mortalidad del año  $c$  para la edad  $x$

${}_n k_x$  es el factor de separación del grupo de edad  $x, x+n$

$n$  es la amplitud del intervalo de edad (si por ejemplo, se tienen edades quinquenales  $n=5$ )

Una vez que se cuenta con las probabilidades de muerte, se procede a calcular el resto de las funciones de la tabla de vida: los sobrevivientes a edad exacta  $x$  ( $l_x$ ); las defunciones entre las edades exactas  $x$  y  $x+n$  ( ${}_n d_x$ ); el número total de años-persona vividos por la población entre las edades  $x$  y  $x+n$  ( ${}_n L_x$ ); el número total de años-persona vividos a partir de la edad exacta  $x$  en adelante ( $T_x$ ); y la esperanza de vida a edad exacta  $x$  ( $e_x$ ).

### 3.4.3. Tablas de vida de decrementos múltiples

Las tablas de decrementos múltiples no consideran sólo la defunción como estado final, sino que también tiene en cuenta otros eventos que constituyen distintas salidas de las tablas de vida (o decrementos de la tabla). En este sentido la defunción por cierta causa, la discapacidad y otros estados son considerados estados absorbentes. Las tablas de vida descritas previamente se consideran de un solo decremento, que en ese caso fue la muerte. En esta investigación, las tablas que se van a crear son de decrementos múltiples ya que se divide una tabla de mortalidad ordinaria en tablas para cada causa de muerte considerada. Este tipo de tablas son una forma de particionar las tablas de vida convencionales en tablas de vida condicionales para cada causa de muerte (Siegel y Swanson, 2004).

Entonces, para la construcción de estas tablas, a partir de las muertes registradas por causas, se calcula la proporción respecto al total de las defunciones, para cada causa, y se multiplica por las muertes de la tabla de vida obtenida previamente, para obtener las muertes por causa en la tabla de vida de decrementos múltiples:

$${}_n d_x^i = {}_n d_x * \frac{{}_n D_x^i}{{}_n D_x}$$

Una vez que se calcula esta serie, se puede utilizar para calcular la tabla de vida condicional mostrando la distribución de sobrevivencia de los individuos que eventualmente morirán por alguna de las causas al definir la población inicial.

$$l_0^i = \sum_{v=0}^{\omega-n} {}_n d_v^i = {}_{\omega} d_0^i$$

Después se calcula el número de sobrevivientes para la causa seleccionada (la  $i$  en este caso) de la forma:

$$l_{x+n}^i = l_x^i - {}_n d_x^i$$

La serie  $l_x^i$  es la misma que la serie de la tabla de vida ordinaria, salvo que describe la experiencia de sobrevivencia de las personas que eventualmente van a salir por la causa  $i$  (Siegel y Swanson, 2004). A partir de esta serie, se pueden obtener las demás series de la tabla de vida de decrementos múltiples.

#### **3.4.4. Método de Cerisola para el análisis de la mortalidad por causas.**

El método de Cerisola para el análisis de la mortalidad por causas permite medir la ganancia en años de esperanza de vida a la edad exacta  $x$  en el caso de que un grupo de causas de muerte fuera eliminada (Mina, 2006).

Los supuestos que se utilizan en el método son:

1. Las defunciones por causa determinada  $i$ , de personas de edad  $x$  ( ${}_n D_x^i$ ) se distribuyen uniformemente a lo largo del año.
2. Las personas salvadas de morir por una causa determinada tienen la misma probabilidad de morir por otra causa que cualquier individuo de la población.
3. Al eliminarse o disminuirse una causa de muerte, la probabilidad de morir por otra causa no se modifica.

Este método se caracteriza principalmente por hacer uso de las tablas de vida con eliminación de causa, para estudiar la incidencia de una causa o grupo de causas de muerte. Esto es, se trata de construir una tabla de vida con todas las defunciones (es decir, una tabla de vida común y corriente), y otra eliminando la causa o causas de interés. Al comparar estas dos tablas se

observará el impacto que el grupo de muertes eliminadas (o la causa eliminada) tienen en los diferentes indicadores de la tabla de mortalidad, específicamente en la esperanza de vida.

Dentro de este método, la información necesaria para estimar las esperanzas de vida una vez que se eliminan cierto grupo de causas es: el promedio de las defunciones por grupos de edades, sexo y causas clasificadas; el número de sobrevivientes a edad exacta  $x$  ( $l_x$ ); y las defunciones ( ${}_n d_x$ ) en cada grupo de edad, provenientes de la tabla abreviada de mortalidad correspondiente al año de observación (Mina, 2006).

Las defunciones de cada grupo de edad de la tabla de mortalidad de decrementos múltiples se descomponen en cada una de las causas de muerte y edad ( ${}_n D_x^i$ ).

$${}_n D_x = \sum_i {}_n D_x^i$$

Estas se obtienen aplicando la distribución porcentual de las defunciones registradas según tipos de causas por edad y sexo, a las defunciones según edad en las tablas de vida.

$${}_n d_x^i = {}_n d_x * \frac{{}_n D_x^i}{{}_n D_x}$$

Donde:

${}_n d_x^i$  es la distribución de las defunciones por causa de muerte  $i$ , entre las edades exactas  $x$  y  $x+n$ ,

${}_n d_x$  son las defunciones de la tabla de vida entre las edades exactas  $x$  y  $x+n$ ,

${}_n D_x$  son las defunciones registradas entre las edades  $x$  y  $x+n$ ,

${}_n D_x^i$  son las defunciones por una causa específica  $i$ .

Posteriormente, utilizando las defunciones por causa de muerte, se calcula la probabilidad de muerte entre las edades  $x$  y  $x+n$  una vez eliminada la causa  $i$  como:

$${}_nq_x^i = \frac{{}_nd_x - {}_nd_x^i}{l_x - \frac{{}_nd_x^i}{2}}$$

donde:

${}_nd_x - {}_nd_x^i$  es el total de defunciones por causas distintas de la causa  $i$  entre las edades  $x$  y  $x+n$ .

$l_x - \frac{{}_nd_x^i}{2}$  son los sobrevivientes a la edad exacta  $x$ , a excepción de aquellos que fallecieron por la causa de muerte  $i$ , bajo el supuesto de distribución uniforme de muerte.

Entonces, la probabilidad de sobrevivientes de la edad  $x$  a la edad  $x+n$  eliminando la causa  $i$  es:

$${}_n p_x^i = 1 - {}_n q_x^i$$

Con estas probabilidades se calculan el resto de los valores de la tabla de mortalidad por causas eliminando la causa  $i$ :

$l_{x+n}^i$  Son los sobrevivientes a edades  $x+n$  si eliminamos la causa  $i$ .

$$l_{x+n}^i = (l_x^i) {}_n p_x^i$$

${}_n L_x^i$  Son los años de vida persona entre las edades  $x$  y  $x+n$  si eliminamos la causa  $i$ .

$${}_n L_x^i = {}_n k_x (l_x^i) + (n - {}_n k_x) (l_{x+n}^i)$$

Y para el último grupo de edad (el intervalo abierto) esta función se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$L_\omega^i = \frac{l_\omega^i}{m_\omega}$$

Donde

$m_\omega$  es la tasa específica de mortalidad del último grupo de edad de la tabla (grupo de edad abierto).

$T_x^i$  Es el número total de años-persona vividos a partir de la edad  $x$ , si eliminamos la causa  $i$ .

$$T_x^i = \sum_{l=x}^w n L_x^i$$

$e_x^i$  Esperanza de vida a edad  $x$  si eliminamos la causa de muerte  $i$ .

$$e_x^i = \frac{T_x^i}{l_x^i}$$

Una vez calculadas las distintas tablas de mortalidad por causas, se calculan las ganancias en esperanza de vida cuando se eliminan las distintas causas seleccionadas y también si se eliminaran el resto de las causas. Las ganancias en esperanza de vida para la edad  $x$ , si se eliminara la causa de muerte  $i$  se calculan a partir de la siguiente expresión:

$$g_x^i = e_x^i - e_x$$

Donde

$e_x^i$  es la esperanza de vida a edad  $x$  si eliminamos la causa de muerte  $i$ ,

$e_x$  es la esperanza de vida a edad  $x$  de la tabla de vida que incluye todas las causas de muerte.

### 3.4.5. Funciones de supervivencia

Un modelo de supervivencia es una función de distribución para una variable aleatoria especial, la variable aleatoria de fallo (T) de una entidad o individuo, que se encontraba presente al inicio del período de observación. Esta variable es también el tiempo futuro de vida de un individuo a partir del momento  $t=0$ . Esto es, si  $F_T(t)$  es la función de distribución de la variable aleatoria T, entonces

$$F_T(t) = P(T \leq t) \quad t \geq 0,$$

Y en este caso

$$S(t) = 1 - F_T(t) = P(T > t) \quad t \geq 0,$$

Siempre está presente el supuesto que  $F_T(0) = 0$ , lo que implica que  $S(0) = 1$ . La función  $S(t)$  se llama función de supervivencia. Para cualquier valor positivo de  $t$ ,  $S(t)$  es la probabilidad de que un recién nacido llegue con vida a edad  $t$ .

Los modelos de supervivencia son empleados en múltiples análisis demográficos, especialmente, los relacionados con mortalidad. Tradicionalmente, estos modelos no se han utilizado en forma paramétrica, sino empíricamente, debido a que  $S(x)$  es demasiado compleja para representarse con uno o dos parámetros, aun cuando existen modelos que pueden dar una buena representación de  $S(x)$  (como las funciones de Gompertz, Weibull o Gompertz-Makeham). Por lo general, se utilizan las tablas de mortalidad, a edades enteras o por grupos de edad para representar el comportamiento de la función  $S(x)$ . Evidentemente, el usar edades enteras no permite tener completamente especificada la función supervivencia, por lo cual se hacen supuestos acerca del comportamiento de la función en puntos no enteros, a éstos se les llama “supuestos de distribución de defunciones” y el más conocido y usado es el supuesto de Distribución Uniforme de Muertes (D.U.M.).

### **3.4.6. Modelos de supervivencia adecuados para el análisis de mortalidad**

Las funciones clásicas de supervivencia que se presentan a continuación (Sánchez y Medina, 2003) se expresan de forma analítica por medio de las leyes de mortalidad, que son expresiones analíticas de la función de supervivencia que pretenden modelar de forma teórica el comportamiento de la mortalidad y estimar el comportamiento en función de la edad; además, resulta fundamental elegir la función que mejor se adapte y represente adecuadamente la mortalidad, y esto se hace según los datos observados o estableciendo ciertas hipótesis correspondientes a las características propias de la función de supervivencia (Mina, 2006).

Cabe mencionar que la fuerza de mortalidad se denota como:

$$\mu(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{l(x) - l(x+h)}{hl(x)} = -\frac{\partial}{\partial x} \ln(l(x))$$

*Ley de Moivre.*

Supone un comportamiento lineal, con la edad, de la función de supervivencia según una progresión aritmética no negativa pero decreciente (Sánchez y Medina, 2003):

$$l(x) = a - bx \quad \text{con } b > 0, \quad a = l(0), \quad w = \frac{l(0)}{b}, \quad x \leq \frac{l(0)}{b}.$$

La fuerza de mortalidad que corresponde a la expresión anterior es:

$$\mu(x) = \frac{b}{l(0) - b \cdot x}.$$

La hipótesis básica en la cual se apoya la postura de De Moivre es la de considerar la función de supervivencia como una progresión aritmética decreciente en la cual el número de fallecimientos se considera constante y es independiente de la edad; y el modelo tiene solamente un interés teórico, puesto que en la práctica, la mortalidad observada no se puede describir con éste. Esto es, con esta ley de mortalidad, se tiene una fuerza de mortalidad siempre creciente con la edad, lo que restringe su utilidad a los tramos de edad avanzada (Sánchez y Medina, 2003).

*Leyes de Dormoy.*

Las contribuciones del actuario francés Dormoy (1874) en este campo se traducen en tres modelos de complejidad creciente, conocidos como la primera, segunda y tercera Ley de Dormoy. La primera consiste en un modelo exponencial, cuyo tanto instantáneo de mortalidad es constante, y las leyes segunda y tercera especifican un tanto instantáneo de mortalidad lineal y cuadrático, respectivamente. La tercera Ley de Dormoy, supone una determinada forma de variación de la función de supervivencia, lo que equivaldrá a una función de supervivencia

exponencial no negativa, decreciente y convexa respecto de la variable edad (Sánchez y Medina, 2003):

$$l(x) = l(0) \cdot e^{-a \cdot x} \cdot e^{-\frac{b}{2} \cdot x^2} \cdot e^{-\frac{c}{3} \cdot x^3}$$

Para la fuerza de mortalidad se elige un polinomio de segundo grado:

$$\mu(x) = a + b \cdot x + c \cdot x^2.$$

#### *Ley de Sang.*

El fundador de la Facultad de Actuarios del Reino Unido, Sang (en 1868), contribuyó en este campo con la propuesta de un modelo basado en una ampliación de la primera ley de Dormoy. El modelo de Sang supone un comportamiento de la función de supervivencia geométrico respecto de la edad junto con la existencia de otro factor diferente a la edad (Sánchez y Medina, 2003):

$$l(x) = a + k \cdot b^x \quad \text{con} \quad 0 < b < 1, \quad a = -\frac{l(0) \cdot b^w}{1 - b^w}, \quad k = \frac{l(0)}{1 - b^w}$$

Se observa que la función de supervivencia es decreciente y convexa respecto a la edad, cuya fuerza de mortalidad es:

$$\mu(x) = -\frac{b^x \cdot \ln b}{b^x - b^w} = -\frac{\ln b}{b^{w-x} - 1}$$

#### *Ley Gompertz-Makeham*

William M. Makeham en 1860 incorporó a la fuerza de mortalidad calculada por Gompertz, las causas de muerte que no consideró este último. Esto es, Makeham enunció dos leyes de supervivencia. La primera ley considera la tasa instantánea de mortalidad: añade una constante arbitraria que representa la mortalidad accidental (azar) y es independiente de la edad,

a la fuerza de mortalidad de Gompertz (Mina, 2006). La segunda ley, se basa en la primera pero añade a la fuerza de mortalidad otro sumando proporcional a la edad (Sánchez y Medina, 2003).

La función de supervivencia de la primera ley tiene la siguiente forma:

$$l(x) = kS^{-x} D^{C \cdot x}$$

En este modelo, la fuerza de mortalidad es:

$$\mu(x) = BC^x + A$$

La fuerza de mortalidad de la segunda ley de Makeham se puede expresar como:

$$\mu(x) = A + Hx + BC^x$$

#### *Ley de Lazarus*

El actuario alemán W. Lazarus en 1867 propuso una ampliación del modelo de Makeham, diseñado para tratar de describir simultáneamente las mortalidades infantil y adulta. En este modelo se introduce otro término en la primera ley de Makeham para ampliar su ajuste en diferentes edades (Sánchez y Medina, 2003):

$$\mu(x) = -\frac{k_2}{k_1} + c \cdot e^{k_1 \cdot x} + d \cdot e^{k_d \cdot x} \quad \text{con } e^{k_d} < 1$$

La función de supervivencia es la siguiente:

$$l(x) = l(0) \cdot e^{\frac{c}{k_1} + \frac{d}{k_d}} \cdot e^{-\frac{c}{k_1} \cdot e^g} \cdot e^{-\frac{d}{k_d} \cdot e^h} \cdot e^{\frac{k_2}{k_1} \cdot x}$$

con  $g = k_1 \cdot x$ ,  $h = k_d \cdot x$ .

#### *Graduación paramétrica en todo el rango de edades. Principales estudios.*

El extenderse a todo el rango de edades, desde el primer año de vida al último posible, supone considerar funciones más flexibles; y no existen muchos intentos en esta dirección ya que

la solución más habitual lleva a dividir el rango de edades utilizando para cada rango una función adecuada (Sánchez y Medina, 2003).

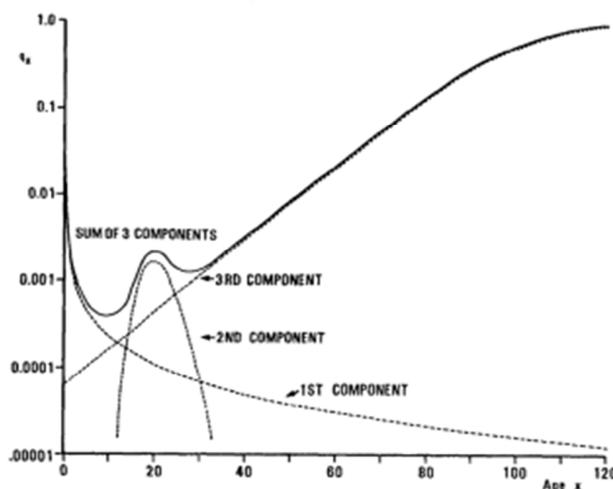
*Ley de Heligman y Pollard*

A continuación, se presenta la expresión formulada por Heligman y Pollard (1980), para ajustar las probabilidades de muerte  $q_x$ , casi un siglo después de que Thiele en 1872 formulara su función (previamente mencionada):

$$\frac{q_x}{1 - q_x} = A^{(x+B)^C} + De^{-E(\ln x - \ln F)^2} + GH^{(x-x_0)}$$

En este caso es una función continua y que toma valores entre cero y uno, se aplica a todo el rango de edades, tiene relativamente pocos parámetros, los cuales tienen una interpretación demográfica. Aún más, la curva es lo suficientemente flexible para ajustar una gran variedad de patrones de mortalidad. La fórmula matemática contiene tres términos, y cada uno de éstos representa un componente distinto de la mortalidad (Heligman y Pollard, 1980). Si bien el modelo es complejo y tiene una gran cantidad de parámetros, es bastante flexible lo cual es necesario para capturar la curvatura completa de la mortalidad y los cambios que pueda tener en el tiempo. La gráfica 10 muestra los tres componentes principales de la función.

**Gráfica 10 - Ley de mortalidad de Heligman y Pollard (1980)**



Fuente: Heligman y Pollard (1980)

El primer sumando de la función representa una exponencial de decrecimiento rápido que modela el descenso de mortalidad en la niñez y los primeros años de vida. El segundo sumando refleja, mediante una función similar a la lognormal, la mortalidad por accidentes para los hombres y la mortalidad materna para las mujeres en las edades jóvenes (generalmente presente entre las edades 15 a 49 años). El tercer sumando de la expresión, la exponencial de Gompertz, refleja el crecimiento casi geométrico de las edades adultas y se considera que representa el envejecimiento. Asimismo, el significado de los parámetros, lo explican los autores como (Heligman y Pollard, 1980): el parámetro A tiene un valor semejante al que toma la probabilidad de fallecimiento durante el primer año de vida y mide el nivel de la mortalidad; el parámetro C ajusta la tasa de disminución de la probabilidad de muerte en la infancia (entre mayor sea este valor, mayor es la disminución de la mortalidad conforme aumenta la edad); el parámetro B mide la localización de la mortalidad en el primer año de vida, teniendo efecto sólo a la edad de cero años; el parámetro D mide la severidad del aumento en mortalidad para individuos jóvenes debido a accidentes; el parámetro E representa la dispersión de este fenómeno; el parámetro F localiza el máximo del fenómeno mencionado; por otro lado, el parámetro G refleja el nivel base en la mortalidad en los adultos mayores; y finalmente, el parámetro H la tasa de incremento de la mortalidad en los adultos mayores. Los parámetros de la curva, los estiman mediante el método de mínimos cuadrados utilizando la iteración de Gauss-Newton.

### *Ley de Carriere*

Sea  $\psi_k$  para  $k=1, \dots, m$ , la probabilidad que una nueva vida deba morir por la causa  $k$  y sea  $s_k(x)$  la probabilidad de supervivencia hasta la edad  $x$  dado que debe morir por la causa  $k$ . Entonces, la función de supervivencia  $s(x)$  se puede expresar como una mezcla de  $s_1(x), \dots, s_m(x)$ . Esto es, la probabilidad de sobrevivir hasta la edad  $x > 0$  es

$$s(x) = \sum_{k=1}^m \psi_k s_k(x)$$

Donde

$$\psi_3 = 1 - \psi_1 - \psi_2$$

$$s_1(x) = \exp \left\{ - \left( \frac{x}{m_1} \right)^{m_1/\sigma_1} \right\}$$

$$s_2(x) = 1 - \exp \left\{ - \left( \frac{x}{m_2} \right)^{-m_2/\sigma_2} \right\}$$

$$s_3(x) = \exp \left\{ e^{\frac{-m_3}{\sigma_3}} - e^{\frac{(x-m_3)}{\sigma_3}} \right\}$$

Cabe notar que es un modelo con ocho parámetros con una clara interpretación cada uno. Por ejemplo,  $\psi_1$  es la probabilidad de que una nueva vida muera debido a una causa de muerte de la niñez;  $\psi_2$  es la probabilidad es la probabilidad de morir por causas en la adolescencia; y  $\psi_3$  es la probabilidad de morir por causas adultas. Más aun, los parámetros de localización y escala dan información estadística importante. Para estimar los parámetros, se investigaron ocho funciones de pérdida distintas para ver cual producía los mejores ajustes<sup>30</sup>.

Y dado que el autor demuestra que una mezcla de funciones de supervivencia es equivalente a un modelo de decrementos múltiples, eso implica que el modelo de Heligman y Pollard de 1980 se puede representar como una mezcla de funciones de supervivencia.

Posteriormente, Carriere (1992) argumenta que las funciones de supervivencia de valores extremos son modelos razonables para  $s_k(x)$ . En la discusión del trabajo asume que las causas de muerte se pueden categorizar de acuerdo a causas en la niñez, en la adolescencia y en adultos. La discusión proviene extensivamente de la teoría de la fiabilidad<sup>31</sup>.

Se ha observado en muchas investigaciones que en las edades adultas la ley de Gompertz ajusta de manera satisfactoria la ley de mortalidad, y utilizando la teoría de la fiabilidad Carriere (1992) argumenta que el modelo de Gompertz, resulta un modelo razonable. Esto es, bajo la ley de la fiabilidad se supone que el cuerpo humano se puede representar como una serie de sistemas de componentes independientes e idénticamente distribuidos. En este sistema la primera falla de un componente resulta en la muerte, y el tiempo a la muerte se distribuye de manera aproximada como una distribución extrema que puede tomar tres formas. Una de estas distribuciones es la Gumbel para mínimos, que es aproximadamente una función Gompertz (Carriere, 1992).

---

<sup>30</sup> Este análisis se encuentra detallado en Carriere (1992)

<sup>31</sup> Esta teoría de la Fiabilidad se expondrá más adelante

Otra distribución de valores extremos para mínimos es la distribución Weibull. En ciertos valores de parámetros la distribución Weibull tiene una fuerza de mortalidad decreciente, y por lo tanto puede ser un modelo plausible para modelar la mortalidad en las edades jóvenes cuando las tasas de mortalidad están disminuyendo. Otras distribuciones de valores extremos son la Weibull Inversa y la Gumbel para máximos (que es aproximadamente una distribución Gompertz Inversa). Estas distribuciones crecen en un sistema paralelo de componentes independientes e idénticamente distribuidos (Carriere, 1992). Este sistema quiebra si todos los componentes fallan y la distribución aproximada del tiempo de falla puede tomar distintas formas, incluyendo la distribución Gumbel para máximos y la Weibull Inversa.

Carriere (1992) presenta también las funciones Gompertz, Gompertz Inversa, Weibull y Weibull Inversa, en su forma como funciones de supervivencia.

#### *Función de supervivencia Gompertz*

El modelo propuesto por Benjamín Gompertz en 1825, se apoya en las dos causas generales de muerte: la casualidad y la creciente incapacidad del hombre para resistir la muerte. Las causas biológicas fueron consideradas por Gompertz, dejando de considerar las causas fortuitas. Así, la hipótesis de Gompertz quedó planteada de la siguiente manera: La resistencia que tiene el hombre para evitar la muerte disminuye a una tasa proporcional a ella misma, en el tiempo (Mina, 2001).

La Ley de Gompertz tiene una parametrización  $\mu_x = BC^x$ , pero se puede describir como:

$$\mu_x = \frac{1}{\sigma} \exp\left\{\frac{x-m}{\sigma}\right\}$$

Donde  $C = \exp\left\{\frac{1}{\sigma}\right\}$  y  $B = \frac{\exp\left\{\frac{-m}{\sigma}\right\}}{\sigma}$ .

Se dice que en muchas poblaciones  $B > 0$  se incrementa siempre que  $C > 0$  disminuye. En esta parametrización, esta propiedad se presenta siempre que  $m > \sigma$ .

Entonces la función de supervivencia Gompertz es

$$s(x) = \exp \left\{ e^{-\frac{m}{\sigma}} - e^{-\frac{(x-m)}{\sigma}} \right\}$$

Y la función de densidad es

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp \left\{ \frac{x-m}{\sigma} + e^{-\frac{m}{\sigma}} - e^{-\frac{(x-m)}{\sigma}} \right\}$$

Donde  $m$  es la moda de la distribución y  $\sigma$  es una medida de dispersión alrededor de  $m$ .

#### *Función de supervivencia Gompertz Inversa*

La función de supervivencia de este modelo es

$$s(x) = \left( 1 - \exp \left\{ -e^{-\frac{(x-m)}{\sigma}} \right\} \right) / \left( 1 - \exp \left\{ -e^{-\frac{m}{\sigma}} \right\} \right)$$

Y la función de densidad es

$$f(x) = \left( \frac{1}{\sigma} \exp \left\{ -\frac{x-m}{\sigma} - e^{-\frac{(x-m)}{\sigma}} \right\} \right) / \left( 1 - \exp \left\{ -e^{-\frac{m}{\sigma}} \right\} \right)$$

En esta parametrización  $m > 0$  es una medida de localización debido a que es la moda de la función de densidad, mientras  $\sigma > 0$  representa su dispersión alrededor de la moda. La fuerza de mortalidad se expresa como:

$$\mu(x) = \left( \frac{1}{\sigma} \exp \left\{ -\frac{x-m}{\sigma} \right\} \right) / \left( \exp \left\{ e^{-\frac{(x-m)}{\sigma}} \right\} - 1 \right)$$

#### *Función de supervivencia Weibull*

Otra función de supervivencia es la Weibull, cuya parametrización es la siguiente:

$$s(x) = \exp \left\{ - \left( \frac{x}{m} \right)^{m/\sigma} \right\}$$

En esta parametrización  $m > 0$  es un parámetro de ubicación, y  $\sigma > 0$  es un parámetro de dispersión. La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \left( \frac{x}{m} \right)^{\frac{m}{\sigma}-1} \exp \left\{ - \left( \frac{x}{m} \right)^{m/\sigma} \right\}$$

Y la fuerza de mortalidad es en este caso:

$$\mu(x) = \frac{1}{\sigma} \left( \frac{x}{m} \right)^{\frac{m}{\sigma}-1}$$

#### *Función de supervivencia Weibull Inversa*

La función de supervivencia de este modelo es

$$s(x) = 1 - \exp \left\{ - \left( \frac{x}{m} \right)^{-m/\sigma} \right\}$$

La función de densidad del modelo es

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \left( \frac{x}{m} \right)^{\frac{m}{\sigma}-1} \exp \left\{ - \left( \frac{x}{m} \right)^{-m/\sigma} \right\}$$

Y la fuerza de mortalidad en este caso es:

$$\mu(x) = \left( \frac{1}{\sigma} \left( \frac{x}{m} \right)^{\frac{m}{\sigma}-1} \right) / \left( \exp \left\{ \left( \frac{x}{m} \right)^{-m/\sigma} \right\} - 1 \right)$$

En esta parametrización  $m > 0$  es una medida de ubicación, y  $\sigma > 0$  es una medida de dispersión. Esta función Weibull Inversa es útil para modelar los años de la adolescencia debido a que el logaritmo de la fuerza de mortalidad es una función cóncava.

### 3.4.7. Splines

Un spline es una función definida por una familia de polinomios “sociables”, donde el término sociable se utiliza para indicar que los polinomios que constituyen una función spline están estrechamente vinculados (Barrera et al., 1996). Esta palabra se debe a un instrumento que utilizaban los ingenieros navales para dibujar curvas suaves, forzadas a pasar por un conjunto de puntos prefijados. En esta investigación se intentará ajustar los datos de defunciones por medio de splines cúbicos. Estos son funciones  $f$  formadas por secciones de polinomios cúbicos, por lo que van a tener la forma  $P(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$ , los cuales se unen con la mayor suavidad posible (sin que  $f$  sea necesariamente un polinomio único) (Barrera et al., 1996). En este caso se debe exigir que cada polinomio  $P_i(x)$  del spline cúbico satisfaga las siguientes condiciones:

$$P_i(x_i) = g_i \quad P_i(x_{i+1}) = g_{i+1}$$

$$P_i'(x_i) = s_i \quad P_i'(x_{i+1}) = s_{i+1}$$

Donde

$g_i$  es el valor de la función  $g$

$s_i$  es el valor de la primera derivada de  $g$  en un conjunto de puntos  $\{x_i\}$ , con  $i = 1, \dots, n$ .

Si se cumple esto, independientemente del valor de  $s_i$ , la función  $f$  definida por  $P_i(x)$  en cada intervalo  $[x_i, x_{i+1}]$  es continuamente diferenciable. Por lo tanto, para que  $f$  sea un spline basta tomar los  $s_i$  de modo que  $f''$  sea continua. Como  $f$  está formada por secciones de polinomios cúbicos, los únicos puntos posibles de discontinuidad de  $f''$  son los puntos  $x_i$  donde se empatan dos polinomios cúbicos. La continuidad de  $f''$  es equivalente a exigir que:

$$f''(x_i^-) = f''(x_i^+) \text{ con } i = 2, \dots, n-1$$

Entonces después de un desarrollo que se presenta en Barrera y colaboradores (2006), las  $s_i$  deben de satisfacer las siguientes ecuaciones:

$$a_i s_{i-1} + d_i s_i + (1 - a_i) s_{i+1} = b_i \quad i = 2, \dots, n-1$$

Donde

$$d_i = 2$$

$$a_i = \frac{\Delta x_i}{\Delta x_{i-1} + \Delta x_i} \text{ con } \Delta x_i = x_{i+1} - x_i$$

$$b_i = 3 \left[ \frac{\Delta x_i}{\Delta x_{i-1}} \frac{g_i - g_{i-1}}{\Delta x_{i-1} + \Delta x_i} + \frac{\Delta x_{i-1}}{\Delta x_i} \frac{g_{i+1} - g_i}{\Delta x_{i-1} + \Delta x_i} \right]$$

Suponiendo que  $s_1$  y  $s_n$  se eligen de alguna manera, tenemos un sistema de  $n-2$  ecuaciones lineales para calcular las  $n-2$  incógnitas  $s_2, \dots, s_{n-1}$ . Entonces para obtener el valor de las incógnitas es necesario resolver el sistema de ecuaciones, el cual tiene una sola solución y puede resolverse por el método de eliminación de Gauss sin pivoteo<sup>32</sup>. Por su lado, los parámetros  $s_1$  y  $s_n$  dependen de las condiciones que se impongan en la frontera. En general existen tres tipos de condiciones.

La primera condición, y que da pie al *spline cúbico completo*, se deriva de que se conoce de antemano el valor de  $g'$  en  $x_1$  y  $x_n$ , por lo que resulta normal tomar  $s_1 = g'(x_1)$  y  $s_n = g'(x_n)$ . En ese caso el spline no solo interpola a  $g$  en los puntos  $x_1, \dots, x_n$ , sino que también interpola a  $g'$  en  $x_1$  y  $x_n$ .

La segunda condición consiste en elegir que la segunda derivada del spline en los extremos sea cero. Esto es, que  $f''(x_1) = f''(x_n) = 0$ . Las ecuaciones a las que da lugar esta

---

<sup>32</sup> La explicación y solución de este tipo de sistemas se puede ver en Barrera et al., (1996)

condición se pueden ver en Barrera y colaboradores, (1996). Este tipo de spline se conoce como *spline cúbico natural*. Los autores mencionan que desde cierto punto de vista, éste tipo no es muy recomendable ya que la imposición arbitraria de las segundas derivadas puede provocar que cerca de los extremos  $x_1$  y  $x_n$  el error aumenta.

La tercera condición se da cuando no se tiene conocimiento sobre las derivadas de  $g$  en los extremos, entonces se eligen  $s_1$  y  $s_n$  de tal manera que  $P_1$  coincida idénticamente con  $P_2$  y que  $P_{n-1}$  coincida con  $P_{n-2}$ . En otras palabras se trata de escoger  $s_1$  y  $s_n$  de modo que los puntos  $x_2$  y  $x_{n-1}$  no sean puntos de ruptura<sup>33</sup>.

En esta investigación se van a elegir la tercera condición para la elección de los parámetros  $s_1$  y  $s_n$ , dado que no se tiene conocimiento sobre la función  $g$ . Barrera y colaboradores, (1996) mencionan esta situación, de que en la práctica no se dispone de la información sobre la primera derivada de la función, puesto que los datos se han obtenido a partir de los registros administrativos.

---

<sup>33</sup> El desarrollo para encontrar el spline se puede ver en Barrera et al., (1996).



## ***Capítulo IV***

### **Fuentes de Datos, Análisis Exploratorio de Datos y Estructuras por edad de las defunciones.**

Este capítulo tiene como objetivo enunciar las fuentes de datos de las cuales se obtuvieron los datos de mortalidad que serán utilizadas para realizar el análisis de la investigación. Previamente se realizará un análisis exploratorio de los datos, dado que es conocido que la información proveniente de estadísticas vitales puede presentar ciertos problemas. También, se analizan las tasas específicas de mortalidad y las probabilidades de muerte para ver el comportamiento que presentan a lo largo del periodo de estudio. Por tanto, el capítulo se divide en tres partes: en la primera parte, se mencionan las principales fuentes de información; en la segunda, se presentan los resultados de la evaluación en la declaración de edad de las defunciones; y en la tercera, se analizan las tasas de mortalidad y las probabilidades.

#### **4.1. Fuentes de Información y Datos a Utilizar**

Además de aportar información demográfica básica como edad, sexo, lugar de ocurrencia de la defunción y lugar de residencia habitual de quien ha fallecido, las estadísticas de mortalidad en México registran la causa de muerte correspondiente (Cárdenas, 2001). Por ello, los datos a utilizar para esta investigación se van a obtener de las estadísticas sobre mortalidad proporcionadas por el INEGI para los años 1979 a 2008, consiguiéndolas por causa de muerte, edad, sexo, por lugar y fecha de registro.

Los datos se van a obtener para las distintas causas de muerte incluidas en el análisis. Asimismo, es necesario que las defunciones estén clasificadas por grupo de edad, no sólo para analizar su comportamiento en las distintas etapas del ciclo de vida, sino también, para realizar el ajuste de diferentes funciones en los grupos de edad. Del mismo modo, es indispensable distinguir la mortalidad femenina de la masculina, ya que cada grupo registra características propias, debido principalmente, a una diferenciación biológica y cultural: la mujer es biológicamente más fuerte, menos propensa a sufrir accidentes y, en general, adopta menos conductas riesgosas que ocasionen situaciones violentas donde arriesgue la vida. De la misma

forma, para el cálculo de las tasas específicas de mortalidad, así como de tablas de vida (con la finalidad de obtener la esperanza de vida de la población), se van a utilizar datos de la población media a nivel nacional para cada uno de los años que abarca el estudio.

Cabe resaltar que la precisión de las estimaciones demográficas, y en consecuencia, las conclusiones que se desprenden de ellas, pueden verse seriamente afectadas por la calidad de los datos en los que se apoyan (García y Garma, 1988). La demografía se basa en la información derivada del registro de sucesos, la calidad de estos últimos depende, en gran parte, de las técnicas y los procedimientos utilizados para su recolección. Los datos provenientes de las estadísticas vitales en México están sujetos a diversas deficiencias que surgen de la falta de uniformidad en las definiciones por ejemplo: la equivocación o ignorancia de la persona que declara el hecho, la falta de habilidad o cuidado del personal que efectúa el registro, o ambos, ocasionando que muertes fetales sean asentadas como infantiles; que casos de pequeños que viven escasas horas, no sean registrados ni como nacidos vivos, ni como muertes infantiles, pero sí como muertes fetales (García y Garma, 1988).

Otro problema que pueden tener las estadísticas vitales es errores de omisión. El subregistro es atribuible a diversos factores como fallas en la transcripción de los datos, ilegibilidad de las anotaciones o incluso ausencia de registro. Asimismo, el registro de estadísticas vitales se ve afectado por que hay regiones del país poco accesibles, lo que trae como consecuencia una cobertura inadecuada del Registro Civil. En diversos estudios se ha intentado medir el grado de omisión de las estadísticas de mortalidad y en general, se tiene el consenso de que el reporte de defunciones correspondientes a niños cuyo fallecimiento ocurrió durante los primeros días de vida, es incompleto (García y Garma, 1988).

Por otro lado, el estudio de las causas de muerte es una herramienta de gran importancia en el análisis de la evolución de la mortalidad. Respecto a esto, García y Garma (1988) menciona que la OMS pone de manifiesto que los diferentes niveles de mortalidad están relacionados con distintas modalidades de causa de muerte. La mayor dificultad para llevar a cabo este tipo de estudios, es que se debe clasificar el enorme número de términos médicos que aparecen anotados en los certificados de defunción. Entonces, para promover la comparabilidad internacional de las estadísticas de defunciones, se creó la CIE (expuesta previamente).

A pesar de que la causa de defunción reviste primordial importancia en el estudio de la mortalidad, el estudio de su comportamiento estadístico se dificulta por varias razones, entre las

que García y Garma (1988) destaca: a pesar de que la ley establece que para registrar una muerte es requisito indispensable el certificado de defunción, existen algunos reportes de defunciones que no llegan a cumplirlo; en ocasiones se desconoce el proceso de enfermedad que provocó la muerte del individuo, por lo que el médico que certifica la defunción, al llenar el certificado de defunción, se ve obligado a registrar como desconocida la causa de muerte; un último inconveniente surge cuando dos o más causas son registradas en el certificado de defunción.

Entonces, es necesario evaluar la calidad de los datos del registro civil de forma constante. Camposortega (1992) menciona que se han obtenido ciertas conclusiones al respecto:

- i) Existen problemas de cobertura, sobre todo en lo que respecta a estadísticas de defunciones y, particularmente en las zonas rurales y para defunciones infantiles.
- ii) En general, el registro de los nacimientos es más completo que el de defunciones.
- iii) El registro de nacimientos sufre un retraso considerable, lo cual se puede relacionar con factores culturales de la población, en el sentido que carece de incentivos para registrar estos hechos.
- iv) El subregistro de defunciones infantiles se ha mantenido en niveles elevados, aunque con una tendencia a disminuir. Este subregistro está relacionado principalmente con las características geográficas del territorio nacional y la dispersión de ciertos asentamientos.

A pesar de los distintos problemas que tiene este tipo de datos, entre los que se destacan problemas de cobertura y subregistro de defunciones infantiles, se considera que, en fechas recientes, ha habido un aumento en la confiabilidad de los datos provenientes de estos registros administrativos, debido al comportamiento de algunas de las variables contenidas en los certificados de defunción (Cárdenas, 2001).

Cabe mencionar que, en cuanto al grupo de los *No especificados* se observó que representan menos del 1% de los datos de las defunciones del país, tanto para cada causa, como por sexo, por lo cual se cree que no afectan los niveles del impacto de las causas de muerte en el análisis y por lo tanto, no se consideró necesario prorratearlos.

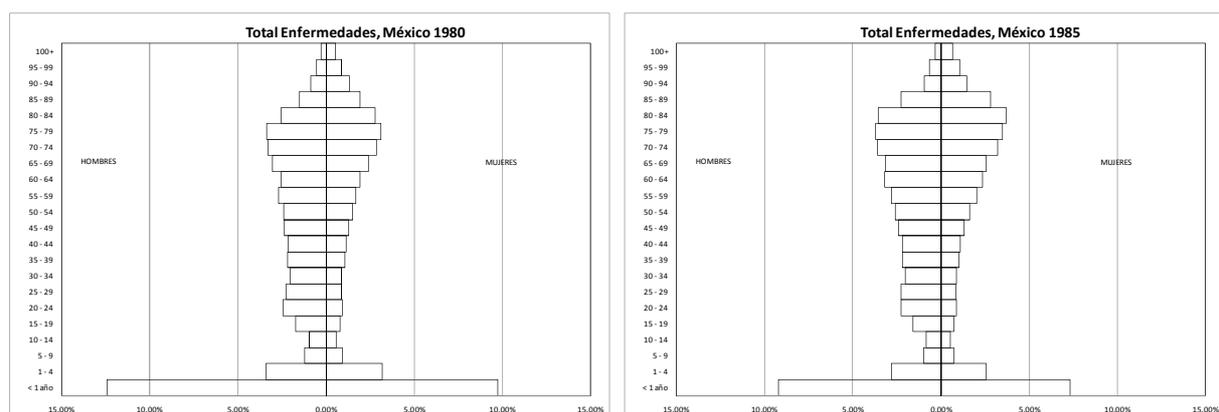
## 4.2. Evaluación de la Calidad de Datos de Defunciones

Debido a los problemas previamente mencionados respecto a la calidad de los datos provenientes de los registros administrativos, se realiza un análisis de la calidad de los mismos mediante histogramas de las defunciones (pirámides de defunciones), así como de los principales índices (índice de Whipple y de Myers) para verificar una correcta declaración de la edad de las defunciones (o la preferencia hacia algún dígito en particular). Asimismo, se estudian diversos indicadores de tendencia de las estructuras por edad de las defunciones.

### 4.2.1. Histogramas de defunciones

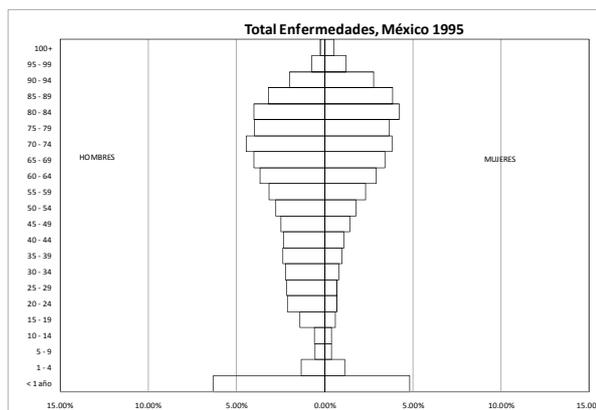
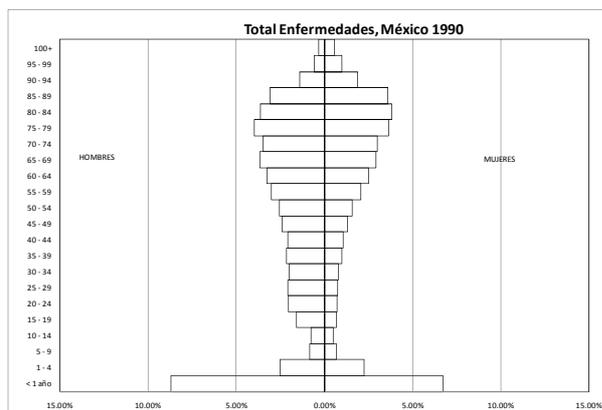
A continuación se presentan los histogramas de las defunciones para los años 1980, 1985, 1990, 1995, 2000 y 2005<sup>34</sup>. Estos se realizaron tanto para el total de defunciones a nivel nacional, como para las distintas causas de muerte que se incluyen en este estudio. Este tipo de análisis se realiza con la intención de comparar gráficamente la estructura (por edad y sexo) de las defunciones y así identificar si existe algún error en la información; asimismo, los histogramas proporcionan un panorama sobre las edades a partir de las cuales, las distintas causas de muerte comienzan a afectar a la población de manera significativa; y además, permiten realizar comparaciones por edad y sexo del nivel de la mortalidad en el tiempo.

**Gráfica 11 - Histogramas de defunciones: Total de Enfermedades 1980-2005**

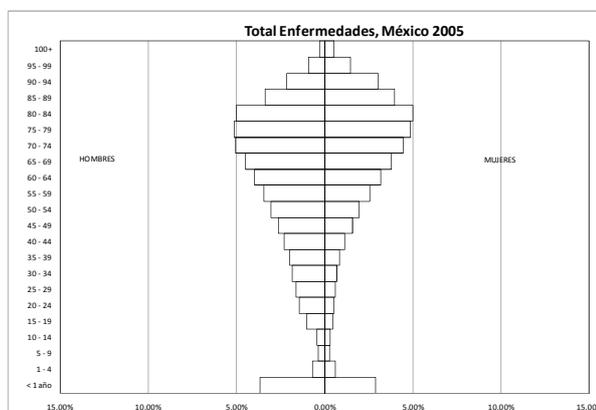
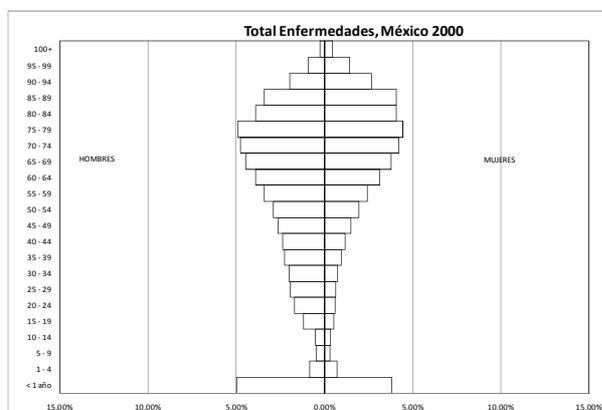


Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).

<sup>34</sup> Se presentan solamente estos años, por razones de espacio y porque los cambios no se perciben del todo de un año a otro. El resto de las pirámides de defunciones se presentan en el Anexo X.



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).



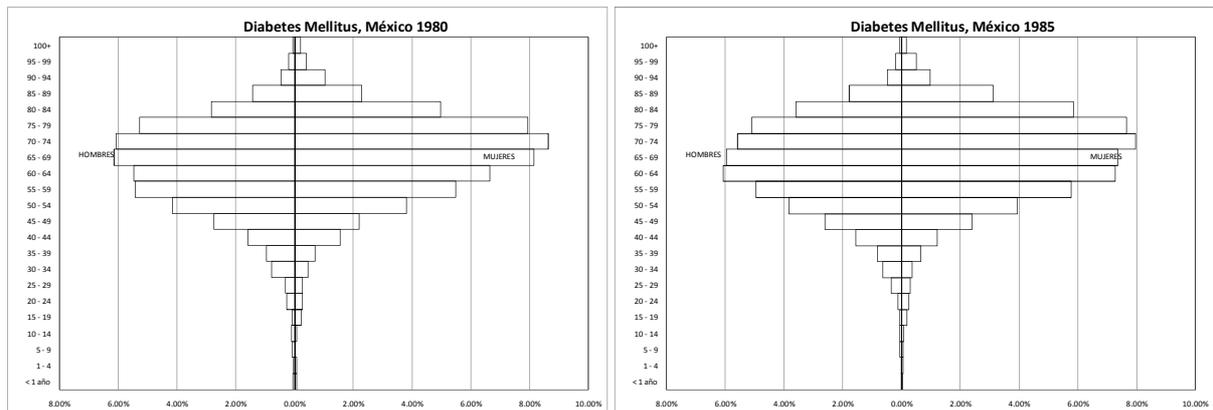
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).

Como se puede observar, para *el total de defunciones* en el país existe, una sobremortalidad masculina en la mayoría de los grupos de edad (hasta los 80 años aproximadamente), en todos los años que abarca el estudio; además, en los grupos de edad donde se vuelve mayor esta diferencia es en los grupos de edad entre los 20 y 40 años, debido a muertes por accidentes y lesiones, principalmente. A partir de los 80 años la mortalidad femenina supera a la masculina.

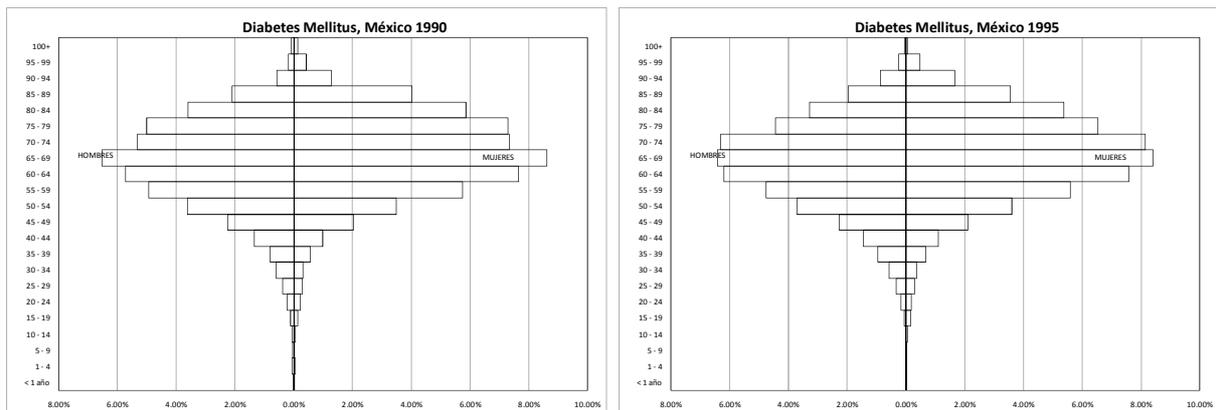
La forma de las pirámides ha ido modificándose de tener una base muy amplia (es decir, una alta mortalidad infantil y de la niñez) con una distribución relativamente uniforme en las demás edades en los primeros periodos, a tener una base cada vez menor; lo cual refleja la disminución de la mortalidad infantil y de la niñez que se ha presentado en México en los últimos 30 años; y un ensanchamiento de la pirámide en las edades mayores, especialmente a

partir de los 60 años, lo que refleja el paulatino incremento de la esperanza de vida en el país. Del mismo modo, la menor mortalidad se observa entre los 5 y 14 años, para ambos sexos.

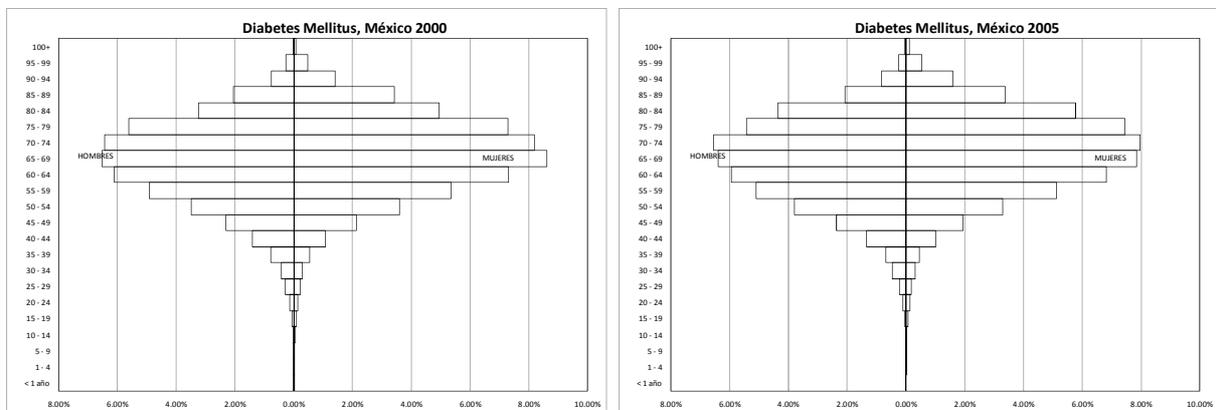
### Gráfica 12 - Histogramas de defunciones: Diabetes Mellitus 1980-2005



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).



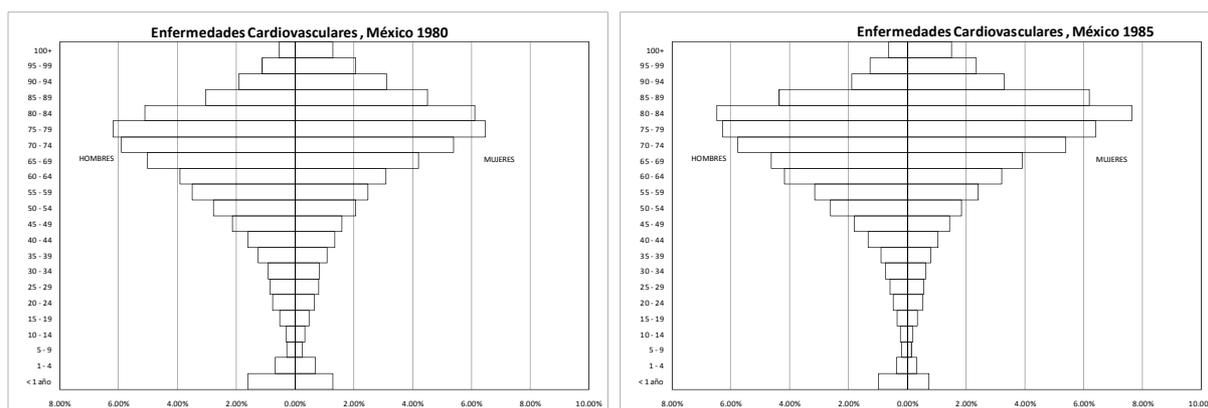
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).



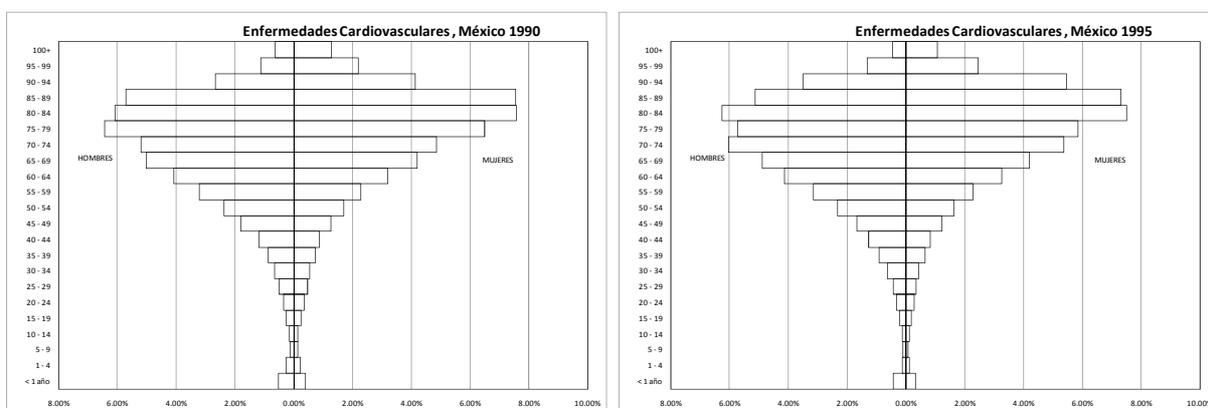
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).

Para la estructura por edad de la *diabetes mellitus* se puede observar que el mayor número de muertes por esta causa se presenta en los grupos de edad de 55 a 79 años. Esta estructura no sufre grandes modificaciones a lo largo del tiempo. En cuanto a las edades más jóvenes (menores a 30 años), el número de defunciones por esta causa es relativamente bajo. A partir de esa edad, hasta los 50 años (aproximadamente) el número de defunciones comienza a incrementarse, con una mayor prevalencia para los hombres que para las mujeres. De los 55 años en adelante, el número de defunciones es mayor para las mujeres que para los hombres en todos los años de estudio. Asimismo, el grupo de edad con el mayor número de defunciones, se alterna entre los grupos de edad de 65 a 69 y 70 a 74 años.

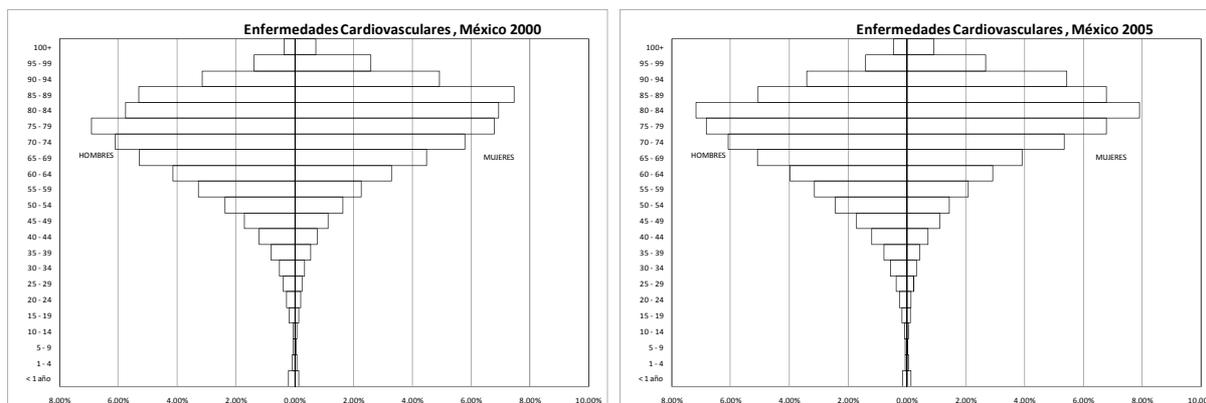
**Gráfica 13 - Histogramas de defunciones: Enfermedades Cardiovasculares 1980 - 2005**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).

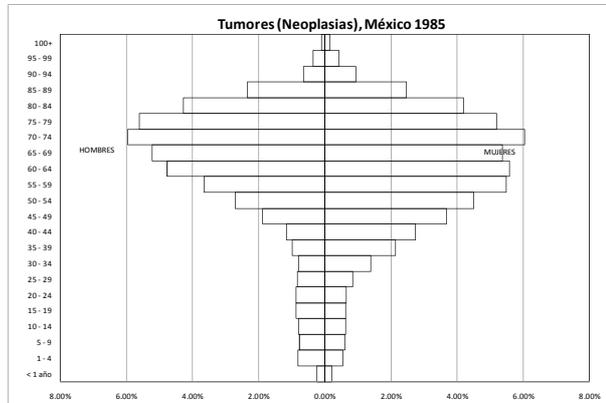
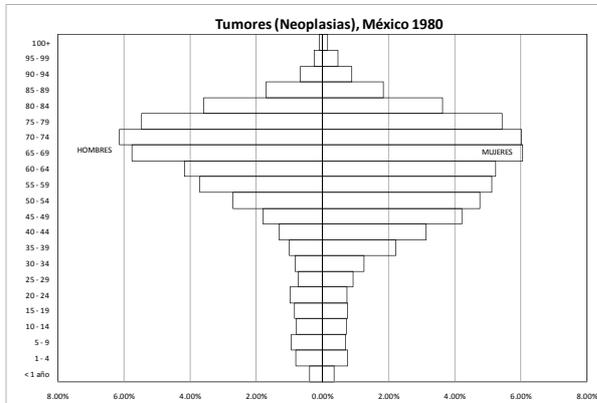


Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).

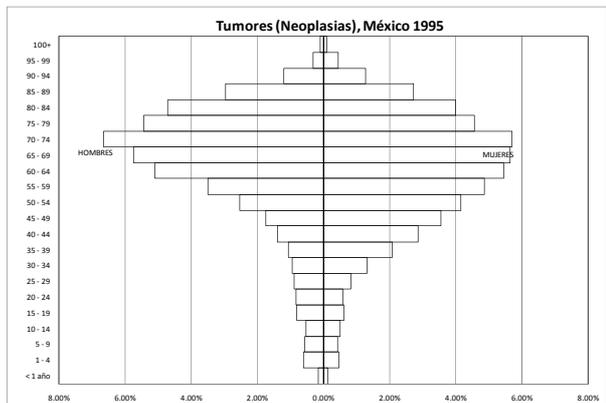
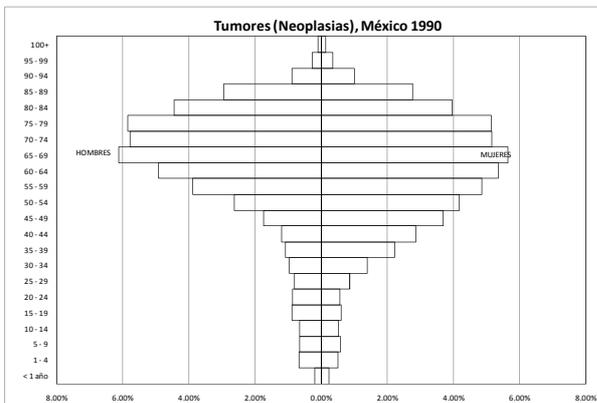
Del mismo modo, las *enfermedades cardiovasculares* presentan una estructura por edad que está caracterizada por un alto número de defunciones en edades mayores (a partir de los 70 años principalmente), y una base angosta. La distribución de las muertes por esta causa comienza a ser mayor a un 2% a partir de los 50 años. Llama la atención que en todas las edades menores a 60 años, se presentó una disminución paulatina del número de defunciones por esta causa a lo largo del periodo, aunque en diferentes montos, siendo menor la disminución en los grupos de edad de 50 a 54 y 55 a 59 años.

Esto se observa tanto para hombres como para mujeres. De forma contraria, a partir de 70 años en adelante y para ambos sexos, ha existido un aumento paulatino del nivel de la mortalidad por esta causa en la población (con los mayores niveles alcanzados en los grupos de edad de 75 a 79 y 80 a 84 años). Los grupos de edad de 60 a 64 y 65 a 69 años para ambos sexos presentan un comportamiento que se podría describir como errático, esto es, para ciertos años presentan un incremento en su participación dentro de la estructura por edad de las defunciones, pero en otros presentan disminuciones.

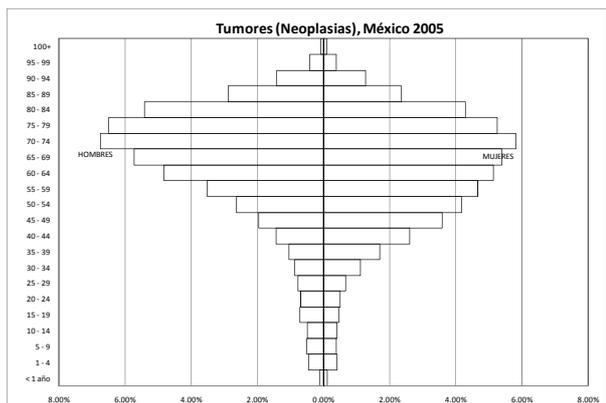
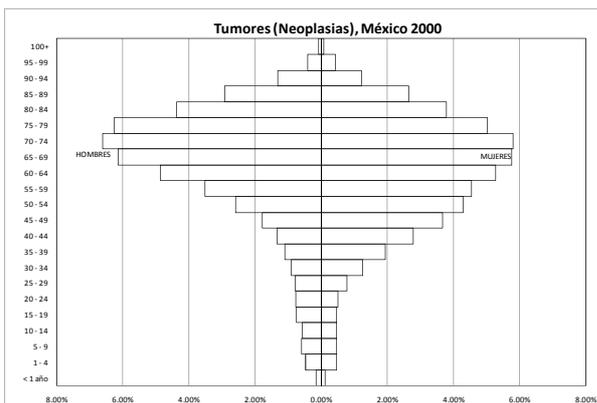
## Gráfica 14 - Histogramas de defunciones: Tumores (Neoplasias) 1980 - 2005



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).

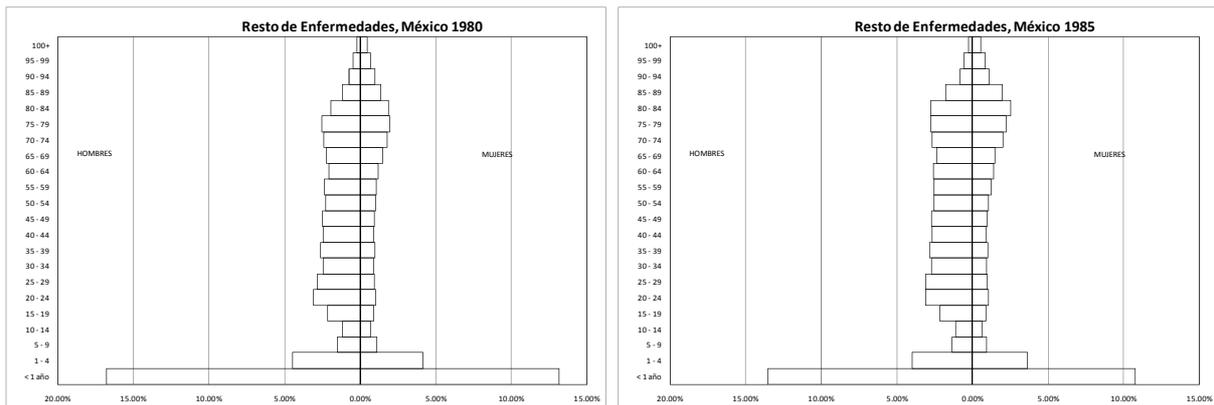


Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).

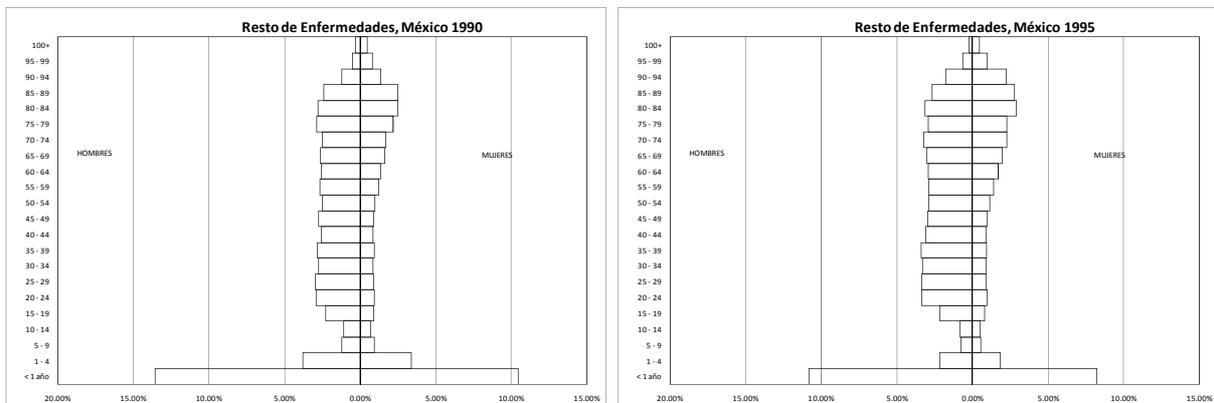
En cuanto a los *tumores (neoplasias)*, se observa que tienen una estructura que no se ha modificado de manera significativa en el tiempo. Otra cuestión interesante es que en las edades

menores a 30 años el número de defunciones masculinas es ligeramente mayor al de defunciones femeninas, y se ha presentado una pequeña disminución en el porcentaje de defunciones de estas edades a lo largo del periodo de estudio. Entre los 30 y los 64 años el número de defunciones fue mayor para las mujeres que para los hombres durante todo el periodo y se ha presentado también una ligera disminución de los niveles de la mortalidad por esta causa. Después de los 65 años, la mortalidad masculina supera a la femenina en esta causa; y además, se presenta un incremento en cuanto al número de defunciones por esta causa para ambos sexos especialmente en los grupos de edades entre los 75 y 89 años. Cabe mencionar que los incrementos que se mencionaron previamente, no siguieron un crecimiento constante, ya que se dieron aumentos de un año a otro y después disminuciones entre diferentes años.

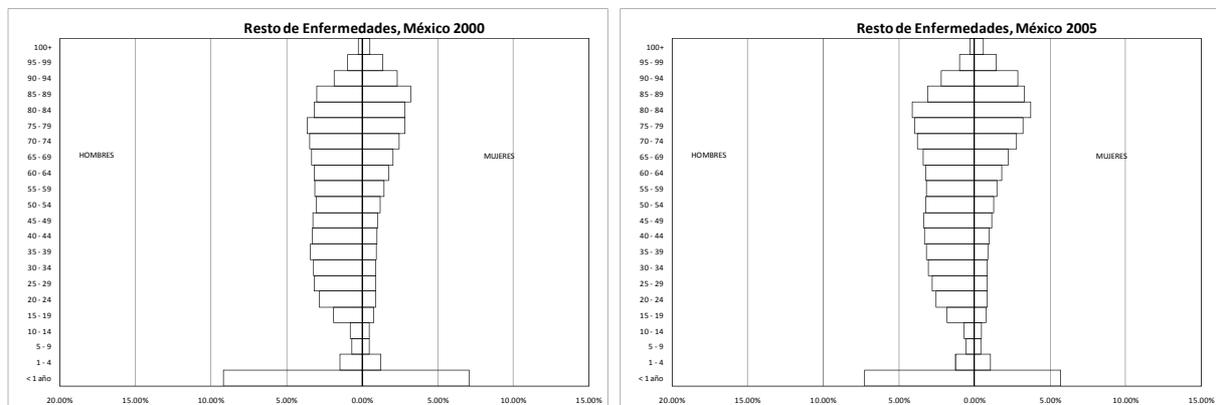
**Gráfica 15 - Histogramas de defunciones: Resto de Enfermedades 1980 - 2005**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (1979 a 2008).

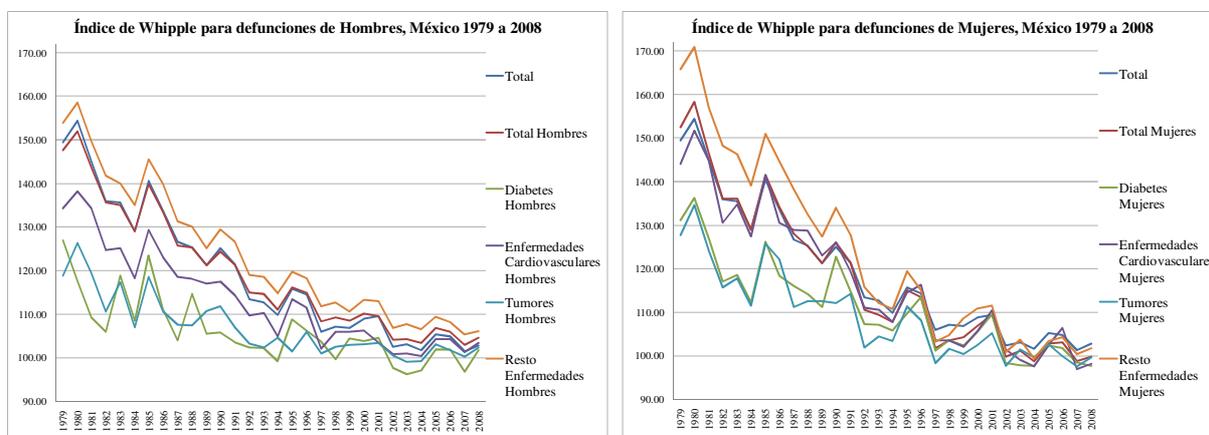
También, para el *resto de las causas de muerte*, se observa que la estructura por defunciones para todas las demás causas presenta una distribución con una base amplia (especialmente en los primeros años del estudio) y una distribución porcentual similar entre el resto de las edades. Esta estructura a lo largo del tiempo ha tendido a disminuir en su base de manera paulatina, mientras que se presenta un ensanchamiento de la distribución de muertes en las demás edades, especialmente en las mayores a 50 años, lo cual corrobora el paulatino incremento de la esperanza de vida en el país, puesto que un gran número de defunciones por distintas causas se trasladan a edades cada vez mayores.

#### 4.2.2. Índice de Whipple

Como se mencionó previamente, con este índice se quiere evaluar la declaración de edad en los dígitos 0 y 5 midiendo el nivel de atracción que ejercen éstos en las edades de las defunciones reportadas. La hipótesis del índice habla de que debe existir una linealidad en la población, en este caso en particular, de las defunciones.

Se calculó su valor para los años 1979 a 2008, a nivel nacional, para el total de defunciones en hombre y mujeres, y para cada una de las causas de muerte contempladas en esta investigación (gráfica 16).

**Gráfica 16 - Índice de Whipple para defunciones, México 1979 a 2008**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Para el *total de enfermedades*, el año donde se presentó la peor declaración de edades es en 1980, y bajo el criterio de las Naciones Unidas (NU)<sup>35</sup>, la calidad de la información es mala. Sin embargo, la declaración de edades mejoró de manera paulatina, es decir, el valor del índice disminuyó a lo largo del periodo de estudio. Cabe mencionar que a partir de 1991, el índice entra en el criterio de información de calidad aproximada, a partir de 1997 la calidad se vuelve relativamente precisa y a partir del 2002, la declaración de la edad en cuanto a defunciones se vuelve muy precisa. Es interesante mencionar que cada 5 años (en 1980, 1985, 1990, 1995, 2000 y 2005) existió un incremento del índice, para después continuar con el descenso al año siguiente.

Asimismo, para el *total de enfermedades* por sexo sucede una situación similar que para el total de defunciones. Esto es, la peor declaración de edad en defunciones se dio en 1980 con una calidad de la información mala; y lo mismo sucedió para las mujeres. También, para ambos sexos se puede observar el mismo patrón de disminución paulatina de los valores del índice. Donde sí se observa una pequeña diferencia entre los sexos, es en el año donde la información pasa a tener un nivel aproximado, ya que para los hombres éste se presenta en 1989 (en el caso del total de defunciones era en 1991) y para las mujeres este valor se alcanza en 1991. Al igual que en el caso anterior, para los hombres y mujeres a partir de 1997 la calidad se vuelve relativamente precisa. Finalmente, para los hombres la información se vuelve muy precisa en el

<sup>35</sup> Véase Índice de Whipple en el Capítulo III.

periodo entre 2002 y 2004, y en 2007 y 2008 mientras que para las mujeres se presenta un fenómeno distinto debido a que se alcanza un nivel menor a 100 en los años de 2002, 2004 y 2007 y 2008, lo cual nos habla de cierta repulsión hacia los dígitos 0 y 5 en esos años.

Del mismo modo, para la *Diabetes* la declaración de edad en los hombres, al igual que en las mujeres tiene un camino sin una tendencia definida. Sin embargo, a pesar de presentar altibajos en el nivel del índice se observa una tendencia de mejor declaración de edades para esta causa de muerte a medida que pasa el tiempo, con varios años en los cuales el índice desciende de un nivel de 100, especialmente para hombres, lo cual nos habla de cierto rechazo hacia los dígitos 0 y 5.

Para *enfermedades cardiovasculares*, tanto en hombres, como en mujeres la declaración de edad tiene cierta tendencia a mejorar, lo cual se refleja en la disminución del índice. Cabe mencionar que para los hombres el índice no toma valores menores a 100, pero para mujeres sí lo hace en cuatro ocasiones, reflejando cierta repulsión hacia esos dígitos.

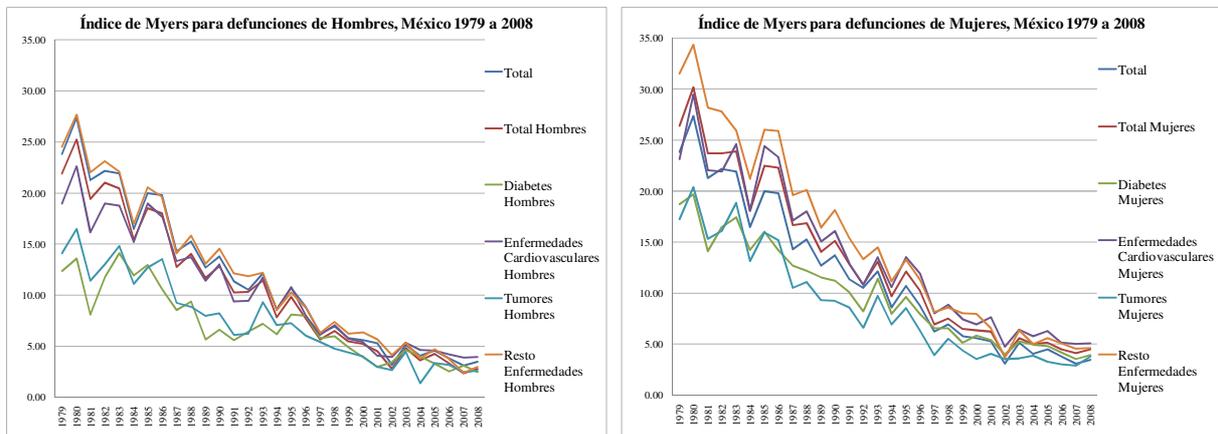
En cuanto a *tumores (neoplasias)* ambos sexos presentan un patrón similar a las causas de muerte anteriores, esto es, comienzan en niveles relativamente elevados del índice, pero con el paso del tiempo tienden a disminuir, aunque lo hagan de forma variable (con altibajos). En esta causa de muerte, para los hombres se puede observar que el mayor nivel del índice se alcanza en 1980 y a partir de 1996, el índice para hombres alcanza un nivel de muy preciso. En cambio para mujeres, el patrón de este índice es un poco más errático. Su nivel máximo lo alcanzan también en 1980 y después de 1997 se encuentra en niveles muy precisos. Para las mujeres, también se presentan años (cinco) en los cuales el índice toma valores menores a 100.

Finalmente, para el *resto de las causas de muerte* se puede observar que el comportamiento entre hombres y mujeres es similar, debido a que al igual que en las causas anteriores, se presenta un paulatino descenso de los niveles de este indicador. El máximo valor de ambas series se logra en el año 1980, año en el cual comienzan a disminuir dentro del rango de información mala, hasta que en 1993, el valor del índice se sitúa en información de calidad aproximada. A partir de ese año, el comportamiento del índice para los hombres se mantiene en ese nivel hasta el 2001, disminuyendo posteriormente al nivel de relativamente preciso; y para las mujeres lo hace hasta 1996 alcanzando el nivel de muy preciso.

### 4.2.3. Índice de Myers

Ahora bien, este índice se calculó debido a que, como se mencionó previamente, permite analizar la preferencia en la declaración de edad por dígito individual, así como el nivel de atracción general. Esto se realizó para poder comparar los resultados encontrados con el Índice de Whipple que solamente contempla la atracción o rechazo por dos dígitos. Este índice se basa también en la hipótesis de linealidad de la población, y para cada dígito la participación proporcional de población (defunciones en este caso) debería de ser del 10%. A continuación se presentan los resultados del índice para la atracción general.

**Gráfica 17 – Índice de Myers para defunciones, México 1979 a 2008**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

A partir de la gráfica 17 se puede observar que para el *total de enfermedades*, el índice de Myers muestra una tendencia a disminuir, al igual que con el índice de Whipple. Asimismo, el año en el cual presenta la mayor atracción es 1980 (al igual que en el caso Whipple) con un criterio de atracción alto<sup>36</sup>. No es sino hasta 1989, cuando el índice desciende hasta el criterio de atracción general media. A partir de ese año, el índice continúa descendiendo, hasta que en 2002, alcanza el rango de atracción baja, mostrando (al igual que con el índice de Whipple) que el registro de defunciones presentó poco a poco una menor preferencia por dígitos.

Asimismo, para el *total de defunciones* para hombres y mujeres sucede un fenómeno similar que para el total de ambos sexos conjuntamente. El valor máximo del índice lo alcanzan

<sup>36</sup> Los criterios se expusieron en el Capítulo III.

en el año 1980 y ambos sexos muestran una tendencia a disminuir. Sin embargo, el momento en el cual la declaración de edad alcanza los rangos de atracción media (1987 hombres y 1989 mujeres) y baja (2001 hombres y 2006 mujeres) se da en diferentes años para los sexos.

Del mismo modo, para la *diabetes* se puede determinar que la atracción por dígitos en la declaración por edad en los hombres es considerablemente mejor que para las mujeres, al menos hasta finales de los años 90. Asimismo, para hombres, el valor del índice se encuentra en un nivel de atracción media desde 1979 hasta 1999, pero con una tendencia a disminuir, y es a partir del 2000, cuando el valor del índice se encuentra en el rango de baja preferencia. En cambio para las mujeres no es sino hasta 1986, cuando el índice toma un valor en el rango de atracción media (antes estaba en el rango alto); y hasta el 2004 el índice toma valores en el umbral de baja atracción. Para mujeres, también se presenta una tendencia hacia una cada vez mejor declaración de edad en las defunciones.

En cuanto a las *enfermedades cardiovasculares*, los hombres presentan una menor atracción que las mujeres, pero ambos sexos tienen una tendencia a disminuir el valor del índice. Asimismo, para ambos sexos, el valor del índice en los primeros años está en el rango de atracción alta, y el índice disminuye al “nivel” medio en 1987 para hombres y en 1991 para las mujeres. De ahí en adelante, el valor del índice continúa disminuyendo, para hombres logra alcanzar valores dentro del rango de atracción baja (2004 en adelante), pero para mujeres esto sólo lo logra en un año (2002) y el resto se encuentran en el nivel medio.

Para los *tumores (neoplasias)* los hombres presentan un comportamiento similar al de las mujeres en cuanto a este índice. Ambos sexos alcanzan su máximo valor en 1980 en el rango de atracción alta. Pero los hombres disminuyen de ese nivel al siguiente año (1981) y las mujeres lo hacen hasta 1987. De ahí en adelante, ambos sexos, presentan niveles similares del índice, y es hasta 1998 cuando los hombres alcanzan el rango de atracción baja y las mujeres en 1999. Al igual que en todas las causas anteriores, se presenta una tendencia hacia la disminución de los valores del índice.

En cuanto al *resto de las causas de muerte* se puede observar que existe, tanto la mencionada tendencia hacia la disminución del valor del índice, como un comportamiento similar entre los sexos. De la misma manera, en 1980 se presenta el valor máximo del índice (año que ha presentado el valor máximo para los índices y para todas las causas).

Ahora bien, en el análisis la atracción o repulsión hacia *cada uno de los dígitos*<sup>37</sup>, se encontró que en 1979, para ambos sexos y todas las causas (excepto la diabetes) existe una fuerte atracción para los dígitos 0 y 5 (lo cual es consistente con los valores encontrados con el índice de Whipple) y cierta atracción en todas las causas para el dígito 8. Asimismo, el dígito con el mayor rechazo fue el 1, pero tanto el 3, como el 7 presentan niveles importantes de rechazo.

En 1980 (año en el cual para los índices de Whipple y Myers, se alcanzan los niveles de peor declaración de edad para todas las causas y ambos sexos en todas las causas se presenta una fuerte atracción para los dígitos 0 y 5. En cambio, el dígito que presenta un mayor rechazo fue el 1, pero también se presenta rechazo importante para los dígitos 3 y 7 al igual que el año anterior.

En cambio, para 1981 sigue existiendo una fuerte preferencia por el dígito 0, pero ahora la preferencia fuerte por el dígito 5 no se presenta en todas las causas, ya que para *tumores* y *diabetes* en hombres la preferencia hacia ese dígito no es alta. Asimismo, se comienza a distinguir cierto rechazo por los dígitos 3, 4 y 9.

Para el año de 1982, la atracción por el dígito 0 tampoco se presenta de manera notable para todas las causas, en este caso tanto *tumores* como *diabetes* para los hombres, no presentan una atracción fuerte como en años pasados. También, se ve que para el 5 todavía hay atracción fuerte en el *total de enfermedades* (para ambos sexos), para el *resto* y para *enfermedades cardiovasculares*; así como cierta atracción para el dígito 2 en todas las causas. Los dígitos que presentan un mayor rechazo son el 1, 3 y 9 en este año.

Esto se repite de manera muy similar para 1983, con la salvedad de que en ese año, el dígito 3 se vuelve uno de atracción, no de rechazo. De la misma manera, el 4 se convierte en otro dígito de rechazo medio durante ese año. En 1984, sigue existiendo una fuerte atracción por el 0, el 5 solamente tiene atracción fuerte en ciertas causas (*total, totales por sexo y resto de enfermedades*) y el 4 se vuelve un dígito de atracción, excepto para el *resto de las enfermedades*. En cuanto a dígitos de rechazo, el 1 presenta el mayor rechazo, seguido por el 7 y el 9.

Para 1985, el dígito con mayor atracción era el 5 para todas las causas, seguido por el 0 (excepto en *diabetes* para hombres). En cambio, el dígito con mayor rechazo era el 1 para todas las causas seguido por el 9. En 1986, la situación es similar, aunque con niveles ligeramente menores en cuanto al monto de atracción para los dígitos 0 y 5, y que el 6 se convierte en un dígito de atracción durante ese año; y los principales dígitos de rechazo son el 1, 7 y 9.

---

<sup>37</sup> Para la tabla de preferencia por dígitos del Índice de Myers, véase Anexo II

Asimismo, en 1987 se puede determinar que tanto el 0 como el 5 continuaron siendo los principales dígitos de atracción, sin embargo resalta que para *diabetes* y *tumores*, los montos de atracción disminuyen de forma notable para ambos sexos. Del mismo modo, los dígitos de rechazo fueron el 1 y el 9 para todas las causas.

Para 1988, la situación no se modifica mucho, puesto que los principales dígitos de atracción fueron el 0 y el 5 (excepto para *diabetes* y *tumores* en hombres), pero el 8 fue un dígito importante de atracción para todas las causas. Los dígitos de rechazo continúan siendo el 1 y el 9. Para 1989, los dígitos de atracción continuaron siendo los mismos que en 1988, aunque con menores montos en varias causas (especialmente tumores y diabetes en ambos sexos). En cuanto a los dígitos de rechazo, el de mayor rechazo era el 1, seguido por el 3.

En 1990, los principales dígitos de atracción fueron el 0 y el 5, con montos considerablemente mayores que en años anteriores (excepto el 5 para *diabetes* de hombres). El principal dígito de rechazo en ese año fue el 1, con el mayor monto, seguido por el 3 (con los menores montos para *tumores* en ambos sexos). Para el año de 1991, los principales dígitos de atracción fueron el 0 y el 5 (excepto para *diabetes* y *tumores* de hombres). En cambio para los de rechazo, no existe un dígito que por sí mismo llame la atención, se podrían considerar como los principales el 3, 4 y 9.

La situación en 1992 es que el principal dígito de atracción fue el 2, seguido por el 0 y 5, pero cada vez con montos menores (especialmente para *diabetes* y *tumores*). Asimismo, los principales dígitos de rechazo fueron el 3 y el 9, pero todos con montos menores que en años anteriores. En 1993, los dígitos de atracción continuaron siendo el 2, 0 y 5, aunque el 3 se vuelve un dígito de atracción en este año, a diferencia del año pasado. En cuanto a los dígitos de rechazo, los principales fueron el 1, 4 y 9. Para 1994, los dígitos de atracción fueron el 0 y el 4 (por primera vez el 5 no está contemplado dentro de los principales de atracción), y los principales de rechazo fueron, en general, el 1, 7 y 9.

En el año de 1995, el principal dígito de atracción se vuelve el 5, seguido por el 0 y el 4 (en general). En cuanto a los de rechazo, el 1 continuó siendo el principal seguido por el 6 y el 9. En cambio, para 1996 los principales dígitos de atracción fueron el 5, seguido en menor medida por el 0 y el 6. Asimismo, en términos generales, los índices de rechazo de ese año fueron el 1, 7 y 9. En 1997, el único dígito de atracción con valores significativos (mayores a 1) en algunas

causas fue el 6 y de rechazo fueron el 1 y el 9, mientras que el resto de los dígitos no presentan (en términos generales) valores significativos de atracción o rechazo.

En 1998, esto vuelve a cambiar, debido a que los principales dígitos de atracción fueron el 5, 7 y 8, pero los dígitos de atracción fueron el 1 y 9. Para 1999, los dígitos con cierta atracción significativa fueron el 5 y el 8, seguidos por el 9, mientras que el 1 continuó siendo el principal de rechazo. En el año 2000, los principales dígitos de atracción fueron, en general, el 0 y el 5, mientras que los de rechazo fueron el 1 y el 3.

Ya para el año 2001, los dígitos de atracción continuaron siendo el 0 y el 5 (aunque el 5 en menor monto que el año anterior), y los dígitos de rechazo el 2 y 4 pero con montos no significativos. En el 2002, el principal dígito de atracción era el 2 y de rechazo el 3, mientras que el resto no tenían valores significativos de este índice en los demás dígitos. Para el 2003, el principal dígito de atracción continuó siendo el 2, seguido por el 3; en cambio, los dígitos que presentaban cierto nivel de rechazo son el 1, 4 y 6. En el año 2004, los principales dígitos de atracción eran el 3 y el 4, mientras que el principal dígito de rechazo fue el 1.

En el 2005, los principales dígitos de atracción en la declaración de edad de defunciones eran el 4 y 5, mientras que los principales de rechazo fueron el 1 y el 6. Para el 2006, se modifica la situación, y los dígitos principales de atracción fueron el 5 y 6, mientras que el único significativo de rechazo era el 7. En el 2007, los dígitos que muestran cierta atracción eran el 6 y 7, mientras que los de rechazo serían el 0 y el 1.

Finalmente, en el 2008, el dígito que muestra cierta atracción en algunas causas era el 8 y los que muestran mayor rechazo eran el 1 y el 9. Asimismo, es importante mencionar, que la preferencia o rechazo por todos los dígitos fue disminuyendo en su monto con el paso del tiempo, lo cual es consistente con lo que se ha visto con los índices de Whipple y Myers general. Esto es, se puede concluir que paulatinamente se ha presentado en el país una mejor declaración de edad de las defunciones tanto totales, como para las causas incluidas en este estudio.

En este apartado se realizó un análisis de los principales índices para el estudio de la declaración de edad de las defunciones, así como el análisis descriptivo de las estructuras por edad de las diferentes causas de muerte seleccionadas en esta investigación. Se resalta que en la estructura del total de causas de muerte se corroboran el paulatino incremento de la esperanza de vida (con un angostamiento de la base de la pirámide y traslación de las defunciones hacia

edades cada vez mayores) y la sobremortalidad masculina (especialmente en edades jóvenes). En cuanto a las causas de muerte, como se eligió analizar enfermedades no transmisibles, las estructuras muestran una mortalidad concentrada en edades adultas y adultos mayores, como se esperaba.

Asimismo, los resultados del índice de Whipple indican que para todas las defunciones y causas de muerte analizadas, la calidad de la declaración de edad mejoró de manera paulatina a lo largo del periodo de estudio, siendo *tumores* la causa de muerte (para ambos sexos) que mejor declaración de edad presentó; seguida por *diabetes*, tanto para hombres como para mujeres. En cuanto al índice de Myers, en general se observa el mismo comportamiento de los datos que se evidenció en el índice anterior, ya que para todas las causas se observa una mejor declaración de edad de defunciones a medida que avanza el tiempo. Asimismo, con el análisis de atracción o rechazo por dígito, se corrobora que las causas de muerte con la mejor declaración de información entre las aquí analizadas, son *diabetes* y *tumores* para hombres, seguidas por estas mismas causas pero para mujeres. Esto se puede determinar, debido a que en muchos casos, los menores valores de atracción o rechazo por dígito se encontraban en alguna de estas causas.

### **4.3. Medidas de Tendencia Central**

En este apartado se lleva a cabo el análisis de los principales indicadores de tendencia central como la edad media a la muerte, la edad mediana, la moda y la varianza de las defunciones<sup>38</sup>. Esto se realiza con la finalidad de llevar a cabo un análisis descriptivo más amplio del comportamiento de las defunciones, tanto generales, como por las diferentes causas aquí analizadas. Esto es, si la media, la mediana y la moda de las defunciones, por ejemplo, se han desplazado hacia edades mayores, esto implica una disminución de la mortalidad; del mismo modo, si la varianza de las defunciones disminuye, implica que la mortalidad se centra alrededor de ciertas edades y entonces los esfuerzos por reducir la mortalidad en esa causa se deben centrar en esa edad (o grupo de edad).

#### **4.3.1. Edad media a la muerte**

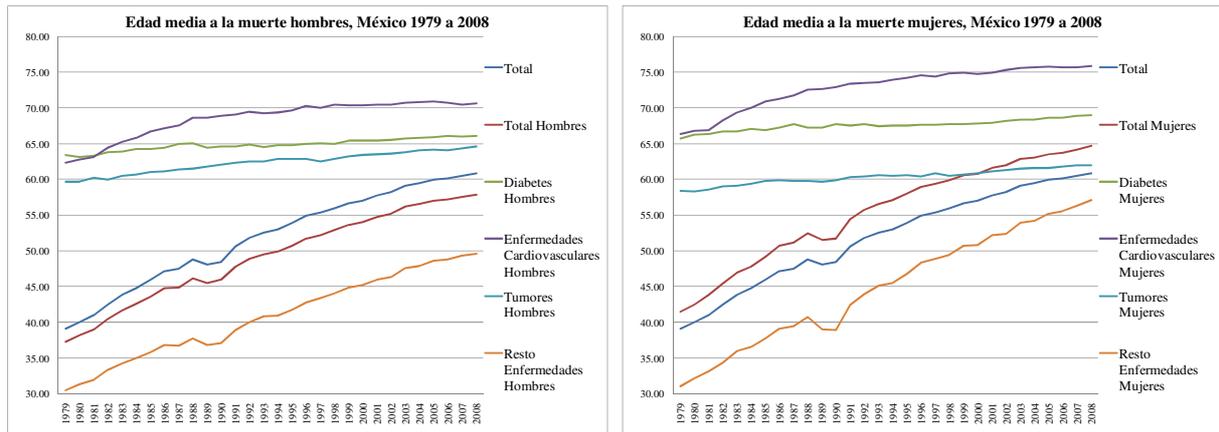
La edad media a la muerte es un indicador que es igual a la edad promedio en la cual se presenta la muerte de las personas. En este apartado, se presenta un análisis de la tendencia de

---

<sup>38</sup> Los datos de los indicadores se encuentran en el anexo III

este indicador. Esto se realizará para el total de defunciones, para las defunciones totales de hombres y mujeres, así como para las causas de muerte incluidas en este trabajo (por sexo). En la siguiente gráfica se presenta la edad media a la muerte en México a nivel nacional (gráfica 18).

**Gráfica 18 – Edad media a la muerte, México 1979 a 2008**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Para el *total de defunciones*, entre los años de 1979 a 2008 se presentó un crecimiento paulatino del indicador (un crecimiento superior a los 20 años en edad media en este periodo de 30 años). Asimismo, es interesante notar que de 1988 a 1989 existió una disminución de esta edad media a la muerte para todas las defunciones, lo cual puede deberse a que en 1989 se presentó una mayor mortalidad infantil que en años anteriores. Esto es, en 1987 se registraron 64,405 muertes de menores de un año; en 1988 se registraron 61,803 muertes; 67,315 muertes infantiles en 1989; y 65,497 en 1990, como se evidencia en 1989 cuando se rompe la tendencia decreciente en cuanto a muertes infantiles registradas, incrementándose respecto del año anterior, lo cual se puede deber a una mayor mortalidad o a que ese año existió un mejor registro de las defunciones, así como registro extemporáneo de muertes.

Este incremento en la edad media se debe a que el indicador es sensible a valores extremos. Asimismo, cabe notar que los mayores incrementos se presentan en la década de los 80, y que en las dos posteriores, si bien se presentaron aumentos en cuanto a los valores de este indicador, lo hicieron a un ritmo menor. Asimismo, para hombres y para mujeres se presenta un fenómeno similar al del total de defunciones. Esto es, se presenta un incremento paulatino y

prácticamente ininterrumpido de la edad media a la muerte para ambos sexos, donde solamente se presenta la disminución previamente mencionada en el año de 1989. Cabe mencionar que el incremento de este indicador, que se presenta en los primeros años es proporcionalmente mayor al que se presenta a partir de los años 90.

Del mismo modo, para la *diabetes* la edad media tanto para hombres, como para mujeres tiene una tendencia general a incrementarse, aunque en un monto relativamente pequeño. Sin embargo, difieren la forma y el monto en que lo hacen. Al analizar el comportamiento de este indicador en todo el periodo para los hombres se observa una disminución en 1980, para posteriormente crecer a distintas tasas hasta 1988; en 1989 y en 1993 se presentan disminuciones importantes del indicador; en el resto de los años, se presentan incrementos, especialmente a partir de 1999 en adelante. En cambio, para mujeres, el indicador tiende a incrementarse en los primeros años del estudio, para disminuir en 1989 y en 1993 al igual que en los hombres; asimismo a partir de 1994 hasta el año 2000, el indicador presenta ganancias pero a un ritmo lento y no es sino hasta después de ese año que se empiezan a presentar mayores ganancias.

Con respecto a las *enfermedades cardiovasculares* para los hombres la edad media presenta un incremento relativamente rápido hasta el año de 1988; sin embargo, a partir de ese año y hasta el 2005 si bien se presentan aumentos, lo hace a menor ritmo; finalmente, en los años 2006 y 2007 se presenta una disminución del indicador, para de nuevo incrementarse en el 2008. Para las mujeres, en cambio el comportamiento fue distinto ya que, los mayores incrementos se presentaron de 1981 a 1988; a partir de ese año, se dan incrementos en el nivel del indicador, pero estos son cada vez menores, hasta que a partir de 2005 su valor tiende a estabilizarse cerca del valor máximo.

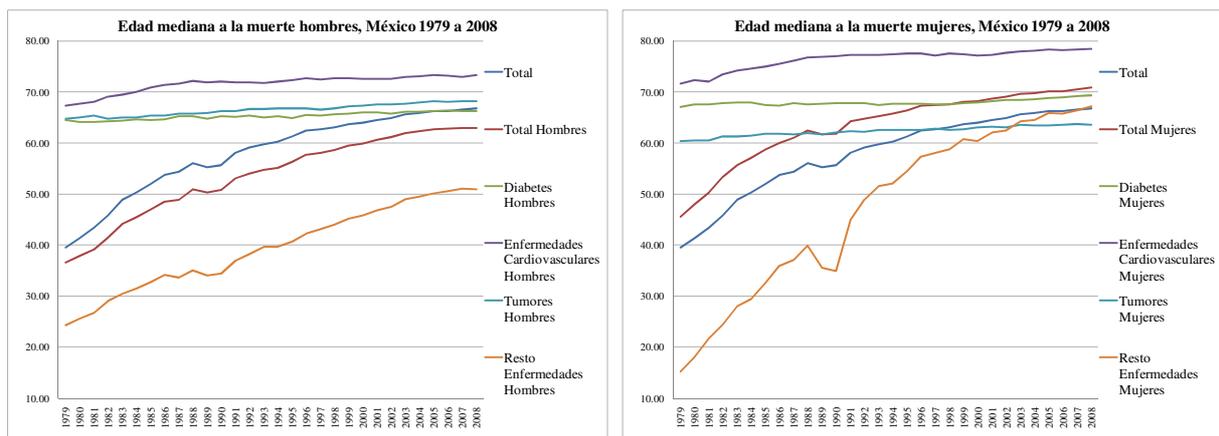
Para los *tumores (neoplasias)*, a diferencia de las demás causas de muerte, los hombres presentaron no solo una edad media mayor que las mujeres en todos los años, sino que los incrementos en cuanto a este indicador fueron mayores que los de las mujeres. De esta forma, los hombres presentan solamente dos años en los cuales el indicador disminuye (1982 y 1997), mientras que en el resto de los años presentan incrementos sostenidos y con unas tasas de crecimiento similares. En cambio, para las mujeres desde 1979 hasta 1985 el indicador creció a un ritmo importante, pero a partir de ese año y hasta 1989, el indicador se estabiliza; a partir de ese año y hasta 1998, el indicador crece, pero lo hace a unas tasas pequeñas de forma errática; finalmente desde ese año, crece de manera sostenida y a una tasa mayor.

Del mismo modo para el *resto de las causas de muerte* el crecimiento de este indicador fue mayor para las mujeres que para los hombres. En 1979 el nivel del indicador para ambos sexos se encontraba en niveles similares, pero la situación fue distinta en 2008 ya que los niveles finales de la edad media para el resto de las causas son diferentes entre los sexos. Para los hombres hasta 1986, el indicador crecía de forma continua pero de 1987 hasta 1990, el indicador se estanca (inclusive decrece en 1989); a partir de 1991 y hasta el final, el indicador se incrementa pero lo hace a una tasa menor que al inicio del análisis. En cambio, para las mujeres ocurre de forma diferente, ya que presentan un incremento sostenido hasta 1988, pero el indicador disminuye en 1989 y 1990; a partir de 1991, sin embargo, se incrementa sostenidamente, presentándose la diferencia final de este indicador entre los sexos.

#### 4.3.2. Edad mediana a la muerte

La edad mediana a la muerte es aquella edad que divide al conjunto de defunciones en un año en dos partes iguales. Al igual que con la edad media se presenta un breve análisis de su tendencia, con la finalidad de obtener un panorama más amplio del comportamiento de las defunciones a lo largo del tiempo. Esto se realizará también para las mismas causas que en el indicador anterior<sup>39</sup>. La gráfica 19 presenta los valores calculados para este indicador.

**Gráfica 19 – Edad mediana a la muerte, México 1979 a 2008**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

<sup>39</sup> Los datos de los indicadores se encuentran en el anexo III

Para el *total de defunciones*, la mediana ha ido creciendo de manera paulatina durante el periodo de estudio. Más en detalle, al igual que ocurrió con la edad media a la muerte, el comportamiento de este indicador para el total de defunciones sigue una tendencia creciente en los primeros años (hasta 1988), pero en 1989 presenta una disminución del valor de este indicador. Asimismo, a partir de 1991, la edad mediana presenta incrementos continuos, pero estos se realizan a tasas cada vez menores, lo que nos estaría hablando de una mayor dificultad para disminuir la mortalidad en años recientes.

Asimismo, para hombres y para mujeres se presentó un comportamiento similar al del total de defunciones. Esto es, se presenta un incremento paulatino de la edad mediana para ambos sexos en los primeros años. Posteriormente, se presenta la disminución en el año de 1989, como con el total de defunciones. De la misma manera, el incremento del indicador que se presenta en los primeros años que aquí se analizan es proporcionalmente mayor al que se presenta a partir de los años 90.

Del mismo modo, para la *Diabetes Mellitus* la edad mediana en hombres tiene una tendencia a incrementarse en el tiempo, pero la trayectoria del indicador presenta varios incrementos y disminuciones. Cabe notar que en 1981 se alcanza el valor mínimo del indicador para y en 2006 se tiene el valor máximo. Ahora bien, para mujeres la edad mediana también tiene un patrón de incremento, pero su comportamiento es diferente. El valor de la mediana es mayor para ellas en todos los años del estudio. Asimismo, si bien el indicador crece en los primeros años, en 1985 y 1986 se presenta una disminución notable. Posteriormente, de 1988 a 1998 no se presentó un crecimiento, sino un estancamiento marcado. Pero a partir de 1999, se dieron los principales incrementos. Esto, junto con el aumento en la edad media para esta causa en mujeres, puede indicar que se han presentado ciertos avances en cuanto a la disminución de la mortalidad por esta causa para las mujeres mexicanas.

En cuanto a las *Enfermedades Cardiovasculares* para hombres existió una tendencia marcada hacia el crecimiento. Sin embargo, resalta que las tasas a las cuales crece la mediana para esta causa son diferentes. En los primeros años, el crecimiento resulta mayor que el ocurrido a partir de 1988, año en el cual las tasas de crecimiento de la mediana para hombres se estabilizaron, y si bien continúa aumentando, lo hace a un ritmo cada vez más lento. Ahora bien, para mujeres se presenta una situación similar que para hombres. El crecimiento del indicador en los primeros años es superior al que se presenta posterior a 1988. Esto indica que los incrementos

en cuanto a la edad mediana a la muerte para las enfermedades cardiovasculares se vuelven cada vez más difíciles de conseguir.

Para los *Tumores (neoplasias)*, lo primero que se distingue es que la edad mediana a la muerte de hombres fue mayor en todas las edades que la de mujeres. Asimismo, para ambos sexos se presenta una tendencia hacia el incremento con el paso del tiempo. Del mismo modo, los hombres presentaron una fuerte disminución de este indicador de 1981 a 1982, pero a partir de ese año el incremento de la mediana fue prácticamente ininterrumpido. Ahora bien, en el caso de mujeres sucede un fenómeno distinto ya que entre 1981 y 1982, fue cuando presentó la mayor ganancia. Pero a partir de ese año, la mediana para mujeres continuó incrementándose casi sin interrupciones hasta el final del periodo de estudio.

Para el *resto de las causas de muerte* existió un comportamiento diferencial entre los sexos. En el caso de hombres, la mediana en el resto de las causas se ha incrementado de manera constante a lo largo del periodo, pero a tasas no tan rápidas. En cambio, la evolución de este indicador para mujeres es más interesante, desde 1979 comienza a crecer de forma acelerada hasta alcanzar y superar el valor de los hombres en 1985, y a partir de esa fecha el valor de la mediana fue superior para las mujeres en todos los demás años. Asimismo, en 1989 y 1990 se presentó una notable disminución del valor del indicador, para después incrementarse de forma ininterrumpida hasta el 2008. Hay que mencionar que el crecimiento del indicador de 1990 a 1991 es el mayor para un solo año, para cualquier causa de muerte aquí analizada, ya que se incrementó en casi diez años en cuanto al valor de la mediana en un solo año.

#### **4.3.3. Edad moda a la muerte**

La edad moda a la muerte es la edad en la que más defunciones se presentan, es decir, es valor que más se repite, o la edad que posee la mayor frecuencia. En este caso, puede presentarse el caso en que dos edades presenten frecuencias elevadas, como es el ejemplo del total de defunciones, en el cual se presenta un valor máximo para los menores de un año, y después se presenta para las edades más avanzadas. En el cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados de la edad moda a la muerte.

**Cuadro 1 – Edad moda a la muerte, México 1979 a 2008**

	Total*	Total Hombres*	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres*	Total Mujeres*	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres*
1979	70	70	65	78	70	70	70	65	75	70	70
1980	80	80	70	80	70	80	80	70	80	70	80
1981	80	70	70	80	70	70	80	70	80	70	80
1982	70	70	72	82	72	70	80	72	82	72	80
1983	80	70	72	83	72	70	80	73	80	70	80
1984	80	70	74	84	74	70	80	70	80	70	80
1985	85	75	65	85	75	75	85	75	85	65	85
1986	75	75	65	85	76	75	85	65	85	65	85
1987	80	75	65	75	75	70	80	65	80	65	80
1988	80	78	65	78	78	78	80	78	85	65	80
1989	80	75	65	78	78	75	85	68	85	65	85
1990	80	80	67	80	70	80	80	65	80	65	80
1991	80	80	68	80	70	80	80	70	80	65	80
1992	82	72	72	82	72	22	82	65	82	65	80
1993	82	70	63	82	72	70	80	63	82	63	80
1994	84	70	70	84	70	30	84	65	84	70	84
1995	85	75	65	85	72	75	85	65	85	65	85
1996	85	75	72	85	75	85	85	65	85	75	85
1997	76	76	74	76	72	75	86	67	86	67	86
1998	75	75	67	75	72	75	85	67	87	68	87
1999	78	75	68	78	73	78	78	68	88	65	88
2000	70	70	70	75	74	70	80	70	80	70	80
2001	80	75	65	80	71	80	80	65	80	70	80
2002	72	72	72	72	72	72	82	72	82	72	82
2003	73	72	73	80	72	72	82	72	82	72	83
2004	74	74	70	80	74	74	83	74	84	73	83
2005	75	75	70	80	75	75	84	74	84	74	85
2006	76	76	71	76	76	76	76	76	85	76	85
2007	77	77	70	76	77	77	77	76	86	77	86
2008	78	78	72	78	78	78	78	74	83	74	82

\* Estos casos presentan una bimodalidad, con el otro valor de la moda en las edades menores a 1 año.

\*\* Se presentan los valores de la edad moda para años cumplidos.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Lo primero que resalta es que para el *total de defunciones*, tanto general, como para ambos sexos, y para el resto de las defunciones en cada uno de los sexos, se presenta una bimodalidad, es decir, existen dos edades que presentan una frecuencia más alta que para el resto de las edades. Esta bimodalidad se presentó debido a que las muertes de los menores a un año, para estos grupos de causas, fueron muy altas. Pero por lo anterior no se descarta que en edades más avanzadas exista otro valor que pudiera tener una frecuencia también alta, y que por lo tanto se analice el comportamiento de ese valor en el tiempo, el cual puede indicar interesantes hallazgos sobre la evolución del nivel de la mortalidad de la población por esas causas. Por esto se presentan solamente los valores de la moda en las edades mayores, pero con el conocimiento de que las defunciones en el primer año de vida son al menos, tan numerosas como las que se presentaron en edades mayores.

Para el *total de defunciones*, la moda ha tenido un comportamiento errático. Esto es, no existe un claro patrón o tendencia que describa el comportamiento de este indicador. Lo que es de llamar la atención, es que hasta 1991, todas las edades moda terminaban en 0 o 5, lo que puede ser provocado por la alta preferencia de dígitos que se presentaba en este grupo de defunciones (observada en los índices de Whipple y Myers). Asimismo, es interesante hacer notar que a partir del 2002 ha existido una tendencia hacia el aumento de esta edad moda.

Asimismo, para el *total de defunciones* en hombres se tiene que la edad moda es menor que la de mujeres en casi todos los años del análisis. Al igual que con el total de las defunciones ninguno de los dos sexos muestra un patrón de comportamiento definido.

Para la *diabetes* se puede ver que la edad moda ni en hombres, ni en mujeres presenta un patrón de comportamiento definido. Sin embargo, para mujeres, a partir de 1993 se puede apreciar una cierta tendencia hacia el aumento de este indicador. Cabe notar, que no hay una muestra clara de que el nivel de este indicador sea mayor para mujeres que para hombres.

En cuanto a las *enfermedades cardiovasculares* se observa que los valores de la edad moda a la muerte son mayores que para la Diabetes. En el caso de hombres, en los primeros años de estudio se puede identificar un cierto patrón a incrementarse. Sin embargo, en 1987 el valor del indicador disminuyó y a partir de ese año hasta 1996 vuelve a presentar esta tendencia de aumento pero errática. En cambio, para mujeres es en los primeros años cuando se presenta un comportamiento más errático del indicador; pero a partir de 1991 comienza a incrementarse de manera continua, hasta el 2000; y a partir de ese año, hasta el final del periodo de estudio, el indicador vuelve a tener un comportamiento creciente.

Para los *tumores (neoplasias)*, al igual que con la edad media y la mediana, los hombres presentan una edad moda mayor a la de mujeres en casi todos los años. En cuanto al patrón de comportamiento de hombres, resalta un periodo inicial de crecimiento del indicador, con una fuerte caída en 1990; pero a partir del 2001 el indicador tiene un comportamiento de incremento consistente con un desplazamiento de la mortalidad hacia edades mayores. Para mujeres, el comportamiento es diferente, ya que tiene dos periodos iniciales de estancamiento (de 1979 a 1984 y después de 1985 a 1992); seguido por un periodo de valores erráticos, para lograr a partir de 1997, cierta tendencia creciente del indicador.

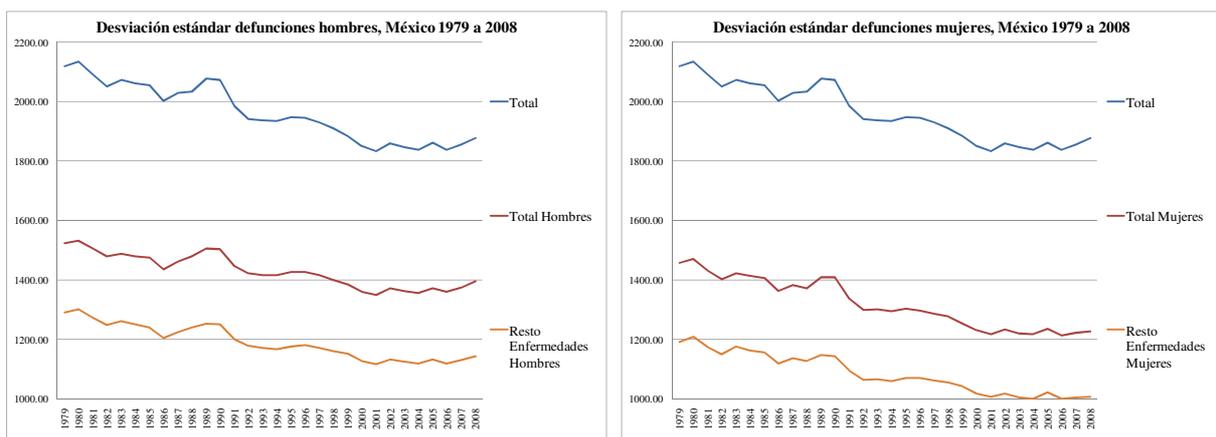
Del mismo modo para el *resto de las causas de muerte* el valor del indicador es mayor para mujeres que para hombres. Para hombres tiene un comportamiento errático, que solamente

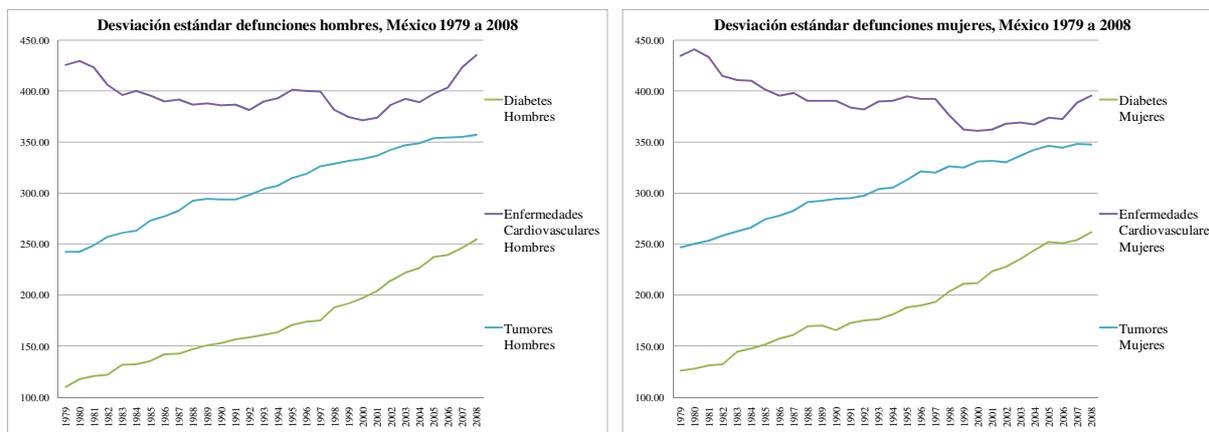
tiene cierta tendencia marcada a incrementarse a partir de 2002. En el caso de mujeres, en los primeros años del análisis tiene un comportamiento prácticamente, pero a partir de 1993, el indicador comienza a aumentar de forma casi ininterrumpida.

#### 4.3.4. Varianza de las defunciones

En este apartado se presenta la evolución de la varianza de las defunciones en el país a nivel nacional. Con este indicador se quiere analizar si ha existido una mayor o menor dispersión de las defunciones respecto a la edad media. Esto es, si se tiene una varianza relativamente pequeña, esto indica que las defunciones se concentran alrededor de cierta edad y por lo tanto existe poco margen de acción para la disminución de la mortalidad en esta causa, y que los esfuerzos para disminuir la mortalidad se deben centrar en esas edades. En cambio, si la varianza es grande (o con una tendencia a aumentar) esto indica que existen mayores posibilidades de implementar intervenciones en diferentes edades para disminuir el número de defunciones. En la siguiente gráfica se presenta, para una mejor interpretación, la desviación estándar en lugar de la varianza (Gráfica 20), para el total de defunciones, las defunciones totales de hombres y mujeres, así como para las causas de muerte incluidas en este trabajo (por sexo).

**Gráfica 20 – Desviación estándar de defunciones, México 1979 a 2008**





Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Para el *total de defunciones*, la desviación estándar de las defunciones disminuyó de manera paulatina durante el periodo de estudio, y los valores de la misma son los más grandes respecto de las demás causas de muerte analizadas. Se puede ver que en 1989 y 1990 el indicador tuvo un incremento respecto de años anteriores, pero después desciende. Los valores del indicador, así como su disminución indican: primero, que las defunciones están dispersas en todo el rango de edad, por lo que se puede tener mucho margen de maniobra para disminuir la mortalidad general en un amplio rango de edades; y segundo, su disminución, y el paulatino aumento de las edades media y mediana dentro de la mortalidad general en el país, corroboran el hecho de que la mortalidad ha continuado su descenso y que la esperanza de vida continúa incrementándose en México.

Asimismo, para hombres y mujeres sucede un fenómeno similar al de la mortalidad general, con valores menores del indicador, y con el mismo incremento en los años de 1989 y 1990. Asimismo, se puede ver que la desviación estándar es menor para mujeres que para hombres, lo cual indica que las defunciones para mujeres están más concentradas alrededor del valor de la media, y que por lo tanto los avances en cuanto a intentar disminuir su mortalidad se tienen que concentrar más en ciertas edades específicas.

Por el contrario, para la *Diabetes* la desviación estándar en hombres y mujeres, se ha incrementado a lo largo de todo el periodo de estudio, duplicándose en los 30 años analizados. Esto, junto con el incipiente incremento de edad media y mediana y el aumento de la varianza se constata el fuerte incremento que ha tenido la mortalidad por esta causa dentro del panorama

general de la mortalidad en el país. Asimismo, que se incrementa constantemente, indica que la diabetes está afectando a un rango más amplio de edades que en el pasado.

En cuanto a las *enfermedades cardiovasculares* tanto en hombres como en mujeres, la trayectoria ha sido errática y muy variable. En el caso de hombres en 1980 existió un incremento del valor del indicador, pero después de ese año y hasta 1992 existió una fuerte disminución. Sin embargo, durante los siguientes años, se presentó un repunte y en 2008 se situó en valores mayores que en 1981 (alcanzo el máximo en ese año), con lo cual todas las ganancias que se habían tenido alrededor de este indicador se ven anuladas. Para mujeres, se presenta un comportamiento similar al de hombres, haciendo notar que hasta 1992, el valor de la desviación estándar masculina era menor que la de mujeres; a partir de ese año, la desviación de mujeres se encuentra por debajo de la de hombres. A partir del año 2000 comienza una tendencia creciente del indicador hasta situarse en 2008 en valores similares a los que tenía en 1987.

Para los *Tumores (neoplasias)* los hombres y mujeres presentan una tendencia creciente, y con valores similares. Cabe resaltar que en los primeros años del estudio (hasta 1985 aproximadamente) los hombres tenían una desviación estándar menor que las mujeres, pero después de 1996 la situación se modifica y en ese caso son las mujeres quienes presentan un valor menor. Caso contrario sucede para el *resto de las causas de muerte*, ya que se puede observar que para ambos sexos existe una marcada tendencia a disminuir. Asimismo, resalta que los hombres tienen un valor mayor en todo el periodo de estudio. También resulta interesante ver que su comportamiento, es relativamente de espejo, es decir, si para hombres se incrementa el valor en un año, sucede lo mismo para mujeres, al igual que con las disminuciones.

Después de llevar a cabo el análisis de las principales medidas de tendencia central, se puede resumir que para la edad media a la muerte se presenta un incremento paulatino en el valor de esta medida a lo largo del periodo de estudio, para todas las causas analizadas. De la misma forma, los resultados para la edad mediana indican que ha existido un incremento de esta medida en todas las causas de muerte analizadas. Sin embargo, cabe resaltar el gran incremento que se ha presentado en cuanto al valor de este indicador para el *Resto de las causas de muerte*, ya que para hombres se incrementó casi 27 años y en las mujeres prácticamente en 52 años en este periodo de estudio.

En cuanto a la edad moda, se pudo constatar que no existió un patrón de comportamiento definido con el indicador a diferencia de las anteriores medidas de tendencia central. Puesto que las edades medias y medianas se han desplazado hacia edades más avanzadas, se puede mencionar que los resultados son consistentes con el aumento en esperanza de vida que se ha presentado en el país en los últimos años.

Finalmente, para la varianza de las defunciones se encontraron patrones distintos en las causas de muerte: para los *totales de defunciones* (general, hombres y mujeres), así como para el *resto de enfermedades* (en ambos sexos) se puede ver que la varianza disminuye paulatinamente; para *diabetes* y *tumores* se muestra el patrón contrario lo cual es indicativo de que estas causas de muerte están afectando cada vez a más grupos de edad; y para las *enfermedades cardiovasculares* se observó no hay un patrón definido en cuanto a los valores de este indicador.

#### **4.4. Análisis de las Tasas Específicas de Mortalidad y de las Probabilidades de Muerte**

En este apartado se analizaron las tasas específicas de mortalidad y las probabilidades de muerte obtenidas a partir de las defunciones registradas en el país entre 1979 y 2008. Se presentarán solamente las tasas específicas<sup>40</sup> y las probabilidades para los años de 1980, 1985, 1990, 1995, 2000 y 2005, para analizar los cambios en los distintos lustros del análisis.

##### **4.4.1. Tasas Específicas de Mortalidad**

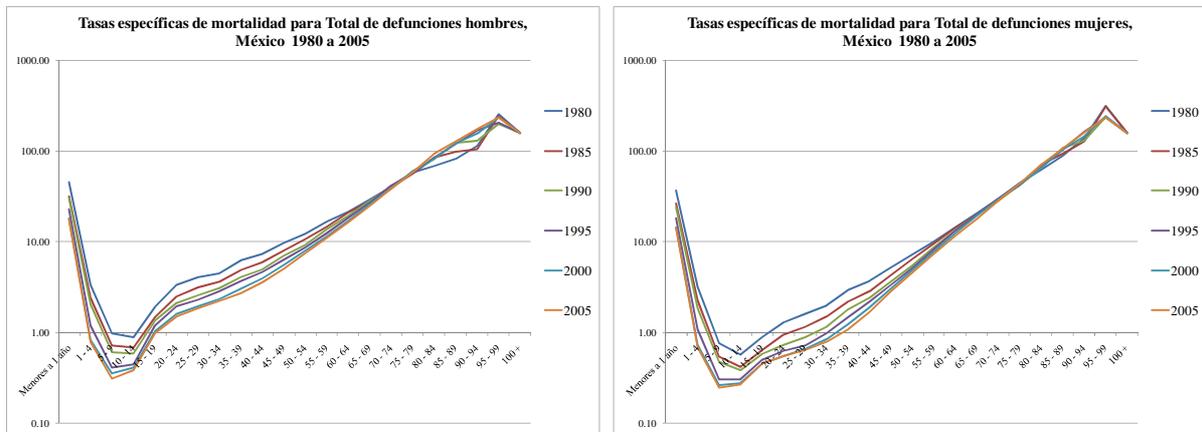
Las tasas específicas de mortalidad se calculan como el número de defunciones en determinada edad (o grupo de edad) entre la población total de esa edad (o grupo de edad) a mitad de año. Para el análisis de la mortalidad son utilizadas debido a que, no están afectadas por la estructura por edad de la población, por lo que se pueden realizar comparaciones entre distintas poblaciones y en el tiempo. El objetivo en este apartado es estudiar la evolución de las tasas en el país a lo largo del periodo de estudio, y a partir de ellas analizar el comportamiento de la mortalidad general y por las causas de muerte incluidas en el estudio. A continuación se presentan las gráficas (21 a 25), con las tasas específicas de mortalidad<sup>41</sup>.

---

<sup>40</sup> Los cambios anuales de las tasas específicas para cada grupo de edad se presentan en el Anexo IV.

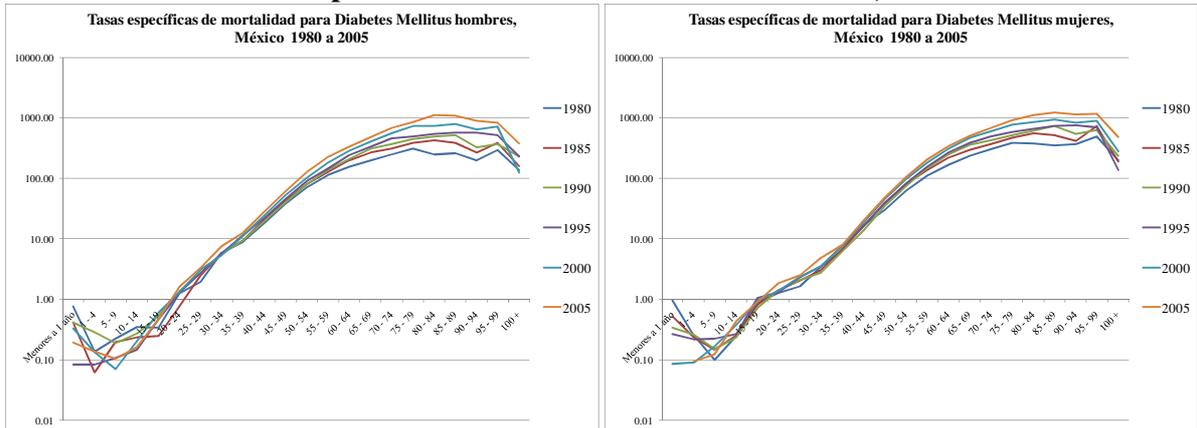
<sup>41</sup> Las tasas están presentadas en cifras por 100,000 habitantes excepto los casos que así se indican.

**Gráfica 21 – Tasas específicas de mortalidad total de defunciones, México 1980 a 2005**



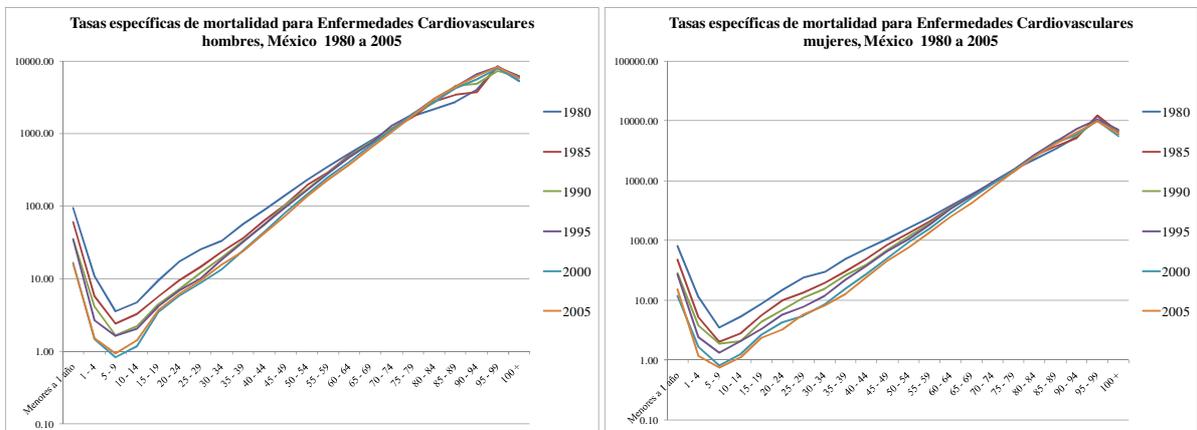
\* Cifras en escala logarítmica  
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

**Gráfica 22 – Tasas específicas de mortalidad diabetes mellitus, México 1980 a 2005**



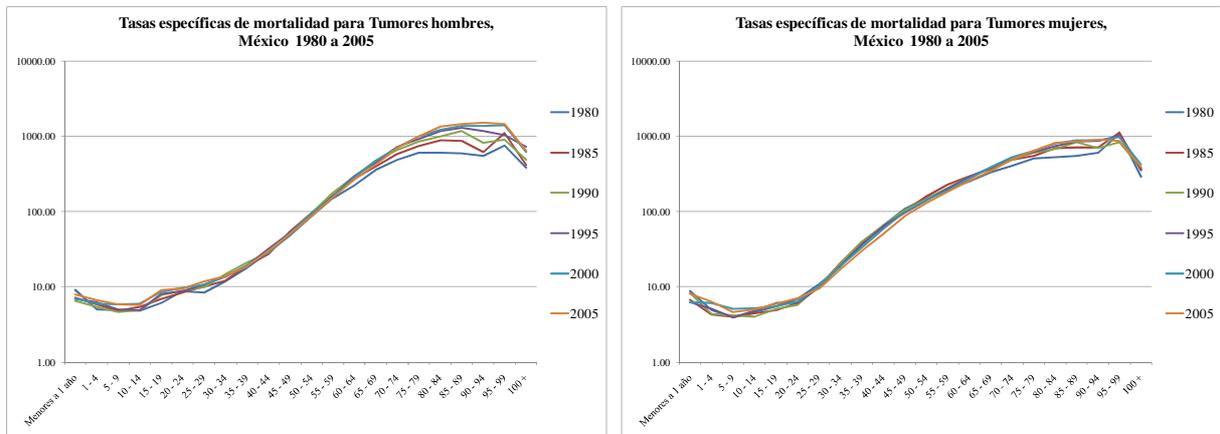
\* Cifras en escala logarítmica  
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

**Gráfica 23 – Tasas específicas de mortalidad enfermedades cardiovasculares, México 1980 a 2005**



\* Cifras en escala logarítmica  
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

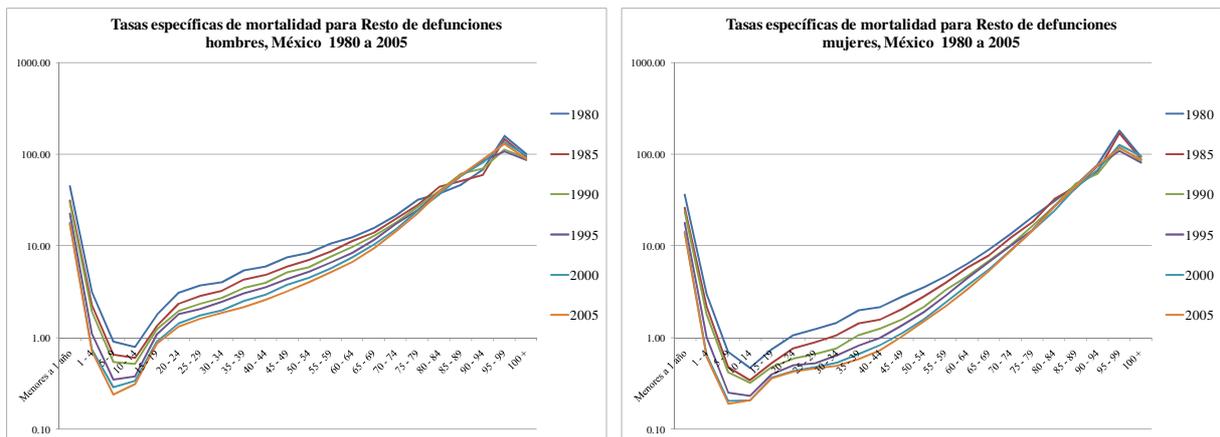
**Gráfica 24 – Tasas específicas de mortalidad tumores, México 1980 a 2005**



\* Cifras en escala logarítmica

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

**Gráfica 25 – Tasas específicas de mortalidad resto de defunciones, México 1980 a 2005**



\* Cifras en escala logarítmica

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Las tasas de mortalidad para el *total de defunciones* tanto en hombres como en mujeres, la mortalidad sigue la forma común de *j*, en el sentido de que las tasas de mortalidad infantil son altas, posteriormente disminuyen hasta alcanzar su mínimo en el grupo de edad de 5 a 9 años y, a partir de ahí, comenzar a crecer en todos los grupos de edad. Asimismo, las tasas para hombres son mayores en prácticamente todos los grupos de edad. También, las diferencias en las tasas alcanzan su máximo en las edades jóvenes, particularmente entre los 15 y 30 años, debido principalmente a la diferencia que hay en la mortalidad por accidentes y lesiones entre los sexos, y a partir de esos grupos de edad, la diferencia en las tasas disminuye. En cuanto a modificaciones que han sufrido las tasas a lo largo del periodo de estudio, se puede ver que las tasas han ido disminuyendo de forma paulatina e ininterrumpida para todos los grupos de edad

de menos de 70 años tanto para hombres como para mujeres. En cambio, para las edades de 80 años y más, las tasas presentan una tendencia a incrementarse. Asimismo, es importante resaltar que las tasas para los menores de un año, han disminuido de manera importante, lo cual es consistente con la disminución de la mortalidad infantil que se ha presentado en el país; esto se observa a pesar de las limitaciones que se tienen en cuanto a la medición de las tasas de mortalidad infantil (provocado por el subregistro de muertes infantiles principalmente), lo cual puede provocar que las tasas aquí mostradas estén subestimadas.

Para la *Diabetes Mellitus* las tasas tanto para hombres como para mujeres son las menores de las causas analizadas, en los primeros grupos de edad hasta los 20 años. Después a medida que avanza la edad, las tasas comienzan a crecer, con tasas similares entre hombres y mujeres a lo largo de todo el rango de edad. Sin embargo, entre los grupos de edad de 25 a 50 años, las tasas son mayores para hombres en todos los periodos, y a partir de los 55 años de edad, la situación se modifica, siendo mayores las tasas para mujeres en el resto del rango de edad. En cuanto a los cambios de las tasas en el tiempo, se puede ver que, en los primeros grupos de edad existe un comportamiento que se podría calificar como errático. Pero, a partir del grupo de edad de 35 a 39 años, las tasas muestran una tendencia a incrementarse con el tiempo.

De la misma forma, en las *Enfermedades Cardiovasculares* las tasas de mortalidad presentan un comportamiento similar al de la mortalidad general (en forma de *j*). Es importante mencionar, que estas tasas son las mayores entre los grupos de causas de muerte considerados aquí, particularmente en las edades adultas y adultas mayores. En cuanto a las diferencias entre hombres y mujeres, el nivel en el primer año de vida es mayor para hombres que para mujeres en todos los años; en los siguientes grupos (de la niñez y adolescencia), las tasas presentan niveles similares para ambos sexos; pero a partir de los 20 años de edad, y hasta los 80 años, las tasas de los hombres son mayores a las de las mujeres para todos los años; y en los últimos grupos de edad, las mujeres presentan tasas mayores que los hombres. Asimismo, las tasas han tenido un descenso importante en todos los grupos de edad hasta los 70 años, y para ambos sexos. En el resto de los grupos de edad las tasas presentan un comportamiento variable.

Para *Tumores (Neoplasias)*, las tasas específicas presentan los mayores niveles en los grupos de edades jóvenes (de 5 a 25 años aproximadamente), entre las causas de muerte aquí consideradas. Asimismo, a partir del grupo de edad de 15 a 19 años, las tasas crecen de manera sostenida hasta los 80 años aproximadamente. A partir de esa edad, las tasas se estabilizan.

Ahora bien, en cuanto a las diferencias entre hombres y mujeres, se presenta un patrón en todos los periodos de estudio: en los primeros grupos de edad, las tasas de mortalidad son mayores para hombres, pero en el grupo de edad de 25 a 29 años, la situación cambia y a partir de esas edades, las tasas de muerte para mujeres sobrepasan a las de los hombres hasta los grupos de edad de 60 a 64 y 65 a 69 años; después de estas edades, las tasas son mayores para hombres en el resto del rango de edades. Del mismo modo, en cuanto a los cambios en el tiempo las tasas en las edades menores a 70 años, son variables y sin un patrón definido. Pero, a partir de los 75 años, las tasas presentan una clara tendencia hacia el incremento en el tiempo, para ambos sexos.

En cambio las tasas del *resto de las enfermedades* tienen un comportamiento tipo espejo respecto del total de enfermedades. Las diferencias entre hombres y mujeres son similares a las que encontramos para el total de enfermedades, ya que las tasas son mayores para hombres en casi todo el rango de edad, excepto en los últimos grupos de edad. Asimismo, esta diferencia en el monto de las tasas alcanza sus valores máximos a partir de los 15 años y prácticamente se mantiene hasta los 50 años de edad (provocado principalmente por los accidentes y lesiones), para disminuir de forma paulatina con la edad. En cuanto a las modificaciones en el tiempo se observa una disminución importante en las tasas en las edades menores a 75 años, especialmente en los menores de un año. Para el resto de las edades, hay un patrón de comportamiento interesante, en el sentido de que las tasas disminuyen desde 1980 a 1990, pero a partir de 1995, en estas edades mayores se presenta un incremento en las tasas.

#### **4.4.2. Probabilidades de fallecimiento**

Las probabilidades de muerte son una parte esencial de las tablas de vida. De manera más técnica, la probabilidad de muerte mide el riesgo de que una persona muera entre la edad exacta  $x$  y  $x+n$  (donde  $n$  es usualmente 1 o 5). Esta probabilidad cabe mencionar que es condicional, es decir, dado que se encuentra en un estado en la edad  $x$  (viva, en este tipo de tablas), ésta es la probabilidad de que pase a otro estado en la edad exacta  $x+n$  (de que fallezca). En este apartado se analizarán la evolución de las probabilidades de muerte para el total de defunciones del país, así como para las distintas causas de muerte incluidas en esta investigación. Para éstas, las probabilidades son aquellas de que una persona de edad exacta  $x$  salga de la tabla antes de la

edad exacta  $x+n$ , por la causa  $j$ , dado que se mantuvo hasta la edad exacta  $x$ , es decir, son las probabilidades de una tabla de decrementos múltiples<sup>42</sup>.

Las probabilidades para el *total de defunciones*, al igual que las tasas específicas, muestran el patrón común en forma de  $j$  de la mortalidad explicado previamente. Asimismo, se observa una mortalidad masculina mayor en todos los grupos de edad hasta los 75 años. Estas diferencias en cuanto a las probabilidades de morir, también alcanzan su máximo entre los grupos de edad de 15 a 30 años. A partir de esas edades, la diferencia en las probabilidades entre los sexos tiende a disminuir, y en algunos años la probabilidad de muerte de las mujeres supera a la masculina en los grupos de edades mayores. Respecto de los cambios en el tiempo, resalta la disminución que las probabilidades han tenido en prácticamente todo el rango de edad, particularmente en el primer año de vida y en las edades menores a 50 años. Pero, a partir de los 75 años, las probabilidades se incrementan en ambos sexos y este incremento en las probabilidades fue mayor, en términos relativos, para hombres que para mujeres.

Del mismo modo, para la *Diabetes Mellitus* las probabilidades en los primeros grupos de edad son las menores entre las causas de muerte consideradas en este análisis. A medida que avanza la edad, las probabilidades siguen una tendencia ascendente, con probabilidades similares entre hombres y mujeres a lo largo de todo el rango de edad. Asimismo, la tendencia de las probabilidades en el tiempo tiene tres características: la primera es que en las edades más jóvenes, las probabilidades han disminuido con el tiempo; segundo, en las edades jóvenes (15 hasta los 50 años), las probabilidades se mantienen relativamente estables; y tercero, a partir de los 50 años, tienden a incrementarse, para ambos sexos, en todos los años que abarca el estudio.

Asimismo, las *Enfermedades Cardiovasculares* presentan unas probabilidades con una forma similar a la del total de defunciones. Llama la atención que las probabilidades no presentan una estabilización en las edades mayores, a diferencia de las otras causas en esos rangos de edad. Las probabilidades en los primeros grupos de edad (hasta el grupo de 20 a 24 años y excepto para 2005), son muy similares para hombres y mujeres. Sin embargo, a partir de ese grupo de edad, las probabilidades de muerte por esta causa son mayores para hombres que para mujeres hasta los 80 años, edad a partir de la cual las mujeres tienen una mayor probabilidad de muerte. Respecto de los cambios en el tiempo, en todas las edades menores a 70 años, las probabilidades presentan una tendencia a disminuir, la cual es mayor para mujeres.

---

<sup>42</sup> Las gráficas de las probabilidades para cada una de las causas se presentan en el Anexo IV

Las probabilidades por *Tumores (Neoplasias)* en los grupos de edad más jóvenes presentan un crecimiento incipiente con la edad; a partir del grupo de edad de 20 a 24 años, las probabilidades crecen de manera sostenida e importante hasta los 60 años aproximadamente; y a partir de esa edad, se estabilizan. Respecto de las diferencias entre hombres y mujeres, en los primeros grupos de edad hasta los 25 años, las probabilidades son mayores para los hombres; a partir de ese grupo de edad y hasta los 64 años las probabilidades son mayores para mujeres; y del grupo de edad de 65 a 69 años, en adelante, las probabilidades son mayores para hombres, en todos los años de estudio. En cuanto a los cambios presentados en el tiempo resalta que en los adultos mayores existió un incremento en el nivel de las probabilidades para ambos sexos, aunque el incremento fue mayor para hombres que para mujeres.

Además, para el *Resto de Defunciones* las probabilidades siguen el mismo patrón que el total de defunciones ya que presentan la misma forma funcional en forma de  $j$ . Respecto de las diferencias entre hombres y mujeres, éstas son similares al del total de defunciones, ya que las probabilidades son mayores para los hombres en casi todo el rango de edad. Del mismo modo que en el caso del total de defunciones (aunque no en las mismas edades), la diferencia entre las probabilidades de hombres y mujeres alcanza su máximo entre las edades de 20 a 40 años en esta causa; y las diferencias entre las probabilidades tiende a disminuir con el paso de la edad. Finalmente, en cuanto a cambios en el tiempo, resalta que las probabilidades en todos los grupos de edad menores a 75 años disminuyeron a lo largo del periodo de estudio, para ambos sexos.

En este apartado se realizó un análisis de las tasas específicas de mortalidad y de las probabilidades de muerte. Entre los resultados más relevantes están que para el *total de enfermedades, enfermedades cardiovasculares, tumores y resto de enfermedades*, las tasas de mortalidad han disminuido de forma paulatina a lo largo del periodo de estudio para edades menores a los 70 años, y han aumentado para los mayores a 80 años (aunque en tumores, el comportamiento en las primeras edades no tiene una tendencia definida). En cambio para la *diabetes*, las tasas de mortalidad han tendido a aumentar en estos últimos 30 años, especialmente para edades mayores a 35 años.

Ahora bien, respecto de las probabilidades de muerte para el total de defunciones, las *enfermedades cardiovasculares, tumores y resto de enfermedades*, se observa un comportamiento similar al de las tasas específicas, puesto que en las edades menores a 70 años

se han presentado disminuciones en las probabilidades, mientras en las edades posteriores se han dado incrementos; para la *diabetes*, la tendencia de las probabilidades en el tiempo tiene tres características: primero, en las edades más jóvenes, las probabilidades han disminuido con el tiempo; segundo, en las edades jóvenes (15 hasta los 50 años), las probabilidades se mantienen relativamente estables; y tercero, a partir de los 50 años, tienden a incrementarse, para ambos sexos.



## *Capítulo V*

### **Caracterización de las estructuras por edad de las defunciones mediante funciones de supervivencia y diferentes ajustes a estas estructuras.**

Este capítulo tiene como objetivo presentar los resultados de los principales ajustes realizados sobre los datos de defunciones para las causas de muerte seleccionadas en esta investigación, y a partir de ellos tomar la decisión sobre cuál es el mejor ajuste posible de los datos de mortalidad, ya sea utilizando un solo método de análisis o una combinación de ellos.

En primer lugar, se presenta un análisis de la bondad de ajuste que las funciones Gompertz, Gompertz-Makeham y Lazarus tienen sobre los datos, con la finalidad de analizar la calidad del ajuste de éstas y también, las edades en las cuales este tipo de ajuste resulta adecuado y en cuáles no. Segundo, se presentan los principales resultados de la obtención de los parámetros óptimos de las funciones, lo cual se lleva a cabo con la intención de calcular la mejor estimación posible de las funciones de supervivencia sobre los datos de mortalidad.

En tercer lugar, se exponen los resultados de la corrección lineal, que se realizó sobre el ajuste de las funciones de supervivencia anteriores, el cual es una primera corrección en el esfuerzo por realizar el mejor ajuste posible de los datos de mortalidad. Cuarto, se expone la corrección polinómica que se llevó a cabo que para obtener ajustes más adecuados de las defunciones. Este ajuste se realizó principalmente para las primeras edades de la tabla de vida y para las edades mayores, con la finalidad de conseguir el mejor ajuste posible de las probabilidades de muerte, no solo enfocándose en la serie de supervivientes.

Posteriormente, en el quinto apartado se presentan los principales resultados del ajuste realizado por medio de splines cúbicos sobre los datos de mortalidad. En la última parte se presenta un resumen con el cual se tiene la intención de señalar los principales resultados generales de los distintos ajustes y correcciones realizados a lo largo de todo el capítulo; así

como cuales son las principales ventajas y desventajas que se tiene con cada corrección o ajuste; y una vez tomadas en cuenta estas ventajas se propone un método de estimación final.

### **5.1. Caracterización de las Estructuras por Edad de las Defunciones Mediante Funciones de Supervivencia Conocidas.**

En este apartado se ajustaron las funciones de supervivencia más utilizadas en el análisis demográfico de la mortalidad a las defunciones del periodo de 1979 a 2008, utilizando tablas de vida elaboradas a partir de estadísticas vitales, para los años de 1980 a 2007. Esto se realizó con el objetivo de analizar la calidad del ajuste que tienen las funciones Gompertz, Gompertz-Makeham y Lazarus sobre los datos de defunciones empleados en este estudio; y a partir del análisis de la bondad de ajuste de las funciones, se pretende ver las edades en las cuales pueden resultar útiles estas funciones para ajustar los datos y en cuales el ajuste no resulta adecuado.

Como se vio previamente, existe una larga historia en el desarrollo de leyes de mortalidad, y la mejor contribución en este campo se considera que es la realizada por Gompertz en 1825. Se ha observado en otras investigaciones que en las edades adultas las leyes de Gompertz, Gompertz-Makeham y Lazarus (las últimas dos son modificaciones realizadas sobre la función original) ajustan de manera satisfactoria el comportamiento de la mortalidad. Esto es, en varios estudios se ha visto que generalmente las tasas de mortalidad se incrementan de forma casi exponencial con la edad a través de todo el rango de edad de la vida adulta, siguiendo el comportamiento descrito por esta función de supervivencia.

Sin embargo, existe evidencia de que estas leyes de mortalidad no ajustan de manera correcta ciertas características de la curva de mortalidad: como las edades más jóvenes donde las tasas son muy altas, inmediatamente después del nacimiento y después comienzan a disminuir, presentándose un cambio de concavidad en las probabilidades de muerte; tampoco presentan buen ajuste de las edades adultas jóvenes, particularmente para hombres (Congdon, 1993); ni presentan buen ajuste en edades muy avanzadas. Por ello se espera que el resultado del ajuste de las funciones aquí utilizadas sea bueno en las edades adultas, pero que en las edades más jóvenes y las edades mayores, no presenten un ajuste adecuado.

Es importante mencionar que la estimación se realizó por medio del método de los grupos no superpuestos (Mina 2001; 2006), para el *total de defunciones*, para las distintas causas de

muerte seleccionadas en esta investigación (*diabetes, enfermedades cardiovasculares y tumores*) y para el *resto de las causas de muerte*, por sexo. Por medio de este método se estiman los valores de los parámetros para cada una de las leyes de mortalidad. Una vez que se tienen los parámetros se estima la serie de supervivientes a edad  $x$  para la causa en cuestión, y con base en ella, se obtienen las probabilidades de fallecimiento en ausencia de la causa en cuestión (excepto para el total de defunciones) a partir del método de Cerisola (1968) para eliminación de causas. Para las tres funciones y para cada una de las causas de muerte se analizó la bondad de ajuste de éstas, por medio del estadístico  $R^2$ , comparando el ajuste de la función de supervivientes a edad  $x$ , con la función observada.

Para las probabilidades de fallecimiento, el análisis de la bondad de ajuste se realiza sobre las probabilidades de fallecimiento una vez que se elimina la causa de muerte ( $q_x^i$ ), comparando las probabilidades estimadas, a partir de la función ajustada y las tablas de vida de eliminación de causa observadas. En caso de que el ajuste no fuera del todo satisfactorio, se modificaron los parámetros de manera manual, para mejorar el ajuste *original* que las distintas funciones proporcionaron de los datos, siguiendo como criterio de bondad de ajuste el estadístico  $R^2$  para las dos series de la tabla de vida que se eligieron para analizar; estas series son los sobrevivientes a edad exacta  $x$  ( $l_x$ ) y las probabilidades de muerte ( $q_x^i$ ) en ausencia de la causa de muerte. A continuación se presentan los resultados más relevantes.

### **5.1.1. Gompertz**

En el caso de esta función de supervivencia, el número de parámetros que se estiman son tres, los cuales por convención se nombran  $c$ ,  $d$  y  $k$ . En la siguiente tabla (cuadro 2) se presentan los resultados del ajuste de la función sobre los datos de mortalidad.

**Cuadro 2 – Bondad de ajuste función Gompertz mediante  $R^2$  para la serie  $l_x$ ,  
México 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.9997	0.8095	0.9396	0.8504	0.9963	0.9995	0.7997	0.9713	0.8956	0.9973
1981	0.9997	0.8113	0.9386	0.8485	0.9960	0.9996	0.8032	0.9695	0.8974	0.9969
1982	0.9997	0.8020	0.9334	0.8458	0.9956	0.9997	0.7907	0.9700	0.8946	0.9962
1983	0.9997	0.8050	0.9291	0.8499	0.9952	0.9997	0.7933	0.9662	0.8951	0.9954
1984	0.9997	0.7955	0.9291	0.8424	0.9941	0.9997	0.7958	0.9641	0.8957	0.9936
1985	0.9996	0.8016	0.9243	0.8470	0.9942	0.9997	0.8024	0.9611	0.8906	0.9938
1986	0.9995	0.7966	0.9260	0.8418	0.9945	0.9997	0.7953	0.9599	0.8931	0.9941
1987	0.9995	0.7978	0.9243	0.8396	0.9941	0.9997	0.7964	0.9589	0.8926	0.9929
1988	0.9996	0.7944	0.9204	0.8414	0.9936	0.9998	0.7979	0.9562	0.8936	0.9915
1989	0.9996	0.7974	0.9205	0.8421	0.9929	0.9998	0.8019	0.9555	0.8887	0.9912
1990	0.9996	0.7916	0.9205	0.8411	0.9932	0.9998	0.7906	0.9551	0.8910	0.9912
1991	0.9996	0.7981	0.9231	0.8482	0.9928	0.9999	0.7990	0.9532	0.8920	0.9911
1992	0.9996	0.7965	0.9198	0.8423	0.9934	0.9999	0.7977	0.9548	0.8890	0.9897
1993	0.9996	0.7908	0.9234	0.8499	0.9933	0.9999	0.7924	0.9552	0.8954	0.9893
1994	0.9996	0.8011	0.9227	0.8507	0.9933	0.9999	0.7961	0.9546	0.8922	0.9892
1995	0.9995	0.7949	0.9234	0.8490	0.9933	0.9999	0.7955	0.9538	0.8925	0.9887
1996	0.9995	0.7913	0.9201	0.8498	0.9929	0.9999	0.7907	0.9498	0.8893	0.9886
1997	0.9995	0.7959	0.9190	0.8504	0.9928	0.9999	0.7944	0.9482	0.8902	0.9887
1998	0.9995	0.7944	0.9159	0.8515	0.9929	0.9999	0.7930	0.9472	0.8903	0.9893
1999	0.9996	0.7898	0.9152	0.8519	0.9935	0.9999	0.7964	0.9453	0.8895	0.9906
2000	0.9996	0.7952	0.9157	0.8544	0.9932	0.9999	0.8004	0.9440	0.8945	0.9906
2001	0.9996	0.7998	0.9174	0.8537	0.9930	0.9999	0.8082	0.9431	0.8970	0.9901
2002	0.9996	0.8001	0.9182	0.8578	0.9926	0.9999	0.8054	0.9444	0.8937	0.9898
2003	0.9995	0.8031	0.9190	0.8583	0.9919	1.0000	0.8073	0.9457	0.8934	0.9888
2004	0.9994	0.8041	0.9190	0.8603	0.9919	1.0000	0.8157	0.9431	0.8954	0.9880
2005	0.9993	0.8093	0.9183	0.8611	0.9923	1.0000	0.8165	0.9435	0.8928	0.9885
2006	0.9992	0.8094	0.9219	0.8628	0.9923	0.9999	0.8148	0.9450	0.8955	0.9883
2007	0.9990	0.8149	0.9228	0.8652	0.9927	0.9999	0.8215	0.9438	0.8934	0.9879

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Para el *total de defunciones*, los tres parámetros de la función Gompertz presentan un comportamiento creciente en el tiempo, tanto para hombres, como para mujeres. Cabe mencionar que el ajuste inicial de los datos de mortalidad para ambos sexos fue satisfactorio por lo cual no se presentó la necesidad de modificar los parámetros para mejorar el ajuste de la función sobre los datos. El ajuste es bueno en las edades de 20 a 80 años. En cambio, el ajuste en las edades de 0 a 20 años y los mayores a 80 no resulta ser del todo satisfactorio.

Asimismo, para la *diabetes mellitus* el comportamiento de los parámetros originales  $c$  y  $d$  es creciente conforme pasa el tiempo, mientras que el parámetro  $k$  tiende a disminuir. Cabe mencionar que en este caso se modificaron los parámetros de manera manual para mejorar la bondad de ajuste de los datos. Esto se realiza con la intención de corregir el ajuste en las edades donde sea necesario; en este caso se llevó a cabo para los mayores a 80 años, donde el ajuste

resultó deficiente. Ahora bien, el ajuste de la función en hombres para esta causa, después de las modificaciones a los parámetros, mejora considerablemente. Para las mujeres, la función Gompertz en esta causa de muerte presenta un ajuste similar al que se observa en hombres.

Los tres parámetros originales en las *enfermedades cardiovasculares* presentan un comportamiento creciente a lo largo del periodo de estudio. En esta causa de muerte, éstos también se modificaron de manera manual en un intento de mejorar la bondad de ajuste. Al igual que en la causa de muerte anterior, el comportamiento inicial de la serie  $l_x$  resulta poco satisfactorio, incluso presentándose un incremento en el valor de esta serie a partir de los 80 años de edad. Una vez modificados los parámetros, el ajuste de la función mejora notablemente, a pesar de que el ajuste no sea del todo el adecuado especialmente en las edades mayores. De forma similar, para mujeres la estimación original se puede considerar inadecuada, puesto que los valores del indicador  $R^2$  resultan relativamente bajos (particularmente para la  $q_x$ , al igual que en los hombres)<sup>43</sup>. Pero de igual manera que en el caso de los hombres, las modificaciones a los parámetros incrementaron la bondad de ajuste de los datos.

Del mismo modo, en los *tumores*, los parámetros  $c$  y  $d$  de la función presentaron un comportamiento creciente, y el parámetro  $k$  uno inverso. Al igual que en las causas anteriores, se modificaron manualmente los parámetros. El ajuste sobre los datos fue relativamente bueno en las edades adultas, sin embargo, para los 85 años en adelante, el ajuste original no resulta satisfactorio, ni para hombres, ni para mujeres. Sin embargo, el ajuste mejora notoriamente después de modificar los parámetros (reflejado en los valores de las  $R^2$ ), para ambos sexos<sup>44</sup>.

En el ajuste inicial de la función para el *resto de las causas de muerte*, los tres parámetros tienen un comportamiento creciente con el paso del tiempo en el caso de las mujeres, y para los hombres lo hacen los parámetros  $c$  y  $d$ , siendo que el parámetro  $k$  tiene un comportamiento irregular. En este caso también se modificaron los parámetros manualmente. En cuanto al ajuste original, a partir de las edades mayores a 80 años, éste resulta ser deficiente. En particular, el ajuste inicial para la serie  $q_x$ , fue poco satisfactorio por lo cual la modificación de los parámetros se centró en mejorar este ajuste. Una vez cambiados los parámetros, la estimación de las probabilidades para los hombres mejora ligeramente, sin embargo, el ajuste de los supervivientes

---

<sup>43</sup> Ver anexo V donde se presenta la bondad de ajuste de la serie  $q_x$ .

<sup>44</sup> Ver siguiente apartado de ajuste parámetros óptimos y el anexo V.

a edad  $x$  no resulta adecuado, ni con el ajuste inicial ni después de la modificación de los parámetros. Para mujeres se puede observar una situación similar a la de los hombres.

### 5.1.2. Gompertz-Makeham

A diferencia de la función anterior, para ésta se estiman cuatro parámetros, los cuales por convención se nombran  $d$ ,  $b$ ,  $a$  y  $k$ . Al igual que con la función de supervivencia anterior, a continuación se presentan los resultados del ajuste de la función Gompertz-Makeham sobre los datos de mortalidad (cuadro 3).

**Cuadro 3 – Bondad de ajuste Gompertz-Makeham  $R^2$  para la serie  $l_x$ , México 1980 – 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.9997	0.8877	0.9563	0.9198	0.9926	0.9996	0.9086	0.9710	0.9396	0.9858
1981	0.9997	0.8291	0.9406	0.8077	0.9977	0.9998	0.8016	0.9687	0.9267	0.9934
1982	0.9997	0.8118	0.9323	0.8090	0.9976	0.9998	0.7830	0.9684	0.9229	0.9924
1983	0.9997	0.8150	0.9295	0.8089	0.9970	0.9998	0.7853	0.9652	0.9231	0.9902
1984	0.9997	0.7983	0.9289	0.8041	0.9960	0.9997	0.7842	0.9621	0.9244	0.9871
1985	0.9997	0.8100	0.9247	0.8051	0.9958	0.9997	0.8001	0.9595	0.9135	0.9869
1986	0.9997	0.7956	0.9267	0.8001	0.9957	0.9997	0.7869	0.9570	0.9183	0.9872
1987	0.9997	0.8028	0.9251	0.7966	0.9947	0.9997	0.7877	0.9554	0.9149	0.9855
1988	0.9998	0.7958	0.9213	0.7969	0.9941	0.9997	0.7876	0.9526	0.9163	0.9820
1989	0.9998	0.7990	0.9221	0.7987	0.9934	0.9998	0.7931	0.9531	0.9089	0.9796
1990	0.9998	0.7875	0.9215	0.7933	0.9939	0.9998	0.7787	0.9526	0.9117	0.9807
1991	0.9999	0.7946	0.9250	0.8068	0.9930	0.9998	0.7892	0.9502	0.9107	0.9805
1992	0.9999	0.7926	0.9220	0.7967	0.9940	0.9998	0.7857	0.9539	0.9053	0.9775
1993	0.9999	0.7829	0.9258	0.8059	0.9939	0.9998	0.7815	0.9538	0.9143	0.9770
1994	0.9999	0.8007	0.9256	0.8075	0.9937	0.9997	0.7828	0.9545	0.9090	0.9760
1995	0.9999	0.7911	0.9253	0.8042	0.9934	0.9997	0.7851	0.9538	0.9090	0.9744
1996	0.9999	0.7863	0.9221	0.8062	0.9925	0.9997	0.7790	0.9500	0.9043	0.9747
1997	0.9999	0.7963	0.9215	0.8044	0.9919	0.9997	0.7844	0.9485	0.9063	0.9732
1998	0.9999	0.7936	0.9170	0.8061	0.9927	0.9997	0.7875	0.9479	0.9043	0.9741
1999	0.9999	0.7871	0.9168	0.8028	0.9935	0.9997	0.7905	0.9462	0.9055	0.9745
2000	0.9999	0.7936	0.9175	0.8082	0.9928	0.9996	0.7971	0.9442	0.9091	0.9750
2001	0.9999	0.7970	0.9184	0.8086	0.9923	0.9997	0.8036	0.9434	0.9115	0.9740
2002	0.9999	0.8018	0.9188	0.8117	0.9916	0.9997	0.8039	0.9450	0.9087	0.9720
2003	0.9999	0.8033	0.9201	0.8129	0.9902	0.9998	0.8075	0.9459	0.9067	0.9708
2004	0.9999	0.8070	0.9193	0.8130	0.9901	0.9998	0.8156	0.9427	0.9060	0.9691
2005	0.9999	0.8130	0.9179	0.8152	0.9902	0.9998	0.8170	0.9427	0.9036	0.9699
2006	0.9999	0.8138	0.9204	0.8160	0.9901	0.9999	0.8159	0.9441	0.9074	0.9686
2007	0.9999	0.8185	0.9223	0.8146	0.9900	0.9999	0.8218	0.9432	0.9029	0.9685

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Para el *total de defunciones* los parámetros de la función Gompertz-Makeham presentan un comportamiento creciente a lo largo del periodo de estudio, tanto para hombres, como para mujeres. Asimismo, el ajuste inicial de los datos resultó ser adecuado y cada año presenta un mejor ajuste. Debido a esto no hubo la necesidad de modificar los parámetros para mejorar el

ajuste original. Sin embargo, en un análisis más a fondo de la estimación, se puede observar que el ajuste resulta menos adecuado (sin dejar de ser bueno) en las edades más jóvenes (menores a 10 años) y en las edades mayores (mayores de 90 años).

Para *diabetes mellitus* el comportamiento del parámetro original  $a$ , tiene una tendencia creciente, mientras que los otros tres parámetros presentan valores prácticamente constantes (esto tanto para hombres, como para mujeres). Al igual que con la función Gompertz, se modificaron los parámetros estimados inicialmente, debido a que el ajuste en las edades mayores principalmente (mayores a 80 años) resultó ser deficiente. Después de la modificación, el ajuste en hombres de las series  $l_x$  y  $q_x$  mejoró sustantivamente, lo cual se puede ver reflejado en los valores del indicador  $R^2$ . Para mujeres se tiene una situación similar que con los hombres<sup>45</sup>.

Para *enfermedades cardiovasculares*, los parámetros estimados inicialmente presentan un comportamiento distinto a la causa de muerte anterior. En ambos sexos, los parámetros  $d$ ,  $b$  y  $k$  se incrementan durante todo el periodo de estudio; pero el parámetro  $a$ , en hombres disminuye de manera paulatina, mientras que para las mujeres tiene un comportamiento constante. Ahora bien, el ajuste inicial para esta causa no es satisfactorio, particularmente de los 80 años de edad en adelante, por lo que se procedió también a modificar los parámetros. En este sentido, el nuevo ajuste de la función se puede ver que fue muy similar al original para la serie  $l_x$ , esto tanto para hombres como para mujeres, el cual se puede considerar adecuado. En cambio, para la serie de probabilidades de muerte, el ajuste con los parámetros modificados mejoró considerablemente.

Para *tumores* los parámetros estimados de la función Gompertz-Makeham se puede ver que el comportamiento de los mismos es diferente para hombres y mujeres. Para hombres, los parámetros  $b$ ,  $a$  y  $k$ , presentan un comportamiento estable durante el periodo de estudio, mientras que el parámetro  $d$  se incrementa de forma continua durante los años del análisis. En cambio, los parámetros  $d$  y  $b$  de mujeres en esta causa se incrementan de forma paulatina, mientras que el  $a$  y el  $k$  disminuyen durante el periodo de análisis. También, se realizaron modificaciones manuales a los parámetros. El ajuste de los datos para hombres fue deficiente en un inicio, para los supervivientes a edad  $x$  y para las probabilidades de muerte, el cual mejoró de manera notable después de modificar los parámetros. Para mujeres esta causa también presentó un mejor ajuste.

El ajuste para el *resto de las causas de muerte*, indica que los valores estimados de los parámetros  $d$  y  $b$  iniciales para hombres se incrementan, mientras que  $a$  y  $k$  disminuyen durante

---

<sup>45</sup> Ver anexo V.

todos los años del estudio. En cambio, en las mujeres todos los parámetros se incrementan. Los parámetros también se modificaron de manera manual. Los resultados para ambos sexos muestran que, si bien el ajuste inicial (analizado por las  $R^2$ ) de las serie de supervivientes a edad  $x$  era bueno, el ajuste para las probabilidades de muerte era deficiente, pero después de las modificaciones, el ajuste para las series resulta aceptable<sup>46</sup>.

### 5.1.3. Lazarus

En el análisis de esta función de supervivencia, se estiman cinco parámetros, los cuales se nombran por convención  $d$ ,  $b$ ,  $f$ ,  $a$  y  $k$ . Los resultados de la bondad de ajuste de la función Lazarus sobre la  $l_x$  por medio de la  $R^2$  se presentan en la siguiente tabla

**Cuadro 4 – Bondad de ajuste, Lazarus mediante  $R^2$  para la serie  $l_x$ , México 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.9997	0.8737	0.9787	0.9271	0.9990	0.9996	0.9239	0.9962	0.9354	0.9982
1981	0.9997	0.8791	0.9168	0.9321	0.9989	0.9995	0.9635	0.9961	0.9413	0.9980
1982	0.9997	0.8814	0.9476	0.9299	0.9989	0.9996	0.9611	0.9956	0.9424	0.9979
1983	0.9997	0.8856	0.8777	0.9640	0.9987	0.9996	0.9583	0.9955	0.9414	0.9976
1984	0.9997	0.8839	0.9819	0.9321	0.9983	0.9996	0.9625	0.9950	0.9443	0.9970
1985	0.9997	0.8895	0.9861	0.9407	0.9983	0.9996	0.9611	0.9939	0.9442	0.9971
1986	0.9997	0.8916	0.9895	0.9384	0.9981	0.9996	0.9560	0.9924	0.9480	0.9972
1987	0.9997	0.9002	0.9892	0.9409	0.9978	0.9997	0.9409	0.9933	0.9464	0.9965
1988	0.9998	0.8968	0.9879	0.9404	0.9977	0.9998	0.9379	0.9929	0.9478	0.9961
1989	0.9998	0.8935	0.9887	0.9440	0.9976	0.9998	0.9412	0.9923	0.9454	0.9960
1990	0.9998	0.8961	0.9885	0.9447	0.9977	0.9999	0.9414	0.9924	0.9508	0.9957
1991	0.9998	0.9018	0.9901	0.9518	0.9974	0.9999	0.9454	0.9923	0.9532	0.9960
1992	0.9998	0.9040	0.9895	0.9510	0.9977	0.9999	0.9464	0.9924	0.9512	0.9960
1993	0.9998	0.8979	0.9902	0.9564	0.9976	0.9999	0.9403	0.9928	0.9592	0.9963
1994	0.9999	0.9093	0.9903	0.9582	0.9976	0.9999	0.9424	0.9929	0.9567	0.9962
1995	0.9999	0.9026	0.9905	0.9580	0.9973	0.9999	0.9430	0.9925	0.9578	0.9961
1996	0.9999	0.9035	0.9900	0.9567	0.9971	0.9999	0.9407	0.9927	0.9537	0.9956
1997	0.9999	0.9088	0.9895	0.9559	0.9971	0.9999	0.9439	0.9924	0.9579	0.9957
1998	0.9999	0.9093	0.9893	0.9591	0.9792	1.0000	0.9430	0.9917	0.9801	0.9956
1999	0.9999	0.9111	0.9893	0.9622	0.9972	1.0000	0.9464	0.9909	0.9573	0.9960
2000	0.9999	0.9193	0.9897	0.9652	0.9972	1.0000	0.9517	0.9915	0.9654	0.9959
2001	0.9999	0.9233	0.9900	0.9657	0.9971	1.0000	0.9577	0.9910	0.9687	0.9954
2002	0.9999	0.9238	0.9899	0.9668	0.9966	1.0000	0.9580	0.9901	0.9665	0.9950
2003	0.9999	0.9274	0.9897	0.9677	0.9963	1.0000	0.9596	0.9896	0.9686	0.9944
2004	0.9998	0.9610	0.9892	0.9686	0.9958	1.0000	0.9637	0.9889	0.9707	0.9939
2005	0.9998	0.9596	0.9886	0.9688	0.9957	1.0000	0.9655	0.9880	0.9685	0.9935
2006	0.9998	0.9594	0.9888	0.9691	0.9954	1.0000	0.9661	0.9875	0.9717	0.9931
2007	0.9998	0.9643	0.9890	0.9692	0.9952	1.0000	0.9696	0.9866	0.9708	0.9932

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

<sup>46</sup> Ver anexo V.

Ahora bien, para el *total de defunciones*, en hombres los valores estimados de los parámetros  $d$ ,  $b$  y  $k$  de la función Lazarus presentan un comportamiento creciente y el resto de los parámetros no tienen una tendencia definida. En cambio, para las mujeres son los parámetros  $b$  y  $k$  los que muestran una tendencia creciente, mientras que el resto tienen un comportamiento errático. Al igual que en las funciones anteriores, se analizó el ajuste inicial de los datos, y no se modificaron los parámetros de manera manual puesto que el ajuste se considera que es bastante bueno para las series de la tabla de vida y para cada uno de los sexos.

Asimismo, para la *diabetes mellitus* se analizaron los parámetros originales y en hombres el parámetro  $d$  tiene una tendencia decreciente mientras que los otros parámetros tienen comportamientos que se pueden considerar extraños y sin ninguna tendencia clara. Esto es, el parámetro  $b$  presenta valores cercanos a cero en algunos años, mientras que en otros presenta valores enormes, lo cual hasta cierto punto se podría pensar como una compensación, en parte con los valores del parámetro  $k$ , con un comportamiento contrario en esos años. De forma similar, en mujeres el parámetro  $d$  decrece durante todos los años del estudio; y de igual manera que con los hombres, en los años que el parámetro  $b$  presenta valores cercanos a cero, el parámetro  $k$  presenta valores altos y viceversa. De igual manera que en las funciones anteriores para esta causa de muerte, los parámetros se modificaron para ambos sexos para mejorar la bondad de ajuste, particularmente en las edades mayores, donde las tres funciones analizadas han tenido problemas. De esta forma, se puede ver que el ajuste en hombres mejoró notablemente. En cambio, para mujeres el ajuste si bien mejora, lo hace en menor medida.

Los parámetros para las *enfermedades cardiovasculares* en hombres nos indican que mientras que los valores de  $d$  y  $b$  crecen,  $f$  y  $k$  disminuyen, con el parámetro  $a$  sin tener una tendencia definida. Cabe mencionar que en los últimos tres años de estudio, se vuelve a presentar la “compensación” entre los parámetros  $b$  y  $k$ , en el sentido de que el primero se incrementa a valores enormes, mientras que el segundo toma valores cercanos a cero. En el caso de las mujeres se observa que el parámetro  $b$  muestra un patrón de crecimiento,  $f$  y  $a$  disminuyen durante el periodo de estudio y los otros no tienen una tendencia definida. Asimismo, se pudo observar que presenta ciertos problemas en las edades más jóvenes (especialmente en los hombres) y en las edades mayores, por lo que se procedió a cambiar los parámetros de la función de manera manual. El ajuste tanto para hombres, como para mujeres mejora notablemente para

las probabilidades de muerte; pero para la serie de supervivientes, si bien el ajuste es bueno, después de la modificación no mejora de manera sustantiva.

En cambio, para los *tumores* en los hombres el parámetro  $d$  tiene una tendencia creciente durante todo el periodo de estudio; los parámetros  $b$  y  $k$  presentan el ya mencionado patrón compensatorio. En el caso de las mujeres, el parámetro  $d$  decrece durante todos los años de forma paulatina; del mismo modo,  $b$  y  $k$  tienen el comportamiento compensatorio; los otros dos parámetros, al igual que en los hombres no tienen una tendencia definida. El ajuste se intentó mejorar modificando los parámetros de forma manual. En este sentido, se puede observar que el ajuste sobre los datos para ambos sexos fue satisfactorio para la serie de mortalidad  $l_x$ ; mientras que para la serie  $q_x$  el ajuste no fue el óptimo. Cabe mencionar que a pesar de realizar el ajuste manual, en algunos años, éste no se pudo mejorar de manera notable.

Finalmente, la estimación para el *resto de las causas de muerte*, se observa que el parámetro  $d$  es el único con una tendencia creciente para ambos sexos, y el resto de los parámetros no muestran una tendencia definida. Se modificaron también los parámetros de forma manual aunque no para todos los años. Los resultados para los hombres indican que el ajuste resultó ser bueno para la serie de supervivientes, pero no así para las probabilidades de muerte, con valores de que disminuyen de forma paulatina. En cambio, para las mujeres se puede observar que con la modificación manual sucedieron dos cosas: para la serie de supervivientes a edad  $x$ , el ajuste disminuyó un poco pero continúa ajustando de forma adecuada (de inicio era bueno); y en la serie de probabilidades de muerte el ajuste se incrementó de manera notable, por lo que a pesar de presentar pérdidas en el ajuste de las  $l_x$ , vale la pena la mejora para la serie  $q_x$ .

Después de llevar a cabo el ajuste de las funciones de supervivencia más utilizadas en el análisis demográfico de la mortalidad, resalta que el ajuste de los datos para el *total de defunciones* (en ambos sexos) fue satisfactorio para las tres funciones, siendo el ajuste de la función Lazarus el más adecuado. En cuanto a las causas de muerte seleccionadas (*diabetes mellitus*, *enfermedades cardiovasculares* y *tumores*), tanto para hombres, como para mujeres, se modificaron los parámetros manualmente ya que el ajuste inicial no fue satisfactorio, particularmente en las edades más jóvenes y en las edades mayores a 80 años. En cambio, para las edades adultas, los ajustes resultaron ser buenos, lo que permite tener un panorama sobre los grupos de edad en los cuales es adecuado utilizar estas funciones. Además, se observó, de cierta

manera, que las tasas de mortalidad se incrementan de forma casi exponencial con la edad a través de la vida adulta, por lo cual el ajuste en estas edades resultó ser bueno; así como que estas leyes de mortalidad no ajustan correctamente las edades más jóvenes y en las edades avanzadas.

## 5.2. Ajuste de Parámetros Óptimos

En el apartado anterior se presentaron los resultados de los ajustes de las principales funciones de supervivencia utilizando tablas de vida de 1980 a 2007, para las 3 causas de muerte, el total y el resto de defunciones, y ambos sexos, con el objetivo de ver las edades en las cuales son útiles estas funciones para ajustar los datos y en cuales el ajuste no resulta adecuado. A manera de resumen, se mencionó que hubo un ajuste adecuado en las edades adultas; pero en menores de 20 años y en las edades mayores a 80 años el ajuste inicial no fue satisfactorio.

Aunado a ello, se encontraron ciertos problemas con los ajustes mencionados. Entre los que más destacan son: series de supervivientes mayores al radix; serie de supervivientes creciente de una edad a otra en las edades más jóvenes y en las edades mayores; y probabilidades de muerte negativas en ciertas edades. Debido a estos problemas, se procedió a obtener los parámetros óptimos de las funciones.

Los parámetros óptimos son aquellos que se obtienen a partir de la realización de varias iteraciones<sup>47</sup> tras las cuales se obtienen nuevos valores teóricos de los parámetros (Mina, 2006). Después de cada iteración se obtienen aproximaciones cada vez más satisfactorias de los parámetros. Esto es, el proceso se debe repetir hasta que la magnitud de las correcciones alcancen un valor reducido tal que no logren cambiar sensiblemente los valores teóricos obtenidos usando los valores de los parámetros hasta esa iteración (Mina, 2006). La finalidad de calcular estos parámetros es obtener la mejor estimación posible (la que proporcione el mejor ajuste) de las funciones de supervivencia sobre los datos de mortalidad analizados.

El resultado del ajuste por medio de los parámetros óptimos fue relativamente mejor que el ajuste inicial de las funciones de supervivencia, esto se puede apreciar en los distintos valores de las  $R^2$  que se presentan más adelante.

---

<sup>47</sup> Los pasos a seguir para realizar el método iterativo se pueden encontrar en Mina (2006).

### 5.2.1. Gompertz

A continuación se presentan los resultados del ajuste de la función Gompertz sobre las distintas causas de muerte, mediante los parámetros óptimos, con la finalidad de comparar los resultados de este ajuste, con el original presentado en el apartado anterior.

**Cuadro 5 – Bondad de ajuste función Gompertz mediante  $R^2$  parámetros óptimos para la serie  $l_x$ , México 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.9997	0.9478	0.9835	0.9581	0.9974	0.9995	0.9518	0.9909	0.9680	0.9978
1981	0.9997	0.9487	0.9832	0.9582	0.9971	0.9996	0.9536	0.9908	0.9690	0.9976
1982	0.9997	0.9474	0.9821	0.9580	0.9969	0.9997	0.9509	0.9908	0.9685	0.9973
1983	0.9997	0.9484	0.9808	0.9588	0.9967	0.9997	0.9501	0.9903	0.9686	0.9968
1984	0.9997	0.9465	0.9805	0.9573	0.9961	0.9997	0.9524	0.9895	0.9685	0.9958
1985	0.9996	0.9480	0.9792	0.9578	0.9962	0.9997	0.9535	0.9883	0.9676	0.9960
1986	0.9996	0.9474	0.9799	0.9562	0.9962	0.9997	0.9530	0.9872	0.9681	0.9962
1987	0.9996	0.9476	0.9795	0.9555	0.9959	0.9997	0.9538	0.9877	0.9678	0.9954
1988	0.9997	0.9470	0.9776	0.9564	0.9957	0.9998	0.9531	0.9869	0.9684	0.9946
1989	0.9997	0.9471	0.9777	0.9416	0.9953	0.9998	0.9532	0.9863	0.9669	0.9943
1990	0.9997	0.9458	0.9780	0.9557	0.9955	0.9998	0.9532	0.9863	0.9672	0.9943
1991	0.9997	0.9475	0.9787	0.9580	0.9952	0.9999	0.9539	0.9860	0.9681	0.9944
1992	0.9998	0.9475	0.9779	0.9565	0.9956	0.9999	0.9543	0.9863	0.9677	0.9940
1993	0.9997	0.9456	0.9785	0.9579	0.9955	0.9999	0.9523	0.9868	0.9694	0.9940
1994	0.9997	0.9481	0.9781	0.9588	0.9955	0.9999	0.9535	0.9867	0.9680	0.9940
1995	0.9997	0.9470	0.9784	0.9573	0.9953	0.9999	0.9527	0.9863	0.9684	0.9937
1996	0.9997	0.9454	0.9777	0.9577	0.9950	0.9999	0.9515	0.9307	0.9669	0.9934
1997	0.9997	0.9472	0.9770	0.9567	0.9950	0.9999	0.9526	0.9852	0.9677	0.9934
1998	0.9998	0.9461	0.9765	0.9579	0.9951	0.9999	0.9520	0.9849	0.9671	0.9935
1999	0.9998	0.9457	0.9762	0.9582	0.9954	0.9999	0.9517	0.9842	0.9671	0.9942
2000	0.9998	0.9471	0.9765	0.9586	0.9953	0.9999	0.9529	0.9846	0.9689	0.9942
2001	0.9998	0.9483	0.9769	0.9580	0.9952	1.0000	0.9550	0.9844	0.9697	0.9938
2002	0.9998	0.9484	0.9769	0.9583	0.9948	1.0000	0.9538	0.9840	0.9686	0.9934
2003	0.9998	0.9490	0.9766	0.9590	0.9943	1.0000	0.9543	0.9840	0.9681	0.9927
2004	0.9997	0.9487	0.9762	0.9593	0.9940	1.0000	0.9559	0.9133	0.9689	0.9922
2005	0.9997	0.9500	0.9756	0.9591	0.9941	1.0000	0.9560	0.9132	0.9682	0.9922
2006	0.9996	0.9501	0.9763	0.9592	0.9940	1.0000	0.9556	0.9141	0.9689	0.9919
2007	0.9996	0.9519	0.9764	0.9598	0.9940	1.0000	0.9577	0.9164	0.9685	0.9918

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

El ajuste para el *total de defunciones* para ambos sexos es adecuado utilizando este tipo de parámetros. Del mismo modo, para el grupo del *resto de defunciones* el ajuste se puede considerar bueno, para ambos sexos. Sin embargo, al analizar los resultados para las demás causas de muerte se puede ver que existen ciertos problemas. Para *diabetes* (en ambos sexos) el ajuste con los parámetros originales (cuadro 5) o iniciales no resulta bueno. En cambio cuando se utilizan los parámetros de las iteraciones el ajuste mejora de manera sustantiva. Esta situación es

similar para *enfermedades cardiovasculares*, aunque el ajuste original resulto un poco mejor que con diabetes, y también sucede que al realizar las estimaciones óptimas, el valor de las  $R^2$  se incrementa aunque de manera menos notable que en la causa anterior. Cabe mencionar que el ajuste resulta relativamente mejor para mujeres que para hombres. La situación para *tumores* es similar que para las otras causas, ya que el ajuste inicial no es del todo bueno (cuadro 5), es mejor para mujeres que para hombres, y al realizar la estimación con los parámetros obtenidos de iteraciones el ajuste mejora de manera significativa.

### 5.2.2. Gompertz-Makeham

En las siguiente tabla (cuadro 6) se presentan los resultados del ajuste de la función Gompertz-Makeham sobre los distintos grupos de causas de muerte elegidos en esta investigación. Las estimaciones se realizaron mediante los parámetros óptimos.

**Cuadro 6 – Bondad de ajuste función Gompertz-Makeham mediante  $R^2$  parámetros óptimos para la serie  $l_x$ , México 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.9997	0.9574	0.9911	0.9676	0.9991	0.9997	0.9639	0.9949	0.9781	0.9980
1981	0.9997	0.9584	0.9910	0.9682	0.9990	0.9997	0.9661	0.9950	0.9791	0.9979
1982	0.9998	0.9578	0.9903	0.9681	0.9988	0.9997	0.9624	0.9948	0.9773	0.9977
1983	0.9998	0.9589	0.9893	0.9689	0.9985	0.9998	0.9620	0.9945	0.9786	0.9973
1984	0.9997	0.9575	0.9891	0.9679	0.9981	0.9998	0.9634	0.9939	0.9788	0.9966
1985	0.9997	0.9590	0.9882	0.9686	0.9981	0.9997	0.9661	0.9929	0.9775	0.9967
1986	0.9997	0.9589	0.9886	0.9663	0.9979	0.9997	0.9637	0.9920	0.9781	0.9968
1987	0.9998	0.9596	0.9883	0.9652	0.9976	0.9998	0.9649	0.9923	0.9777	0.9961
1988	0.9998	0.9590	0.9869	0.9389	0.9975	0.9998	0.9632	0.9918	0.9783	0.9956
1989	0.9998	0.9588	0.9870	0.9652	0.9972	0.9998	0.9354	0.9913	0.9766	0.9953
1990	0.9999	0.9580	0.9873	0.9647	0.9973	0.9999	0.8833	0.9913	0.9766	0.9952
1991	0.9999	0.9596	0.9879	0.9676	0.9971	0.9999	0.9358	0.9911	0.9775	0.9954
1992	0.9999	0.9599	0.9875	0.9629	0.9974	0.9999	0.8864	0.9914	0.9772	0.9953
1993	0.9999	0.9572	0.9878	0.9672	0.9973	0.9999	0.9616	0.9917	0.9789	0.9953
1994	0.9999	0.9607	0.9876	0.9663	0.9973	0.9999	0.9630	0.9917	0.9776	0.9953
1995	0.9999	0.9596	0.9877	0.9596	0.9970	0.9999	0.9625	0.9914	0.9780	0.9951
1996	0.9999	0.9583	0.9872	0.9659	0.9967	0.9999	0.9614	0.9912	0.9766	0.9948
1997	0.9999	0.9601	0.9866	0.9640	0.9967	0.9999	0.9625	0.9908	0.9775	0.9948
1998	0.9999	0.9594	0.9860	0.9582	0.9967	0.9999	0.9588	0.9905	0.9769	0.9948
1999	0.9999	0.9594	0.9858	0.9639	0.9968	0.9999	0.9594	0.9900	0.9770	0.9953
2000	0.9999	0.9610	0.9860	0.9649	0.9968	0.9999	0.9611	0.9902	0.9788	0.9954
2001	0.9999	0.9622	0.9861	0.9635	0.9967	1.0000	0.9637	0.9902	0.9795	0.9950
2002	0.9999	0.9625	0.9861	0.9651	0.9963	1.0000	0.9629	0.9897	0.9786	0.9946
2003	0.9999	0.9631	0.9858	0.9657	0.9959	1.0000	0.9635	0.9895	0.9781	0.9940
2004	0.9999	0.9630	0.9854	0.9660	0.9955	1.0000	0.9654	0.9888	0.9788	0.9936
2005	0.9999	0.9643	0.9847	0.9661	0.9955	1.0000	0.9657	0.9886	0.9783	0.9935
2006	0.9999	0.9646	0.9853	0.9663	0.9953	1.0000	0.9382	0.9884	0.9789	0.9932
2007	0.9999	0.9661	0.9855	0.9667	0.9952	0.9998	0.9675	0.9878	0.9786	0.9932

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Como se puede observar, al igual que con la función de supervivencia anterior, el ajuste inicial para el *total de defunciones* resulta adecuado (utilizando el criterio de la  $R^2$ ) (ver cuadro 6) por lo que no se distinguen diferencias significativas con la estimación realizada por medio de los parámetros de las iteraciones.

Asimismo, cuando se analizan los resultados obtenidos de la estimación para los datos de *diabetes* se observa que el ajuste original (al igual que en la función Gompertz) no resulta adecuado, ni para hombres, ni para mujeres. Esta situación cambia cuando se utilizan los parámetros óptimos, proporcionando unas estimaciones más adecuadas de los datos.

Para las *enfermedades cardiovasculares* el ajuste inicial no resulta adecuado, a pesar de que en términos de la  $R^2$  es mejor que para la causa de muerte anterior. Esta estimación para mujeres resulta mejor que para hombres, lo cual no se mantiene una vez que se aproximan los datos con la función utilizando sus parámetros de iteraciones, puesto que el ajuste mejora y es similar para ambos sexos.

Del mismo modo que en *diabetes*, el ajuste original no es adecuado para *tumores*, pero llama la atención que existe una mayor diferencia entre la estimación para hombres que para mujeres. Una vez aplicados los parámetros de las iteraciones a la estimación, ésta mejora significativamente, y las diferencias entre hombres y mujeres se vuelven menores. En el caso del *resto de defunciones* sucede un fenómeno similar al del *total de enfermedades*, donde el ajuste es relativamente bueno de inicio (siendo mejor para hombres) y al aplicar los parámetros óptimos la estimación mejora aunque no de manera significativa.

### **5.2.3. Lazarus**

De la misma manera que con las funciones Gompertz y Gompertz-Makeham, se presentan las  $R^2$  del ajuste de la función Lazarus sobre el *total de defunciones*, así como sobre las distintas causas de muerte, utilizando los parámetros óptimos; esto se presenta en la siguiente tabla (cuadro 7):

**Cuadro 7 – Bondad de ajuste función Lazarus mediante  $R^2$  parámetros óptimos para la serie  $I_x$ , México 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.9997	0.9702	0.9957	0.9749	0.9993	0.9997	0.9743	0.9969	0.9849	0.9986
1981	0.9997	0.9710	0.9956	0.9754	0.9992	0.9997	0.9755	0.9970	0.9858	0.9986
1982	0.9998	0.9704	0.9951	0.9756	0.9991	0.9997	0.9736	0.9966	0.9857	0.9984
1983	0.9998	0.9713	0.9945	0.9761	0.9989	0.9998	0.9728	0.9967	0.9856	0.9982
1984	0.9997	0.9700	0.9941	0.9753	0.9986	0.9998	0.9745	0.9963	0.9856	0.9976
1985	0.9997	0.9713	0.9934	0.9760	0.9986	0.9997	0.9755	0.9952	0.9850	0.9977
1986	0.9997	0.9709	0.9937	0.9749	0.9983	0.9997	0.9750	0.9943	0.9853	0.9978
1987	0.9998	0.9712	0.9935	0.9742	0.9981	0.9998	0.9757	0.9948	0.9850	0.9974
1988	0.9998	0.9708	0.9924	0.9750	0.9981	0.9998	0.9750	0.9944	0.9854	0.9969
1989	0.9998	0.9708	0.9924	0.9742	0.9979	0.9999	0.9749	0.9940	0.9843	0.9968
1990	0.9999	0.9696	0.9927	0.9744	0.9980	0.9999	0.9751	0.9941	0.9844	0.9966
1991	0.9999	0.9708	0.9930	0.9761	0.9978	0.9999	0.9754	0.9940	0.9848	0.9968
1992	0.9999	0.9708	0.9927	0.9750	0.9980	0.9999	0.9758	0.9941	0.9847	0.9967
1993	0.9999	0.9693	0.9929	0.9761	0.9979	0.9999	0.9744	0.9944	0.9856	0.9969
1994	0.9999	0.9715	0.9926	0.9769	0.9979	0.9999	0.9753	0.9945	0.9846	0.9969
1995	0.9999	0.9707	0.9927	0.9757	0.9977	0.9999	0.9746	0.9942	0.9849	0.9968
1996	0.9999	0.9691	0.9925	0.9759	0.9975	0.9999	0.9737	0.9942	0.9837	0.9965
1997	0.9999	0.9709	0.9921	0.9749	0.9975	0.9999	0.9745	0.9938	0.9843	0.9966
1998	0.9999	0.9701	0.9918	0.9762	0.9885	1.0000	0.9742	0.9936	0.9836	0.9966
1999	0.9999	0.9697	0.9915	0.9797	0.9975	1.0000	0.9739	0.9931	0.9837	0.9970
2000	0.9999	0.9707	0.9917	0.9800	0.9975	1.0000	0.9749	0.9935	0.9847	0.9970
2001	0.9999	0.9715	0.9918	0.9795	0.9974	1.0000	0.9766	0.9934	0.9852	0.9967
2002	0.9999	0.9718	0.9917	0.9796	0.9970	1.0000	0.9759	0.9929	0.9845	0.9964
2003	0.9999	0.9720	0.9913	0.9801	0.9967	1.0000	0.9764	0.9928	0.9839	0.9960
2004	0.9999	0.9717	0.9908	0.9802	0.9963	1.0000	0.9797	0.9923	0.9844	0.9957
2005	0.9999	0.9726	0.9903	0.9800	0.9962	1.0000	0.9808	0.9920	0.9840	0.9956
2006	0.9999	0.9726	0.9906	0.9800	0.9959	1.0000	0.9808	0.9919	0.9845	0.9953
2007	0.9999	0.9739	0.9906	0.9803	0.9958	1.0000	0.9822	0.9914	0.9842	0.9953

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Los resultados del ajuste de las defunciones por medio de la función Lazarus indican que para el *total de defunciones* la estimación es adecuada tanto para hombres como para mujeres, utilizando parámetros originales (cuadro 7) y los óptimos. De la misma forma, para el *resto de defunciones* el ajuste en ambos casos (y para ambos sexos) es adecuado y prácticamente no se distingue mejoría utilizando los parámetros óptimos sobre los originales. En cambio para *diabetes*, si bien el ajuste original es el mejor de los presentados entre las tres funciones, al utilizar los parámetros obtenidos por las iteraciones se puede distinguir que la estimación con estos parámetros es mejor que la inicial en ambos sexos. Pero, contrario a lo que sucede con *enfermedades cardiovasculares* en las funciones anteriores, en ésta no existe una diferencia significativa entre la aproximación inicial y la de parámetros óptimos. En el caso de *tumores*,

existe cierta mejoría al utilizar las estimaciones obtenidas por medio de iteraciones respecto de utilizar las originales; y además, éstas resultan más adecuadas para mujeres que para hombres

En general, el ajuste mediante los parámetros óptimos mejora en ciertos aspectos, si se le compara con el ajuste original. Esto se ve reflejado en el incremento de los valores de las  $R^2$  de la serie de supervivientes a edad  $x$  para los distintos grupos de causas de muerte. Sin embargo, al momento de analizar las distintas series de las tablas de vida, se observa que se siguen presentando, en algunas causas, en distintas edades y para las tres funciones, ciertos problemas que no pueden ser permitidos en este tipo de ajustes, como son: probabilidades negativas; series de supervivientes superiores al radix, principalmente en las edades más jóvenes; y valores de  $l_x$  que se incrementan de una edad a la siguiente. Esto ocurrió principalmente en las edades mayores donde se tiene conocimiento previo de que las funciones utilizadas no tienen un ajuste correcto de la mortalidad.

Además de estos problemas, cuando se analizan los valores del ajuste para la serie de probabilidades de fallecimiento, el ajuste no es adecuado en ninguno de los dos casos<sup>48</sup>, y para ninguna de las tres funciones de supervivencia empleadas. Esto se puede verificar al analizar los resultados de las  $R^2$  entre las estimaciones originales y las óptimas.

Para la función Gompertz, el valor del indicador en *total de defunciones* va creciendo con el tiempo (se acerca más a la unidad), a pesar de iniciar con valores relativamente bajos. En el caso de *diabetes* el ajuste inicial es bastante deficiente (tanto así que en algunos años presenta un valor inferior a .001), esto para ambos sexos. Sin embargo, al utilizar los parámetros de iteraciones, si bien el ajuste mejora (dado que antes era deficiente) pero no a niveles adecuados, a lo largo del periodo de estudio. En el caso de *enfermedades cardiovasculares*, los resultados son interesantes puesto que el ajuste con los parámetros iniciales resultó ser menos deficiente que aquel que proporcionan los obtenidos a partir de las iteraciones. Para *tumores* la estimación inicial resultó ser defectuosa para ambos sexos y llama la atención que los valores de las  $R^2$  para mujeres disminuyeron con el tiempo. Asimismo, al utilizar los parámetros de iteraciones los ajustes mejoran (paulatinamente en el caso de las mujeres), pero estos ajustes tampoco resultan del todo adecuados. La situación para el *resto de defunciones* es que para ninguno de los dos conjuntos de parámetros, ni para ningún sexo, el ajuste resulta ser deficiente.

---

<sup>48</sup> Ver anexo V

Para las otras dos funciones de supervivencia, la situación es análoga, puesto que en ninguna de las causas, ni para hombres, ni mujeres, el ajuste de las funciones sobre las probabilidades de fallecimiento resulta ser adecuado. A pesar de ello, en causas como total de defunciones, diabetes y tumores, el ajuste mejora si se utilizan los parámetros óptimos sobre los originales, pero éste no debe ser considerado un buen ajuste de los datos de mortalidad.

### 5.3. Ajuste Lineal

Debido a los problemas observados en los ajustes previos, se procedió a realizar una corrección lineal de las series de supervivientes a edad exacta  $x$ , para el ajuste de las tablas de vida obtenidas a partir de las leyes de mortalidad. Con ello se intenta dar un primer acercamiento hacia un mejor ajuste de las funciones sobre los datos de las causas de muerte; y además, intentar corregir las inconsistencias mostradas en la serie de supervivientes y en las probabilidades de fallecimiento.

Para realizar la corrección lineal, en primera instancia se deben encontrar las edades o grupos de edad en los cuales se presentan las incongruencias mencionadas. Lo anterior para cada causa de muerte, cada función de supervivencia y para cada año. Una vez que se tienen las edades seleccionadas, se toman los valores de la serie de supervivientes a edad  $x$  ajustada por medio de la función correspondiente (serie  $l_x$  ajustada de decrementos múltiples). Esto implica que se tienen dos puntos  $(x_i, y_i)$  y  $(x_j, y_j)$  cuando las edades cumplen que  $x_i < x_j$ ; a partir de ellos se obtiene la ecuación de la recta que pasa por esos dos puntos. Ya que se tiene el valor de la recta, se sustituyen los valores de las edades  $x_k$  en la recta para obtener los nuevos valores de la  $l_x$  corregida linealmente; esto siempre y cuando las edades cumplan que  $x_i < x_k < x_j$ . Finalmente se proceden a calcular las probabilidades de defunción por eliminación de causas mediante el método Cerisola<sup>49</sup> y a partir de ellas se obtiene la serie de supervivientes a edad  $x$  con eliminación de causa, ajustada y corregida linealmente.

Esta corrección lineal no se realizó para el *total de defunciones* puesto que en este caso el ajuste de las funciones de supervivencia resultó ser relativamente adecuado, y para este grupo de causas de muerte, no presenta las incongruencias previamente mencionadas.

---

<sup>49</sup> Este método se presentó en el capítulo III.

### 5.3.1. Gompertz

En este sentido, para la  $l_x$  estimada por esta función, con esta corrección, el ajuste para *diabetes* mejora tanto para hombres como para mujeres respecto de las estimaciones con parámetros iniciales y los óptimos<sup>50</sup>. En cambio para *enfermedades cardiovasculares* la situación se modifica en el sentido de que sí bien la corrección lineal mejora la estimación respecto de la aproximación original, esto no sucede en todos los años para la estimación óptima: como por ejemplo, a partir de 1989 en hombres y en algunos valores en mujeres. El caso de *tumores* es similar al de diabetes puesto que la estimación mejora respecto de la realizada con parámetros óptimos y los iniciales.

Si se extiende este análisis a la serie de probabilidades de fallecimiento, se observa que en el caso de la *diabetes*, el ajuste para esta serie no resulta adecuado en ninguno de las tres estimaciones realizadas hasta el momento. Sin embargo, se distingue una mejora entre el ajuste original y los otros dos ajustes, los cuales presentan valores similares de  $R^2$  entre ellos (óptimo y corrección lineal). En el caso de *enfermedades cardiovasculares*, los tres ajustes resultan ser deficientes, siendo menos adecuado el realizado con los parámetros óptimos, y el menos deficiente es el que se obtiene con la corrección lineal. Para *tumores*, el ajuste de la función con los parámetros iniciales es bastante deficiente. En cambio, si se estiman los datos mediante los parámetros óptimos y posteriormente se realiza la corrección lineal, el ajuste mejora considerablemente (particularmente para mujeres), aunque sigue sin ser del todo adecuado.

### 5.3.2. Gompertz-Makeham

Ahora bien, para la función Gompertz-Makeham el ajuste de la serie de supervivientes para *diabetes*, mejora con la corrección lineal, respecto de los otros dos ajustes, pero lo hace en un monto relativamente pequeño si se le compara con el óptimo. Sin embargo, el ajuste no es adecuado todavía, en las edades menores y en las mayores. En el caso de las *enfermedades cardiovasculares*, el ajuste mediante la corrección lineal, empeora paulatinamente con el paso de los años, y presenta una  $R^2$  menor que en el ajuste óptimo. Esto sucede principalmente, porque al realizar los cambios para evitar las incongruencias, el ajuste se modifica también en otras edades. En el caso de *tumores*, el ajuste con los parámetros óptimos, mejora respecto al original, y

---

<sup>50</sup> Ver Anexo V

después de realizar la corrección, los valores de la  $R^2$  se incrementan, pero no en un monto significativo.

Del mismo modo, el ajuste de la serie de probabilidades de muerte tiene resultados interesantes. En el caso de *diabetes* el ajuste inicial es deficiente, y aunque mejora al aplicar los parámetros óptimos, y después la corrección lineal, éste no puede ser considerado un ajuste adecuado de los datos (esto sucede para ambos sexos). Para *enfermedades cardiovasculares* las estimaciones mediante parámetros originales y óptimos resulta ser deficiente, esto debido a que es en esta causa en la que se tienen los mayores problemas, como son las probabilidades negativas, por ello el ajuste se considera malo. Una vez aplicada la corrección lineal, el ajuste mejora, sin poder ser considerado bueno. Para *tumores*, el ajuste original fue deficiente, aunque mejora relativamente con el uso de los parámetros óptimos. En este caso sucede un fenómeno interesante, a medida que pasan los años, el ajuste de los hombres va siendo cada vez peor, y el de las mujeres mejora paulatinamente, aunque sin poder ser considerado como bueno. Cuando se aplica la corrección lineal, solamente mejora el ajuste en hombres, ya que en mujeres tiene valores similares al óptimo.

### 5.3.3. Lazarus

En esta función, el ajuste para la serie de supervivientes mediante la corrección lineal para *diabetes* presenta valores de  $R^2$  similares al de la corrección óptima (ambos mejores que el original), con la ventaja de no tener las incongruencias previamente mencionadas. En el caso de *enfermedades cardiovasculares* (al igual que en las funciones anteriores), el ajuste resultante de la corrección lineal, es relativamente menor que el óptimo, pero no hay que perder de vista, que en este caso, ya no se tienen los problemas de serie de supervivientes creciente de una edad a otra. Para *tumores*, sucede algo similar que en diabetes, puesto que se tienen valores similares de  $R^2$  entre la corrección y la estimación por iteraciones.

Los valores de las  $R^2$ , en la estimación de la serie de probabilidades<sup>51</sup> por la función Lazarus para *diabetes*, resultan similares para los parámetros óptimos y para la corrección lineal, mientras que la estimación original resulta bastante deficiente. En el caso de las *enfermedades cardiovasculares* los ajustes mediante los parámetros iniciales y los de iteraciones resultan ser deficientes, puesto que al igual que en la función anterior, es la causa en la cual se presentan los

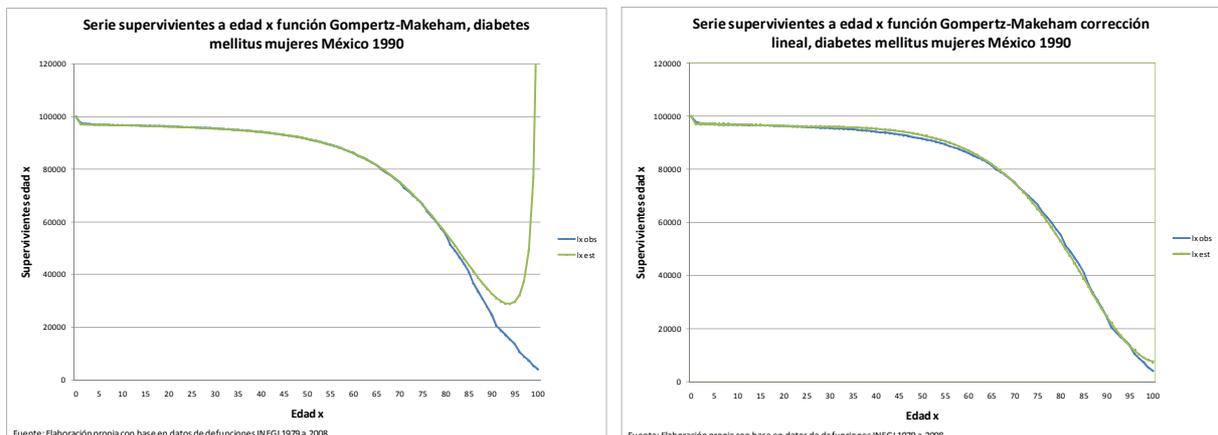
---

<sup>51</sup> Ver anexos V y VII

problemas con la serie de probabilidades. Esta situación se modifica modestamente con la corrección lineal de la estimación, sin que el ajuste resulte de calidad. Finalmente, para *tumores* sucede un fenómeno similar que en las funciones anteriores donde el ajuste no es adecuado y resulta mejor para mujeres que para hombres (además mejora con el tiempo) en la serie de probabilidades. La diferencia con las funciones anteriores es que la corrección lineal incrementa los valores de la  $R^2$  en ambos sexos, para la función Lazarus.

Una de las principales ventajas que tiene esta modificación lineal, es que corrige las incongruencias encontradas previamente en la serie de supervivientes a edad exacta  $x$ . Éstas son: valores superiores al radix (fijado en 100,000); o un incremento de supervivientes de una edad a otra. Esta modificación, también corrige los errores en la serie de probabilidades de muerte, como son las probabilidades negativas. A manera de ejemplo, se presentan algunas gráficas (gráficas 26 a 28) para observar las correcciones que la modificación lineal tiene sobre las series de supervivientes por un lado, y sobre las probabilidades de muerte por otro. En la gráfica 26 se ajustan los datos de diabetes mellitus para mujeres en 1990 por medio de la función Gompertz-Makeham, y se presenta el ajuste lineal realizado sobre la estimación.

**Gráfica 26– Serie supervivientes a edad  $x$ , Gompertz–Makeham diabetes, 1990**



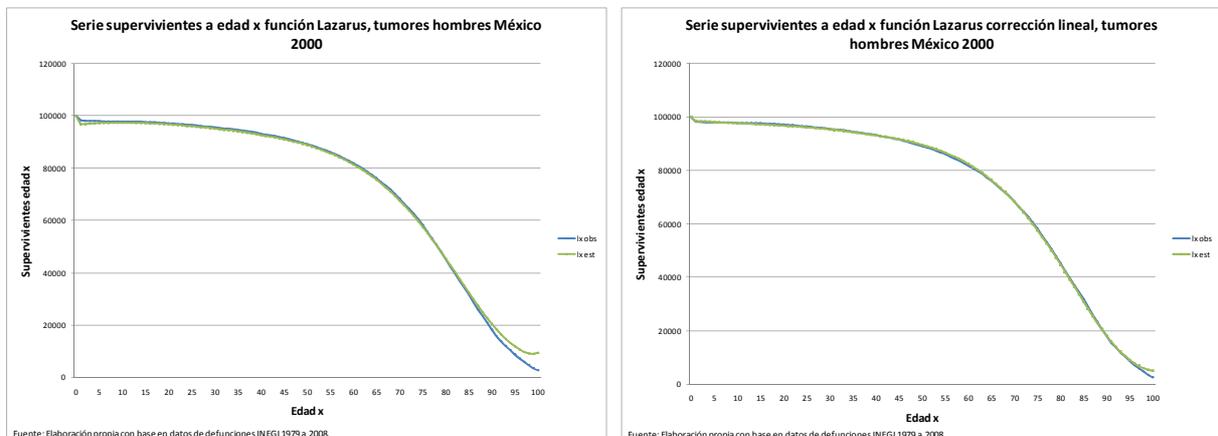
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Como se observa, la estimación inicial tiene problemas en cuanto al ajuste de los datos en algunas edades (particularmente en mayores a 80 años), puesto que se tiene una serie de supervivientes creciente a partir de ciertas edades. Por ello se realizó la corrección lineal del

ajuste, con la finalidad de solucionar los problemas de éste. En la gráfica 26 se puede ver que, si bien el ajuste no es todavía el más adecuado, los errores que se presentaban sobre la serie de supervivientes a edad  $x$ , quedan corregidos.

Del mismo modo, en la gráfica 27 se presenta como ejemplo, el ajuste de tumores realizado por medio de la función Lazarus para hombres en el año 2000, así como la corrección lineal de éste.

**Gráfica 27 – Serie supervivientes a edad  $x$ , corrección lineal Tumores hombres, 2000**

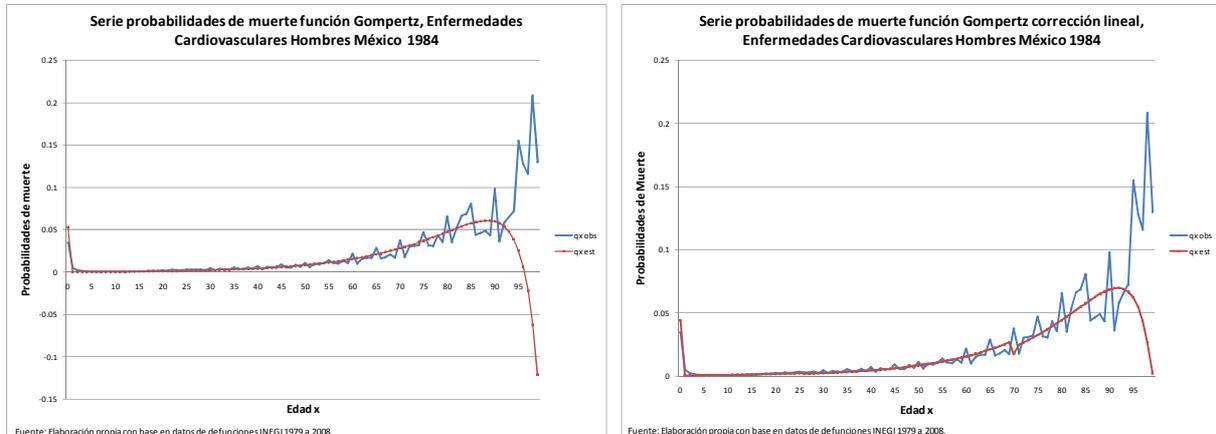


Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

En este caso, se puede distinguir que el ajuste en las edades menores a 10 años no resulta adecuado puesto que se presentan valores crecientes de la serie de supervivientes. También, se observa que en las edades mayores a 90 años la aproximación no es adecuada, y se presentan los problemas mencionados. Como se comentó, en la gráfica 27 se presenta la modificación lineal y se distingue que los errores hasta cierto punto son corregidos, de manera satisfactoria.

Con la finalidad de presentar las tres incongruencias en las series de las tablas de vida, que se tienen en los ajustes de las funciones de supervivencia, se presenta también la gráfica 28, con el ajuste de las probabilidades de fallecimiento para hombres en 1984, de las enfermedades cardiovasculares realizado con la función Gompertz.

## Gráfica 28 – Probabilidades de muerte, Gompertz Cardiovasculares hombres, 1984



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

En este caso en el ajuste de la función Gompertz sobre las probabilidades de defunción se observa un problema que es que existan probabilidades de fallecimiento negativas. Para corregir esto, se llevó a cabo la modificación lineal de la serie. Como se distingue en la gráfica 28 si bien se soluciona el problema de probabilidades negativas, el ajuste no es satisfactorio ni adecuado.

Después de llevar a cabo la corrección lineal en las edades seleccionadas, se concluye que la calidad del ajuste mejora relativamente (analizado por las  $R^2$  tanto para la serie de supervivientes, como para las probabilidades de fallecimiento<sup>52</sup>) en la mayoría de los casos para las tres causas de muerte. También, se puede concluir que, si bien la modificación lineal corrige las incongruencias de las distintas series ajustadas por medio de las funciones de supervivencia, ésta tiene ciertas desventajas. Entre las principales destaca que, como se realiza un ajuste manual, éste se hace de forma *artesanal* para cada una de las causas de muerte para ambos sexos y para los 28 años del estudio. Asimismo, este ajuste no corrige el ajuste de manera adecuada para el *resto de defunciones*, ni para hombres, ni para mujeres en ninguna de las funciones ajustadas. Del mismo modo, a pesar de que los valores de las  $R^2$  mejoran respecto de los ajustes anteriores, no se considera que el ajuste sea todavía adecuado para representar matemáticamente el comportamiento de las defunciones en los años analizados; especialmente en las edades menores y en las edades mayores. A pesar de ello es una buena primera aproximación sobre la corrección a los ajustes de las funciones de supervivencia presentados previamente.

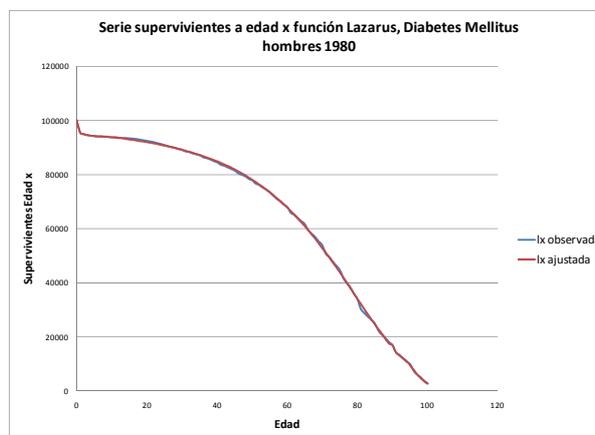
<sup>52</sup> Ver anexos V y VII

#### 5.4. Ajuste Polinómico

En los apartados anteriores se observaron resultados tanto positivos, como negativos a partir de ajustar las funciones de supervivencia con los parámetros originales y los óptimos en una primera instancia, y posteriormente de la corrección lineal de estos ajustes. Se considera que para obtener estimaciones más adecuados de las defunciones, resulta relevante llevar a cabo un ajuste más detallado de los datos de mortalidad. En este sentido, se realiza un ajuste polinómico de forma manual y *artesanal* (llevado a cabo para cada causa de muerte, por sexo, y para cada uno de los 28 años de los cuales se tiene información) de la función Lazarus, la cual que se observó que tuvo el mejor ajuste con los parámetros óptimos entre las funciones utilizadas.

Esta corrección polinómica se realiza principalmente para las primeras edades de la tabla de vida y para las edades mayores, con la finalidad de conseguir el mejor ajuste posible de las probabilidades de muerte en ausencia de las causas. Asimismo, el análisis se enfoca en esos rangos de edad debido a que es en éstos donde se han presentado los mayores problemas en los distintos ajustes. Esta corrección se lleva a cabo con la finalidad de, no solo enfocarse en la serie de supervivientes (que a primera vista tiene un ajuste adecuado en varios casos, pero una vez que se analizan las probabilidades de fallecimiento, el ajuste no resulta serlo), sino en la mejor estimación posible de las probabilidades de muerte después de eliminar la causa de muerte correspondiente. Esto último se presenta, a manera de ejemplo en las siguientes gráficas 29 a 32 (en las cuales se muestra la información para hombres en 1980 para Diabetes mellitus bajo el ajuste de la función Lazarus):

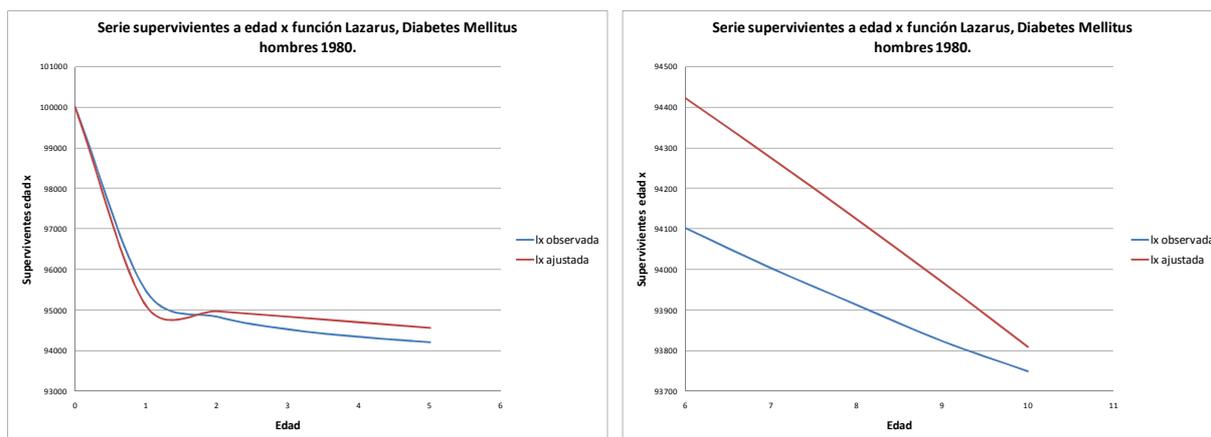
**Gráfica 29 - Supervivientes a edad x, Lazarus para diabetes, hombres 1980**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Se puede observar que el ajuste a primera vista es adecuado y presenta una  $R^2 = .9997$  entre la serie observada y la estimada, lo cual es un valor que indica que el ajuste resulta significativamente bueno. Pero si se observan ciertas edades mencionadas, de forma detallada, se tienen ciertos problemas en el ajuste como los que se muestran a continuación (gráfica 30):

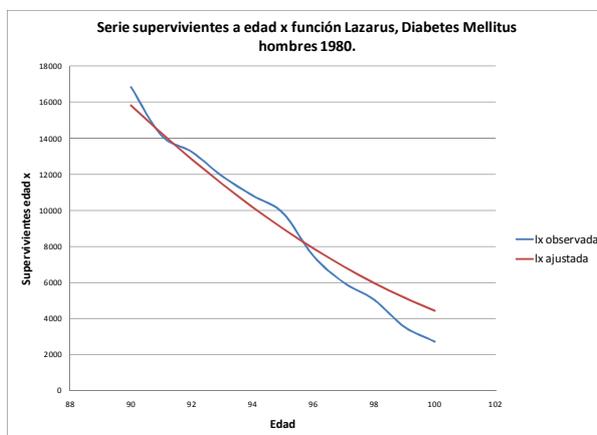
**Gráfica 30 - Supervivientes a edad x, Lazarus para diabetes, hombres 1980 por segmentos**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

En estas dos gráficas se presenta el ajuste en las edades de 0 a 5 y de 6 a 10 años, para las series de supervivientes observada y la estimada bajo la función Lazarus para hombres en 1980. Como se observa, el ajuste resulta menos satisfactorio en estos grupos de edad. Lo mismo se distingue en la siguiente gráfica en donde se presenta el ajuste en las edades mayores (90 a 100 años) para la misma función y causa de muerte (gráfica 31):

**Gráfica 31 – Supervivientes a edad x, Lazarus diabetes, hombres 1980 adultos mayores**

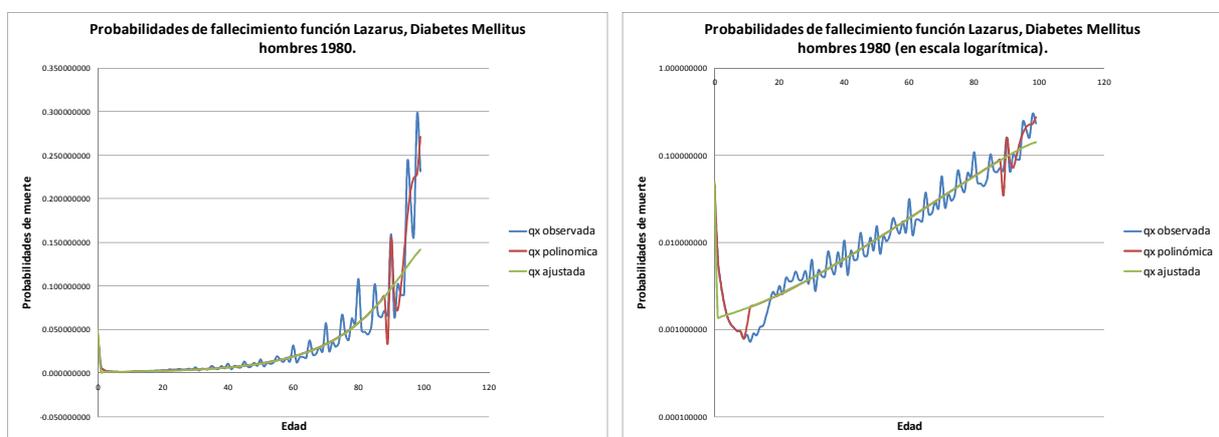


Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

En este caso también se observa que el ajuste no es bueno para esas edades. Esto es, a pesar de que se podría pensar que la función Lazarus tiene un ajuste adecuado de la serie de supervivientes, cuando se analiza en mayor detalle, y especialmente en las edades jóvenes y las mayores, se concluye que éste no resulta del todo conveniente, sin dejar de ser una buena estimación. Debido a esto, se procedió a realizar el ajuste polinómico en esos grupos de edad. Esto para que al calcular los polinomios que pasen por los puntos de la serie de supervivientes en los grupos de edad mencionados, se corrija el ajuste lo mejor posible; siendo la meta final tener la mejor estimación de la serie de probabilidades de supervivencia y de las probabilidades.

El ajuste o corrección polinómica se realiza calculando los polinomios de mayor grado posible que pasen por los puntos (o edades) de la serie de supervivientes seleccionados para llevar a cabo la corrección. Esto se hace en cada causa de muerte considerada en el análisis (total de defunciones, diabetes, enfermedades cardiovasculares, tumores y el resto de las defunciones), para cada año del periodo de estudio (1980 a 2007) y para hombres y mujeres. Una vez que se obtiene el polinomio, se procede a realizar la estimación de la serie  $l_x$  en esas edades, sustituyendo el valor de la edad en la variable  $x$  del polinomio. Ya que se calcularon estos valores de la serie  $l_x$  ajustados por el polinomio, en las edades en las cuales no se realizó la corrección, se toman los valores de la serie  $l_x$  estimados por medio de la función Lazarus. A manera de ejemplo, se presentan unos resultados de este ajuste sobre las probabilidades de muerte para hombres, por diabetes mellitus para el año 1980. Cabe mencionar que los resultados se presentan también en escalas normal y logarítmica.

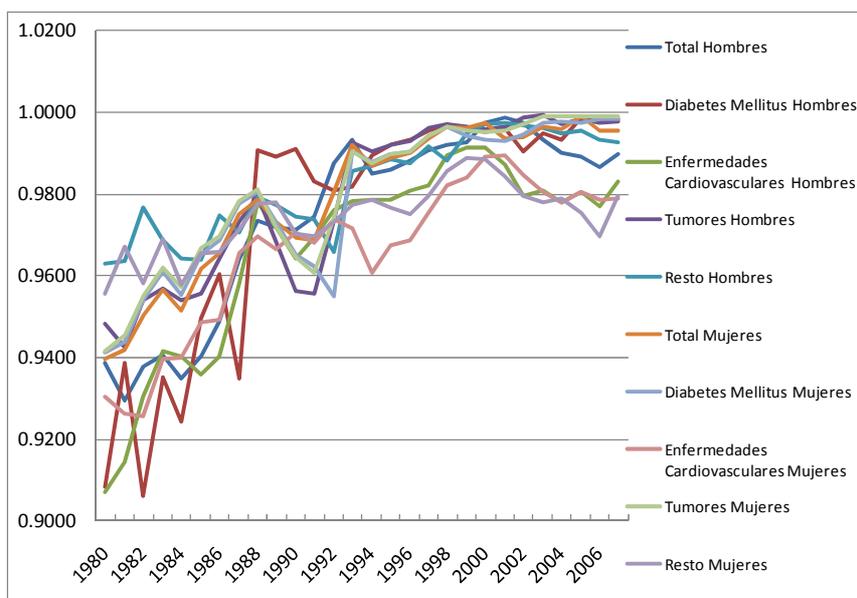
**Gráfica 32 – Probabilidades de fallecimiento Lazarus, para diabetes hombres 1980**



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

En esta gráfica se observa que el ajuste de los datos por medio de la corrección polinómica mejora de manera notable con respecto al ajuste con los parámetros óptimos (gráfica 32); especialmente en las edades mayores a 90 años; y específicamente cuando se trabaja en una escala normal de probabilidades. Esto se ve reflejado en que, en la mayoría de los casos, el valor de las  $R^2$  entre las probabilidades de fallecimiento observadas y las corregidas, mejora notablemente respecto de las estimadas a partir de la comparación de la serie de probabilidad observada y la estimada con la función Lazarus por medio de los parámetros de iteraciones (situación que es análoga a lo que ocurriría en el caso de realizar ajustes por medio de las funciones Gompertz o Gompertz-Makeham)<sup>53</sup>.

**Gráfica 33 -  $R^2$  para serie  $q_x$  de ajuste función Lazarus por corrección polinómica.**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Como se puede observar en la gráfica de las  $R^2$  (gráfica 33), el ajuste de las probabilidades de fallecimiento para el *total de defunciones* bajo esta aproximación polinómica, mejora significativamente en la mayoría de los años y para ambos sexos, si se le compara con los demás ajustes. Cabe mencionar que el ajuste mejora con el tiempo. En el caso de *diabetes*, se

<sup>53</sup> Los valores de las  $R^2$  de la corrección polinómica se presentan en el anexo IX, mientras que los valores de las  $R^2$  de los parámetros óptimos se presentan en el anexo V; y los valores de la corrección lineal se presentan en el anexo VII.

tiene una situación similar al total de defunciones, en el sentido de que la corrección lineal proporciona el mejor ajuste de los realizados hasta este momento; y también se distingue que la estimación mejora paulatinamente con el tiempo.

Las *enfermedades cardiovasculares* eran el grupo de causas que presentaba el peor ajuste para esta serie de la tabla de vida, en todos los casos. Pero, cuando se realiza la corrección polinómica, la estimación mejora de manera significativa y el ajuste se puede considerar adecuado mediante este procedimiento. Para *tumores*, el ajuste de la corrección polinómica al igual que en los grupos de causas de muerte anteriores resulta adecuado y de buena calidad (y para ambos sexos). También presenta la característica de mejorar con el paso de los años.

Finalmente, para el *resto de defunciones* los ajustes previamente presentados presentaban muchos de problemas, y su calidad era deficiente. Esta situación se modifica al realizar las correcciones por medio de polinomios, puesto que no solamente se corrigen las incongruencias del ajuste de esta serie (probabilidades negativas), sino que también la estimación que se obtiene resulta ser relativamente buena.

A pesar de que en todas las causas de muerte analizadas la corrección del ajuste por polinomios sobre la función Lazarus mejora sustantivamente, este tipo de corrección polinómica tiene ciertas limitaciones. La principal limitación es que si bien a escala normal el ajuste resulta adecuado para las probabilidades de fallecimiento, cuando se analiza en una escala logarítmica, en general, el ajuste en las edades previas a los 20 años (aproximadamente) resulta poco adecuado<sup>54</sup>. En este sentido, tampoco se puede considerar un ajuste perfecto de los datos de mortalidad, ni de la serie de probabilidades de muerte, aunque si es una buena aproximación de ello. Otra limitante que tiene el método es la realización de las correcciones de manera manual y *artesanal*, con un alto consumo de tiempo, y sin una posibilidad de generalizar para todos los años de una causa de muerte; o en una forma más ambiciosa, para todas las causas de muerte. También, en algunos casos se presenta el problema de que el ajuste de la función de supervivencia, en ciertas edades específicas no presenta una unión adecuada entre el polinomio y la función de supervivencia, lo cual provoca que en esas edades el ajuste no sea del todo adecuado. Finalmente, otra limitante de este método es el elevado número de parámetros que se estiman en cada causa y para cada año, lo cual no concuerda con el principio de parsimonia que se intenta seguir en esta investigación.

---

<sup>54</sup> Ver gráficas en el Anexo X.

### 5.5. Ajuste por Medio de Splines Cúbicos

En este apartado se presentan los principales resultados del ajuste realizado por medio de splines cúbicos sobre los datos de mortalidad. Como se presentó previamente, un spline es una función definida por una familia de polinomios estrechamente vinculados (Barrera *et al.*, 1996). Este ajuste de los datos se realiza por medio de splines cúbicos, los cuales son funciones  $f$  formadas por secciones de polinomios cúbicos, con la forma  $P(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$ , los cuales se unen con la mayor suavidad posible (Barrera *et al.*, 1996). Su gran utilidad radica en que se obtienen curvas suaves, las cuales pasan por los puntos observados de la  $l_x$ .

Para llevar a cabo el cálculo de los diferentes polinomios que conforman los splines cúbicos, en primera instancia se deben de elegir los distintos nodos (o puntos de unión entre los polinomios), que en este caso en particular son las edades de la tabla de vida. En este caso se seleccionaron 5 nodos, los cuales se van modificando de acuerdo a la calidad del ajuste y se eligen tomando en cuenta puntos de inflexión en la serie o función que se quiere ajustar; dos de los nodos se eligieron iguales para todas las funciones: en las edades de 4 años y de 80 años.

Por un lado, esto se hizo con la finalidad de obtener un ajuste adecuado, que respetara la concavidad de la serie de supervivientes en las primeras edades de la tabla de vida, por ello se tomó la decisión de ajustar un polinomio de tercer grado antes del primer nodo (en edad de 4 años), el cual ajusta los primeros cuatro puntos de la serie (o primeras cuatro edades) y realiza un ajuste perfecto de esas edades, además de cumplir con el rigor de tener una unión suave con el primer polinomio del spline.

Por otro lado, el último nodo (seleccionado en edad 80) se eligió debido a que a partir de esa edad es cuando comienza a presentarse otro cambio de concavidad. Esta modificación observada es la que se explica por la teoría de la fiabilidad, como la desaceleración y nivelamiento de la mortalidad en edades mayores (Gavrilov y Gavrilova, 2006). Entonces se calculó un polinomio de tercer grado que ajustara las últimas edades de la serie de supervivientes a edad  $x$  (a partir de la edad 80), que también tenga una unión suave con el último polinomio del spline, para respetar la concavidad de este segmento de la serie de supervivientes.

Una vez que se tienen seleccionados los  $n$  nodos, se deben cumplir ciertas condiciones. Éstas son que: los polinomios sean iguales en los nodos elegidos, es decir, que

$$Y_i = a_{i-1}x_i^3 + b_{i-1}x_i^2 + c_{i-1}x_i + d_{i-1}; \quad Y_i = a_i x_i^3 + b_i x_i^2 + c_i x_i + d_i, \text{ para } i = 2, \dots, n-1$$

Donde

$x_i$  es el nodo (edad)  $i$

$Y_i$  es el valor de la serie de supervivientes en la edad  $x_i$

$a_i, b_i, c_i, d_i$  son los parámetros del polinomio  $i$  del spline.

A estas ecuaciones se incluyen el primer y último polinomio, de tal forma que cuando se tienen  $n$  nodos, las ecuaciones son:

$$Y_1 = a_1 x_1^3 + b_1 x_1^2 + c_1 x_1 + d_1; \quad Y_n = a_{n-1} x_n^3 + b_{n-1} x_n^2 + c_{n-1} x_n + d_{n-1}$$

Posteriormente, se agrega la condición de que las primeras derivadas de dos polinomios contiguos, tienen que ser iguales en el nodo que las une:

$$3a_{i-1}x_i^2 + 2b_{i-1}x_i + c_{i-1} = 3a_i x_i^2 + 2b_i x_i + c_i, \text{ para } i = 2, \dots, n-1$$

Es importante mencionar que hay  $n-2$  nodos en los cuales se unen dos polinomios dentro del spline, por lo que hay  $n-2$  de estas condiciones. El segundo grupo de condiciones que se tiene que cumplir es que las segundas derivadas de los polinomios adyacentes también sean iguales en el nodo que las une, de tal forma que se tiene el siguiente grupo de condiciones:

$$6a_{i-1}x_i + 2b_{i-1} = 6a_i x_i + 2b_i, \text{ para } i = 2, \dots, n-1$$

Del mismo modo que con la condición de la primera derivada, al haber  $n-2$  nodos en los cuales se unen dos polinomios, hay  $n-2$  de estas condiciones. Dado que se tienen  $4(n-1)$  incógnitas (siendo  $n$  el número de nodos elegidos), se debe tener un sistema de  $4(n-1)$

ecuaciones para poder encontrar los valores únicos de los parámetros<sup>55</sup>. Hasta el momento se tienen  $4(n-1)-2$  ecuaciones, por lo que hace falta tomar alguna condición de la que exponen Barrera y colaboradores, (1996)<sup>56</sup>. Como se mencionó previamente, en esta investigación, se tomó la tercera condición, que es equivalente a que la tercera derivada del spline sea continua en los nodos  $x_2$  y  $x_{n-1}$ , lo que es análogo a las siguientes dos condiciones:

$$a_1 = a_2; a_{n-2} = a_{n-1}$$

Una vez que se tienen todas las ecuaciones para poder obtener las incógnitas (o parámetros) de los polinomios que conforman el spline, se procede a realizar los cálculos matriciales correspondientes<sup>57</sup>. Una vez que se tienen los parámetros de los distintos polinomios, se lleva a cabo la estimación de la serie de supervivientes, sustituyendo en los polinomios correspondientes entre dos nodos, el valor correspondiente a las edades que se encuentran entre los nodos mencionados.

Cabe mencionar que este ajuste por splines se realizó para el total de las defunciones, el resto de las defunciones, y para las tres causas de muerte seleccionadas en esta investigación (diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares y tumores); esto se llevó a cabo para cada año que abarca el estudio. De igual forma que para los ajustes anteriores el criterio que se toma para analizar la bondad del ajuste, es el estadístico  $R^2$  para la serie  $l_x$  de la tabla de vida.

A continuación se presentan los principales resultados del ajuste realizado por medio de splines en los cuadros (8 y 9). Éstas presentan la bondad de ajuste de las estimaciones de los datos de mortalidad llevado a cabo por medio de splines sobre la función de supervivientes a edad  $x$  y para las probabilidades de fallecimiento ( $q_x$ ) y para cada una de las causas de muerte seleccionadas para esta investigación.

---

<sup>55</sup> Ver Capítulo III, apartado Splines

<sup>56</sup> Ver Capítulo III, apartado Splines

<sup>57</sup> Este cálculo de los parámetros (o incógnitas) se puede obtener al resolver el sistema de ecuaciones lineales por medio del método de Gauss sin eliminaciones (Barrera et al., 1996). O como se llevó a cabo en esta investigación, se toma la representación matricial del sistema de ecuaciones, y se procede a realizar la multiplicación correspondiente de las matrices.

**Cuadro 8 – Bondad de ajuste  $R^2$  por medio de splines para la serie  $I_x$ , México 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.999890	0.999899	0.999886	0.999907	0.999895	0.999838	0.999811	0.999754	0.999796	0.999797
1981	0.999838	0.999838	0.999838	0.999838	0.999838	0.999838	0.999838	0.999838	0.999838	0.999838
1982	0.999847	0.999904	0.999911	0.999900	0.999911	0.999855	0.999844	0.999788	0.999849	0.999884
1983	0.999850	0.999912	0.999922	0.999923	0.999894	0.999878	0.999864	0.999834	0.999856	0.999874
1984	0.999821	0.999892	0.999889	0.999895	0.999844	0.999845	0.999823	0.999791	0.999818	0.999814
1985	0.999806	0.999867	0.999857	0.999872	0.999770	0.999808	0.999783	0.999746	0.999763	0.999777
1986	0.999807	0.999846	0.999809	0.999852	0.999705	0.999782	0.999756	0.999685	0.999742	0.999689
1987	0.999841	0.999866	0.999840	0.999865	0.999647	0.999819	0.999770	0.999731	0.999693	0.999714
1988	0.999869	0.999891	0.999860	0.999884	0.999647	0.999855	0.999788	0.999794	0.999670	0.999607
1989	0.999882	0.999902	0.999863	0.999896	0.999668	0.999867	0.999792	0.999816	0.999641	0.999592
1990	0.999869	0.999917	0.999904	0.999913	0.999746	0.999885	0.999810	0.999835	0.999716	0.999654
1991	0.999867	0.999934	0.999915	0.999933	0.999781	0.999912	0.999873	0.999891	0.999767	0.999689
1992	0.999875	0.999937	0.999931	0.999942	0.999805	0.999934	0.999891	0.999927	0.999749	0.999725
1993	0.999905	0.999946	0.999949	0.999952	0.999734	0.999953	0.999895	0.999947	0.999732	0.999756
1994	0.999909	0.999937	0.999938	0.999934	0.999582	0.999940	0.999831	0.999919	0.999709	0.999714
1995	0.999898	0.999849	0.999889	0.999887	0.999608	0.999933	0.999773	0.999892	0.999639	0.999648
1996	0.999928	0.999824	0.999886	0.999864	0.999502	0.999937	0.999726	0.999881	0.999594	0.999650
1997	0.999945	0.999798	0.999848	0.999846	0.999487	0.999929	0.999661	0.999898	0.999540	0.999744
1998	0.999962	0.999746	0.999856	0.999866	0.999473	0.999922	0.999479	0.999901	0.999498	0.999737
1999	0.999968	0.999710	0.999858	0.999815	0.999485	0.999907	0.999467	0.999906	0.999446	0.999758
2000	0.999975	0.999715	0.999870	0.999818	0.999461	0.999910	0.999523	0.999917	0.999441	0.999748
2001	0.999981	0.999722	0.999877	0.999858	0.999542	0.999911	0.999455	0.999895	0.999426	0.999681
2002	0.999985	0.999644	0.999875	0.999864	0.999608	0.999843	0.999393	0.999898	0.999332	0.999679
2003	0.999987	0.999585	0.999861	0.999916	0.999638	0.999813	0.999282	0.999868	0.999231	0.999629
2004	0.999974	0.999784	0.999939	0.999913	0.999647	0.999753	0.999501	0.999942	0.999205	0.999523
2005	0.999975	0.999797	0.999946	0.999924	0.999614	0.999702	0.999514	0.999935	0.999147	0.999575
2006	0.999978	0.999773	0.999961	0.999942	0.999574	0.999673	0.999148	0.999909	0.999121	0.999526
2007	0.999979	0.999846	0.999959	0.999931	0.999602	0.999575	0.999132	0.999900	0.999068	0.999476

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

**Cuadro 9 – Bondad de ajuste  $R^2$  por medio de splines para la serie  $q_x$ , México 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.891765	0.887325	0.870514	0.889853	0.923957	0.871586	0.870814	0.846745	0.870883	0.882339
1981	0.865469	0.864210	0.869499	0.863801	0.900478	0.849808	0.848023	0.833948	0.842406	0.895780
1982	0.860425	0.859167	0.881133	0.860352	0.916711	0.832036	0.834849	0.821980	0.830335	0.900599
1983	0.860065	0.864793	0.908870	0.866713	0.881065	0.833583	0.835382	0.862058	0.834103	0.885035
1984	0.840751	0.844777	0.850542	0.852705	0.910838	0.831566	0.836582	0.861074	0.834314	0.866287
1985	0.828149	0.828925	0.847352	0.831074	0.873842	0.808915	0.809422	0.817340	0.808240	0.869504
1986	0.825542	0.826028	0.812916	0.827812	0.886809	0.791498	0.786789	0.798800	0.788381	0.829644
1987	0.859212	0.859873	0.843568	0.857285	0.878026	0.817348	0.812175	0.787797	0.815546	0.857181
1988	0.911405	0.912727	0.906365	0.910946	0.910652	0.900828	0.900305	0.896041	0.896769	0.885536
1989	0.883526	0.884728	0.899620	0.890016	0.918616	0.924789	0.926022	0.915068	0.926924	0.928952
1990	0.869466	0.872311	0.908267	0.880154	0.927070	0.919281	0.924974	0.920904	0.927848	0.940903
1991	0.876384	0.879156	0.912047	0.886433	0.940681	0.923793	0.931339	0.935951	0.929973	0.945157
1992	0.914551	0.917026	0.942364	0.922513	0.957431	0.939711	0.943434	0.949726	0.946090	0.961893
1993	0.949353	0.950307	0.961755	0.953105	0.977437	0.966688	0.968658	0.969879	0.969181	0.978856
1994	0.961792	0.961053	0.969582	0.964275	0.969592	0.968942	0.970276	0.962842	0.969358	0.970437
1995	0.970724	0.972246	0.962645	0.970426	0.968850	0.964917	0.963558	0.947542	0.963358	0.953146
1996	0.977800	0.978546	0.965748	0.975324	0.942387	0.966413	0.962010	0.938736	0.961800	0.947129
1997	0.983458	0.982317	0.955796	0.979698	0.958862	0.971654	0.965458	0.935431	0.966264	0.954474
1998	0.985252	0.986746	0.979423	0.987223	0.973038	0.987685	0.984158	0.973632	0.984240	0.977444
1999	0.970273	0.974913	0.985570	0.979932	0.983740	0.986572	0.988587	0.984707	0.987817	0.987301
2000	0.965391	0.970551	0.988777	0.975790	0.990032	0.982382	0.986701	0.990117	0.987203	0.989778
2001	0.974692	0.976664	0.992802	0.984573	0.990390	0.987798	0.990934	0.995062	0.991850	0.992989
2002	0.982643	0.983413	0.992104	0.986103	0.995248	0.990262	0.992745	0.992554	0.992559	0.994005
2003	0.976613	0.977739	0.994516	0.981899	0.991417	0.987718	0.991230	0.994944	0.989586	0.997290
2004	0.978518	0.977205	0.991444	0.981956	0.995082	0.985515	0.990465	0.995745	0.989206	0.994674
2005	0.986188	0.986200	0.993571	0.989085	0.994591	0.986219	0.989533	0.994309	0.989541	0.996263
2006	0.993650	0.993725	0.993430	0.994885	0.996464	0.993405	0.995657	0.995367	0.994962	0.994610
2007	0.992579	0.995295	0.995732	0.995853	0.996330	0.995742	0.997825	0.996067	0.997440	0.994504

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Como se puede ver, los ajustes realizados sobre la serie de supervivientes a edad exacta  $x$ , se encuentran por encima de un valor de 0.999 de  $R^2$  para todas las causas de muerte y todos los años. Esto significa que los ajustes son realmente buenos para esta serie de las tablas de vida. Si se les compara con los resultados obtenidos en el ajuste polinómico (el cual ha resultado ser el mejor de los ajustes analizados hasta aquí), se puede ver que para el *total de defunciones* en hombres, el ajuste en los primeros años y en los últimos resulta mejor por este método, sin embargo, entre 1984 y 1996 el ajuste por polinomios resulta mejor; en cambio, para mujeres la corrección por polinomio a la función Lazarus, presenta un mejor ajuste de la serie  $l_x$  en casi todos los años de análisis.

Del mismo modo, para *diabetes* se tiene que el ajuste de splines hasta 1996 resulta mejor para ambos sexos, pero a partir del siguiente año la corrección polinómica es preferible. Asimismo, si comparamos los ajustes de las *enfermedades cardiovasculares* por estos dos métodos, se observa que aquel llevado a cabo por medio de splines es preferible a la corrección polinómica en casi todos los años y para ambos sexos. Para *tumores*, se observa que para hombres, el método de los splines, proporciona una  $R^2$  mayor que el otro método en casi todos los años; a diferencia de las mujeres, para las cuales el ajuste por splines es preferible hasta 1992, pero a partir de ese año es mejor la corrección por polinomios.

De otro lado, para el *resto de las defunciones* el ajuste polinómico en hombres resulta más adecuado que el realizado con splines; pero para las mujeres se da el caso contrario, ya que para la mayoría de los años la estimación por splines tiene una mejor bondad de ajuste. Cabe mencionar que el ajuste de esta serie por ambos métodos es bastante satisfactorio, para todas las causas, años y para hombres y mujeres.

Del mismo modo que para la corrección polinómica, se quiere que el ajuste por splines se enfoque también en obtener la mejor estimación de la serie de probabilidades de fallecimiento, y no solo para la serie de supervivientes. En este sentido, si comparamos los ajustes obtenidos por la corrección polinómica (dado que al igual que con la serie  $l_x$ , es el mejor ajuste analizado hasta este punto) y los obtenidos por medio de splines se observa que para el *total de defunciones* en hombres, el ajuste polinómico es preferible al de splines en casi todos los años; de forma similar, para mujeres la corrección polinómica es preferida a la de splines, excepto en los últimos años del estudio.

También, para *diabetes* se observa que los valores de  $R^2$ , de la corrección polinómica son mayores que los de los splines, para ambos sexos y para todos los años. Del mismo modo, si comparamos los ajustes de las *enfermedades cardiovasculares* por estos dos métodos, el ajuste por medio de splines solamente es preferido al polinómico a partir de los años 1999 en mujeres y 2001 en hombres, en el resto, la corrección por polinomios ajusta mejor. Para *tumores*, se observa el mismo fenómeno que para diabetes, ya que en todos los años y para ambos sexos, el ajuste polinómico resultó ser mejor. Finalmente, para el *resto de las defunciones* el ajuste polinómico resulta más adecuado que el de splines, excepto en algunos años.

En general, se observó que el ajuste de la serie de probabilidades por medio de la función Lazarus y con una corrección polinómica resulta más adecuado que el ajuste por splines. Esto se puede deber a que en algunas causas de muerte, la corrección polinómica se llevó a cabo con polinomios de mayor grado que con los splines, y que además ajustaban de manera perfecta los puntos a estimar.

A pesar de lo anterior, la estimación de los datos de defunciones por medio de splines, se considera como otra buena aproximación en la búsqueda del mejor ajuste posible de los datos, ya que tiene la ventaja de ajustar de manera adecuada los datos, y de presentar una unión suave entre los diferentes segmentos estimados de las series de supervivientes (a diferencia del caso de la corrección polinómica). Sin embargo, esta metodología tiene la desventaja de que se requiere estimar una alta cantidad de parámetros, debido a que por cada polinomio estimado, hay 4 parámetros a estimar (en este análisis se eligieron seis polinomios, lo cual da un total de 24 parámetros), lo cual va en contra de la búsqueda del mejor ajuste posible que cumpla con la propiedad de ser parsimonioso. Otra desventaja, radica en la elección de los nodos, la cual se tiene que realizar de forma manual y no otorga la posibilidad de generalizar para todos los años de una causa de muerte o para todas las causas de muerte.

## **5.6. Resumen de los Distintos Ajustes**

En este apartado se presenta un resumen de los ajustes que se expusieron a lo largo del capítulo con la intención de presentar los resultados generales de los distintos ajustes y correcciones realizados; así como cuáles son las principales limitaciones y alcances de cada corrección o ajuste (cuadro 10).

**Cuadro 10 – Alcances y limitaciones de los distintos ajustes y correcciones realizados**

Ajuste o Corrección	Alcances	Limitaciones
Original	Es un ajuste que cumple con la parsimonia, puesto que se tienen que calcular pocos parámetros y en el caso de las defunciones totales el ajuste resulta ser adecuado.	No ajusta adecuadamente ciertas características de la curva de mortalidad: edades más jóvenes, edades adultas jóvenes y edades mayores
		No ajusta de manera adecuada las causas de muerte seleccionadas, ni el resto de las defunciones
		El ajuste no resulta adecuado para las probabilidades de muerte
Óptimo	Cumple con la propiedad de parsimonia, puesto que se tienen que estimar pocos parámetros y en el caso de las defunciones totales el ajuste resulta ser adecuado.	No ajusta adecuadamente ciertas características de la curva de mortalidad: edades más jóvenes, edades adultas jóvenes y edades mayores.
		Tampoco ajusta de manera adecuada las causas de muerte seleccionadas, ni el resto de las defunciones
Lineal	Presenta un mejor ajuste que el ajuste original.	El ajuste no resulta adecuado para las probabilidades de muerte
	Este ajuste cumple la propiedad de parsimonia, y no se tuvo que realizar para el caso de las defunciones totales.	Todavía no se puede considerar un ajuste adecuado de las defunciones seleccionadas en esta investigación.
	Corrige las incongruencias encontradas previamente en la serie de supervivientes a edad exacta $x$ y en las probabilidades de muerte.	Se requiere realizar un ajuste manual, de forma artesanal para cada una de las causas de muerte para ambos sexos y para los 28 años del estudio.
	Mejora el ajuste con respecto a los dos anteriores.	El ajuste no corrige el ajuste de manera adecuada para el <i>resto de defunciones</i> , ni para hombres, ni para mujeres en ninguna de las funciones ajustadas
Polinómico sobre la función Lazarus	En todas las causas de muerte analizadas, la corrección polinómica mejora el ajuste sustantivamente, respecto de los métodos utilizados anteriormente	Si bien a escala normal el ajuste resulta adecuado para las probabilidades de fallecimiento, en una escala logarítmica el ajuste en las edades previas a los 20 años resulta poco adecuado
		Se realiza de manera manual y artesanal, con un alto consumo de tiempo, y sin poder generalizar para todos los años de una causa; o para todas las causas de muerte
	Es el mejor ajuste en cuanto al criterio de la $R^2$ entre todos los utilizados en este capítulo.	En algunos casos, el ajuste de la función de supervivencia, en ciertas edades específicas no presenta una unión adecuada entre el polinomio y la función de supervivencia. Se estima un elevado número de parámetros en cada causa y para cada año, lo cual va en contra del principio de parsimonia.
Splines	Es una buena aproximación para todas las causas de muerte, para el total y el resto de defunciones.	Se requiere estimar una alta cantidad de parámetros, lo que viola el principio de parsimonia.
	Presentar una unión suave entre los diferentes segmentos estimados de las series de supervivientes.	La elección de los nodos se tiene que realizar de forma manual y no otorga la posibilidad de generalizar para todos los años de una causa de muerte o para todas las causas de muerte

Después de llevar a cabo el análisis de los distintos métodos de estimación presentados en este capítulo, se puede concluir que el ajuste realizado con la corrección polinómica de la función Lazarus fue el mejor ajuste en términos de la  $R^2$ . Sin embargo, éste método presenta algunas desventajas, siendo las principales que no presenta una unión suave entre los diferentes segmentos estimados y que no cumple con la propiedad de parsimonia. Por otro lado, el método de splines, tiene un ajuste bueno de los datos, pero tampoco cumple con la propiedad de parsimonia. Del mismo modo, las funciones de supervivencia (especialmente con los parámetros óptimos) estiman de forma correcta las edades adultas de la serie  $l_x$ , pero tienen problemas en las edades más jóvenes y en las edades mayores.

Ante estos resultados, se tomó la decisión de elegir como método de ajuste *final* la unión del método de splines (que en el fondo es un método análogo al polinómico, ya que se estiman polinomios, aunque de tercer grado, pero que presentan una unión suave entre ellos en ciertas edades) y las funciones de supervivencia en las edades adultas, puesto que es en estas edades en las cuales tienen un buen ajuste de los datos para todas las causas de muerte. Entonces, los principales resultados de este ajuste final de unión entre splines y las funciones Gompertz, Gompertz-Makeham o Lazarus con sus parámetros óptimos, se presentan en el siguiente capítulo.



## ***Capítulo VI***

### **Selección, interpretación y modelación teórica del ajuste final.**

Este capítulo tiene como objetivo presentar los resultados del ajuste *final* seleccionado sobre los datos de defunciones para las causas de muerte elegidas en esta investigación. Del mismo modo, se procede a realizar un análisis de los parámetros de la función seleccionada, en cuanto a su tendencia; con ello tiene la intención de observar su comportamiento y analizar si existe la necesidad de realizar alguna corrección sobre la función. Posteriormente, se profundiza en el análisis de los parámetros, mediante la búsqueda de una interpretación y explicación teórica de éstos, la cual se realiza al estudiar el efecto que tienen en la curva de mortalidad, así como en la serie de la tabla de mortalidad de años persona vividos y en la esperanza de vida al nacimiento. Asimismo, se presentan los resultados principales obtenidos a partir de una simulación de la mortalidad futura en los años 2015 y 2010, que se realizó con la finalidad de analizar las posibles ganancias en esperanza de vida futuras, si se llegara a eliminar alguna de las causas de muerte utilizadas a lo largo de esta investigación. Finalmente, se presentan las conclusiones principales de los resultados del ajuste final y de la estimación futura.

#### **6.1. Selección y Cálculo del Ajuste Final**

Como se mencionó previamente, la elección del método para realizar el ajuste final de los datos de mortalidad es la unión del método de splines, un ajuste por medio de polinomios de tercer grado utilizado en las primeras edades y en las edades mayores, y una de las funciones de supervivencia Gompertz, Gompertz-Makeham o Lazarus en las edades adultas. Esto último se eligió ya que es en estas edades en las cuales se tiene un buen ajuste de los datos por medio de estas funciones para todas las causas de muerte.

Al igual que con los ajustes previos, este ajuste *final* se realiza para todas las causas de muerte, ambos sexos y todos los años que abarca la investigación. Asimismo, éste se llevó a cabo para cada una de las tres funciones de supervivencia utilizadas en esta investigación, con la finalidad de analizar con cuál de ellas se tiene el mejor ajuste de los datos de mortalidad, pero

que a la vez resulte parsimonioso. Estos resultados se analizan en este apartado, y al final del mismo, se argumenta cual se considera que es el ajuste *final* seleccionado.

La estimación final se llevó a cabo ajustando (de manera análoga al método de splines) un polinomio de tercer grado en las primeras cuatro edades de la tabla de mortalidad, con la finalidad de obtener una estimación que respetara la concavidad de la serie  $l_x$  en estas edades, y que además de ajustarlas perfectamente, cumpla con tener una unión suave con el primer polinomio del spline. El primer polinomio del spline, se calcula tomando el primer nodo (ubicado en todos los casos en los 4 años) y el segundo nodo (el cual varía entre las causas y distintos años) en las distintas causas de muerte, de forma análoga a lo realizado en el capítulo anterior. Del mismo modo, en las edades posteriores al segundo nodo, y hasta los 80 años, en todas las causas de muerte, se toman los valores del ajuste realizado por las funciones de supervivencia, ya sea Gompertz, Gompertz-Makeham o Lazarus. Finalmente, para los datos en las edades posteriores a los 80 años se calculó un polinomio de tercer grado que ajustara las últimas edades de la tabla de vida y que también respetara la concavidad de este último segmento de la serie de supervivientes. Esta metodología combinada, tiene la motivación de unir las diferentes ventajas que se presentaron en los distintos ajustes analizados en el capítulo anterior.

A continuación se comparan los resultados más relevantes de este ajuste final para cada una de las funciones de supervivencia utilizadas en esta investigación. Con la intención de analizar qué función de supervivencia se va a seleccionar, se comparan los resultados de la bondad de ajuste para las tres funciones de supervivencia<sup>58</sup>. El criterio a utilizar, es el del estadístico  $R^2$ , también con la intención de ser consistentes con el criterio de selección utilizado a lo largo de la investigación. Por conveniencia, se compara en primera instancia el ajuste utilizando las funciones Gompertz y Gompertz-Makeham; y posteriormente, el ajuste que se elija de estos dos, se analizará comparándolo con el realizado por medio de la función Lazarus.

### **6.1.1. Gompertz vs. Gompertz-Makeham (GM)**

En el análisis de la bondad de ajuste<sup>59</sup> sobre la serie  $l_x$ , se puede ver que para el *total de defunciones* ambos ajustes son realmente buenos, tanto para hombres, como para mujeres (esto es, en ambos casos la  $R^2$  está por encima de valores de 0.9999 en la mayoría de los años); con la particularidad que el ajuste mejora de forma gradual para las mujeres en ambos casos, mientras

---

<sup>58</sup> Los resultados de la bondad de ajuste se presentan en el anexo XI

<sup>59</sup> Los resultados de la bondad de ajuste se presentan en el anexo XI

que para hombres, tiene un comportamiento estable. Sin embargo, cuando se comparan directamente los ajustes, la estimación con la función GM tiene un mejor ajuste de los datos de mortalidad que la función Gompertz, en todos los años para hombres, y en casi todos para mujeres. Después de analizar el ajuste sobre las probabilidades de muerte, por las dos funciones de supervivencia y para los dos sexos, se observa que el ajuste en los primeros años presenta la misma tendencia que se observó con los ajustes del capítulo anterior. Esto es, en los primeros años, el ajuste no es del todo bueno (sin dejar de ser un buen ajuste) y mejora gradualmente con el paso de los años. Si se compara la bondad de ajuste entre las dos funciones, ésta es mayor para la función GM en casi todos los años del estudio.

Para *diabetes*, el ajuste de la serie de supervivientes, por medio de ambas funciones resulta adecuado, pero en ambos casos y para los dos sexos, se tiene que los valores de la  $R^2$  van disminuyendo con el paso de los años, lo que probablemente sea consistente con el aumento de la mortalidad por esta causa que se ha presentado en el país en los últimos años, y que se ha presentado en edades cada vez más jóvenes, lo cual incrementa la variabilidad de los datos por esta causa. Cuando se lleva a cabo la comparación entre las dos funciones, el ajuste es mejor para la función GM. Por otro lado, al analizar el ajuste sobre la  $q_x$  presenta un comportamiento similar que para el *total de defunciones*, ya que el ajuste tiende a mejorar significativamente con el paso del tiempo, y se puede considerar un buen ajuste de las probabilidades para las dos funciones y por sexo. Cuando se comparan las estimaciones, la función GM da una mejor estimación.

Del mismo modo, el ajuste sobre la  $l_x$  para *enfermedades cardiovasculares* resulta bueno en ambos casos, tanto para hombres, como para mujeres. La tendencia de éste es de mejorar con el paso del tiempo para ambas funciones y ambos sexos (excepto para hombres en la función Gompertz, que se mantiene relativamente estable). Ahora bien, cuando se comparan los resultados entre las funciones, se observa que tiene valores mayores de  $R^2$  para GM en todos los años en hombres, y en la mayoría para mujeres. Asimismo, si se analiza la estimación realizada sobre las probabilidades de muerte por estas dos funciones se tiene que presentan un buen ajuste, el cual (al igual que con las causas anteriores) mejora gradualmente y puede ser considerado bueno, pero resulta ligeramente mejor el ajuste de GM.

En el caso de *tumores*, se puede considerar que el ajuste de la serie  $l_x$  para ambas funciones y ambos sexos es bueno, aunque en el caso de los hombres, éste no presenta una tendencia definida; a diferencia de en las mujeres, ya que en ambas funciones se tiene un mejor

ajuste con el paso del tiempo. En cuanto a la comparación entre funciones, el ajuste resultó mejor para GM, en todos los años, tanto para hombres, como para mujeres. Del mismo modo que para las causas de muerte anteriores, se realizó el ajuste también para las  $q_x$  y se observa que tienen el mismo comportamiento, ya que el ajuste inicia en un nivel aceptable, pero mejora de manera notable con el paso del tiempo, esto para ambas funciones y ambos sexos. Si se comparan las estimaciones para ambas funciones, la de GM presenta un mejor ajuste en todos los años.

Para el *resto de defunciones* el ajuste de la serie de supervivientes para ambas funciones es bueno, aunque en hombres para Gompertz, si bien el ajuste se puede considerar adecuado, presenta la menor  $R^2$  por este método, entre todas las causas de muerte aquí analizadas. En el caso de la tendencia que sigue el ajuste, se observa que para la función Gompertz el ajuste mejora (para ambos sexos) paulatinamente; en cambio, para la función GM el ajuste no tiene una tendencia clara. Respecto de la comparación entre funciones, en hombres la estimación utilizando GM es preferida sobre la de Gompertz en todos los años; caso contrario en las mujeres, ya que en casi todos los años, el ajuste por Gompertz resulta ser más adecuado. Finalmente, al analizar el ajuste sobre las probabilidades de fallecimiento para esta causa se tiene que, al igual que en todas las causas de muerte anteriores, la estimación mejora año tras año y puede ser considerada buena para las dos funciones y para hombres y mujeres. También, si se compara entre Gompertz y GM, el ajuste por la segunda función resulta preferible.

Después de llevar a cabo el análisis del ajuste por el método seleccionado en este capítulo, entre las funciones Gompertz y GM, se puede concluir que el ajuste por la función GM es el mejor entre los dos, probablemente debido a que esta función tiene un parámetro adicional a la función Gompertz, lo cual le da una mayor flexibilidad al momento de ajustar una serie de datos. Asimismo, la estimación realizada por este método se puede considerar buena puesto que presenta valores altos de  $R^2$  para las dos series de la tabla de vida analizadas, para todas las causas y para las dos funciones de supervivencia.

### **6.1.2. Gompertz-Makeham vs Lazarus**

En el análisis anterior de la bondad de ajuste<sup>60</sup>, se seleccionó la función GM como la que proporciona la mejor estimación de los datos de mortalidad, por ello, se compara esa estimación con la realizada por medio de la función Lazarus. El ajuste sobre la serie  $l_x$ , para el *total de*

---

<sup>60</sup> Los resultados de la bondad de ajuste se presentan en el anexo XI

*defunciones* de la función Lazarus, es realmente bueno para ambos sexos y tiene la misma característica que con las otras dos funciones, en el sentido de que el ajuste mejora a medida que pasan los años.

Después de comparar la estimación por las dos funciones, se observa que el ajuste por medio de Lazarus resulta ser mejor para casi todos los años y en ambos sexos, lo cual se puede atribuir probablemente a que esta función estima un parámetro adicional a la función GM. Asimismo, cuando se estudia la estimación sobre la serie de probabilidades de muerte, se tiene que para la función Lazarus presenta la misma tendencia que en las anteriores (comienza en un nivel aceptable, para incrementarse poco a poco) y se puede considerar un ajuste adecuado. En cuanto a la comparación entre las funciones, en hombres Lazarus presenta una mejor estimación, pero en el caso de las mujeres GM es preferida en casi todos los años.

Para *diabetes*, el ajuste de la serie de supervivientes por medio de Lazarus resulta adecuado, pero a diferencia de las funciones anteriores, los valores de la  $R^2$  no tienen una tendencia definida. Ya en la comparación con la función GM, se distingue que el ajuste para esta causa de muerte por Lazarus resulta mejor en todos los años que abarca el estudio y para ambos sexos. Del mismo modo, se realizó el ajuste para las  $q_x$  y se observa que tienen el mismo comportamiento, en el sentido de que la estimación mejora paulatinamente, y se considera que es un ajuste bueno de las probabilidades. Cuando se comparan los resultados entre las funciones, Lazarus tiene la bondad de ajuste más alta entre las funciones analizadas.

En el caso de *enfermedades cardiovasculares*, se puede considerar que el ajuste de la serie  $l_x$  por Lazarus es bueno para ambos sexos, y tiene la tendencia de mejorar en el caso de las mujeres; y para hombres mantiene estable. Por otro lado, cuando se comparan los ajustes para esta causa de muerte, el realizado por medio de Lazarus resulta superior a los demás, en todos los años y tanto para hombres, como para mujeres. En lo que respecta al ajuste de la serie de probabilidades de muerte, éste resulta ser bueno y al igual que con los anteriores, presenta una tendencia a mejorar de forma importante con el tiempo. Asimismo, cuando se comparan los distintos ajustes, el realizado por medio de Lazarus es preferible al que utiliza la función GM.

Para *tumores*, el ajuste de la serie de supervivientes por medio de Lazarus resulta ser bueno para ambos sexos, y tiene la tendencia a mejorar (aunque ligeramente) conforme pasan los años. Cuando se compara esta estimación con la de la función que utiliza GM, se observa que la estimación por medio de Lazarus resulta mejor en casi todos los años del estudio. Del mismo

modo, para las  $q_x$  el ajuste por medio de Lazarus es bueno, y al igual que en los ajustes realizados de esta serie en el presente capítulo, presenta una tendencia a incrementarse con el tiempo. Asimismo, entre las distintas estimaciones de esta serie y esta causa de muerte, la que presenta un mejor ajuste es la función Lazarus, en casi todos los años y para ambos sexos.

En el caso del *resto de defunciones* se tiene que el ajuste por medio de Lazarus es bueno en todos los años y ambos sexos. En cuanto a la tendencia que sigue este indicador ( $R^2$ ), en hombres no se observa un comportamiento definido, en cambio para las mujeres tiene una tendencia a incrementarse con el tiempo. Ahora bien, si se comparan las estimaciones, en todos los años, el ajuste por Lazarus es preferido al que utiliza la función GM. Finalmente, para la serie  $q_x$  el ajuste por Lazarus resulta ser bueno y con el comportamiento creciente, previamente mencionado; cabe resaltar que el ajuste es significativamente mejor para hombres que para mujeres, especialmente en los primeros años de estudio. Si se comparan los valores de las  $R^2$  entre las distintas estimaciones, la función Lazarus da el mejor ajuste.

Después de analizar los distintos ajustes por medio de las funciones de supervivencia, se puede concluir que la función Lazarus da el mejor ajuste de entre los analizados en esta sección. Esto es posiblemente debido a que en el ajuste de la función Lazarus se tiene un parámetro adicional que en la GM (y por tanto dos adicionales a la función Gompertz), lo cual proporciona una mayor flexibilidad y precisión al ajuste, sin dejar de ser un ajuste relativamente parsimonioso de los datos de mortalidad. Debido a estas razones, la función de supervivencia elegida para llevar a cabo el ajuste final de los datos va a ser el que utiliza Lazarus.

### **6.1.3. Análisis del ajuste con la función Lazarus**

El principal objetivo en este apartado es comparar la bondad de ajuste de la estimación *final* que utiliza la función Lazarus<sup>61</sup>, con las distintas metodologías empleadas en el capítulo anterior, como son la corrección polinómica de Lazarus y los Splines. La bondad de ajuste se analiza por medio del estadístico  $R^2$  con la intención de tener consistencia en los resultados obtenidos y hasta aquí analizados.

Si se analizan los resultados del ajuste sobre la serie  $l_x$  obtenidos para el *total de defunciones*, se tiene que el ajuste *final* da una mejor estimación para hombres que aquel

---

<sup>61</sup> Los resultados de la bondad de ajuste se presentan en los anexos XI y XII

realizado con la corrección polinómica de la función Lazarus, en casi todos los años de estudio; en cambio para mujeres, hay algunos años para los cuales la estimación *final* es mejor, pero en otros la corrección polinómica proporciona una mejor bondad de ajuste. Similarmente, cuando se compara con el ajuste por splines, el ajuste *final* presenta una mayor  $R^2$  que la otra estimación, tanto para hombres, como para mujeres en la mayoría de los años. Sin embargo, si se comparan los ajustes para las probabilidades de defunción la situación cambia, ya que si se compara contra la corrección polinómica, ésta tiene un mejor ajuste en ambos sexos y casi todos los años; mientras que al compararse con los splines se tiene que para hombres el ajuste *final* es preferible, pero en el caso de las mujeres es mejor el ajuste por splines.

Para *diabetes* se tiene que en el ajuste para la serie de supervivientes, la estimación *final* tiene valores de  $R^2$  superiores a la corrección polinómica en la mayoría de los años y para ambos sexos. En cambio, cuando se compara con el de splines, se tiene que en los primeros años (hasta 1993 en mujeres y 1994 en hombres) éste resulta más adecuado, pero a partir de esos años, el ajuste *final* resulta mejor; esto sucede para hombres y mujeres. Por otro lado, cuando se analizan las estimaciones de la serie  $q_x$ , en todos los años y para ambos sexos la corrección polinómica tiene un mejor ajuste de los datos que la estimación *final*; esto mismo sucede en mujeres para esta causa en el ajuste de splines, y en hombres en la mayoría de los años.

Del mismo modo, para *enfermedades cardiovasculares*, el ajuste sobre la  $l_x$  resulta ser mejor en la estimación *final* para ambos sexos, si se le compara con la corrección polinómica; situación contraria a lo que sucede cuando se compara con los splines, ya que el ajuste por estos últimos es mejor que la estimación *final*, en todos los años para mujeres y en casi todos en hombres. De la misma forma, para las probabilidades de fallecimiento los ajustes por splines y por corrección polinómica resultaron ser mejores que el *final*, tanto para hombres, como para mujeres, excepto en los últimos años del estudio (solamente en el caso en el cual se comparan el ajuste seleccionado con la corrección polinómica).

Para *tumores*, cuando se comparan las distintas estimaciones realizadas sobre la función de supervivientes a edad  $x$ , se encuentra que el ajuste *final* tiene valores de  $R^2$  superiores a la corrección polinómica en todos los años y para ambos sexos; en cambio cuando se compara con el ajuste por splines, en el caso de mujeres la estimación *final* tiene un mejor ajuste en todos los años posteriores a 1986, pero en el caso de los hombres, en la mayoría de los años el ajuste por splines tiene una mejor estimación. Por otro lado, al analizar los valores del ajuste para la  $q_x$ , se

tiene que en todos los años y para ambos sexos, la estimación *final* tiene el peor ajuste entre estas tres metodologías aquí comparadas.

En el caso del *resto de defunciones* para la estimación de la  $l_x$  se observa que en general el ajuste *final* es mejor que los otros dos ajustes analizados, en casi todos los años y para hombres y mujeres. En cambio, cuando se analizan los ajustes realizados sobre las probabilidades de muerte, sucede un fenómeno contrario, ya que la estimación *final* es mejor que las otras dos, pero en solo unos cuantos años. En general la corrección polinómica y el ajuste por splines tienen una mejor estimación, de este grupo de causas de muerte, que el ajuste *final*.

Como conclusión en este apartado se tiene que los ajustes por medio de la corrección polinómica y por medio de splines resultaron tener una mayor bondad de ajuste en la serie de probabilidades de muerte, que el método *final* que se seleccionó. Esto se explica en gran medida porque estos ajustes, estiman una cantidad considerablemente mayor de parámetros que en esta metodología, lo cual les proporciona una mayor flexibilidad y precisión al momento de realizar la estimación de los datos, pero tienen el problema que no resultan ser parsimoniosos, a diferencia del ajuste *final*.

Las ventajas que tiene esta metodología se pueden resumir como: que presenta una unión suave entre los polinomios (debido a que se utilizan los splines); también, tienen ajuste adecuado en edades adultas mediante el uso de las funciones de supervivencia, las cuales se analizaron previamente que es en este rango de edad en el cual estiman de forma adecuada la mortalidad; y, cumple con la propiedad de parsimonia, puesto que no solamente proporciona un ajuste adecuado, sino que el número de parámetros estimados es relativamente bajo. En este sentido el número de parámetros es de 15 cuando se emplea la función Gompertz (cuatro por cada polinomio de tercer grado y tres de la función); 16 para la función Gompertz-Makeham; y 17 para la función Lazarus.

## 6.2. Análisis de Parámetros

En este apartado se analiza la tendencia y el comportamiento de los parámetros que conforman la función del ajuste *final*<sup>62</sup>. El objetivo es encontrar si existe un patrón de comportamiento en los parámetros de los diferentes segmentos estimados de la curva de

---

<sup>62</sup> Los valores de los parámetros se encuentran en el anexo XIII

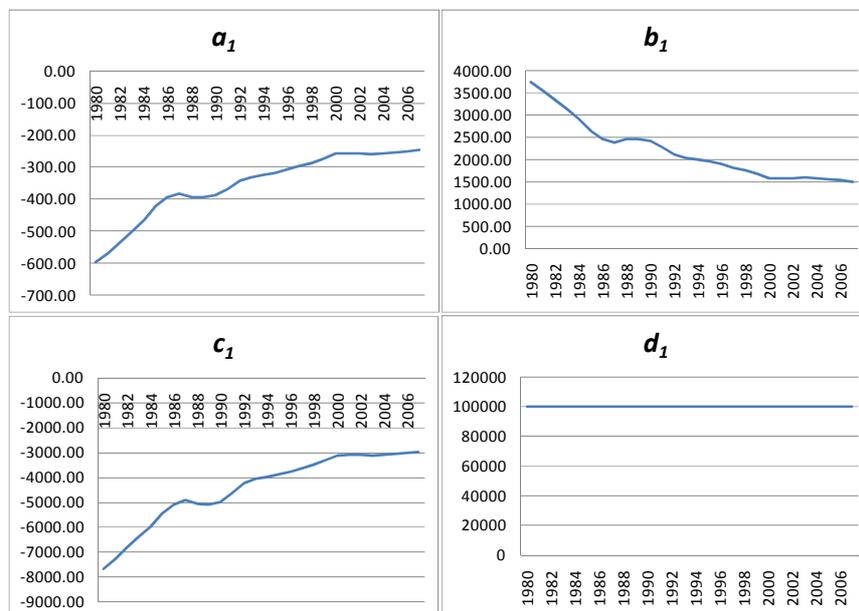
mortalidad; del mismo modo, esto puede permitir un primer acercamiento para la obtención de significado teórico más claro de los parámetros. Además, se examina la edad en la cual se ubica el segundo nodo, y con ello ver si tiene algún significado demográfico relevante.

Los parámetros se nombraron como  $a_i, b_i, c_i, d_i$  con  $i = 1, 2, 3$  siendo los primeros dos valores para los polinomios ajustados en las primeras edades y hasta el segundo nodo, y el tercer valor para el último polinomio; con la finalidad de tener consistencia con los cálculos anteriores, se nombran  $d, b, f, a$  y  $k$  los parámetros del segmento ajustado por la función Lazarus.

### 6.2.1. Total de defunciones<sup>63</sup>

Para este grupo de causas de muerte los parámetros  $a_1$  y  $c_1$  del primer polinomio tienen un comportamiento creciente a lo largo de todo el periodo, en cambio el parámetro  $b_1$  decrece en todo el periodo, mientras que el último parámetro  $d_1$  tiene un valor fijo; esto sucede tanto para hombres como para mujeres.

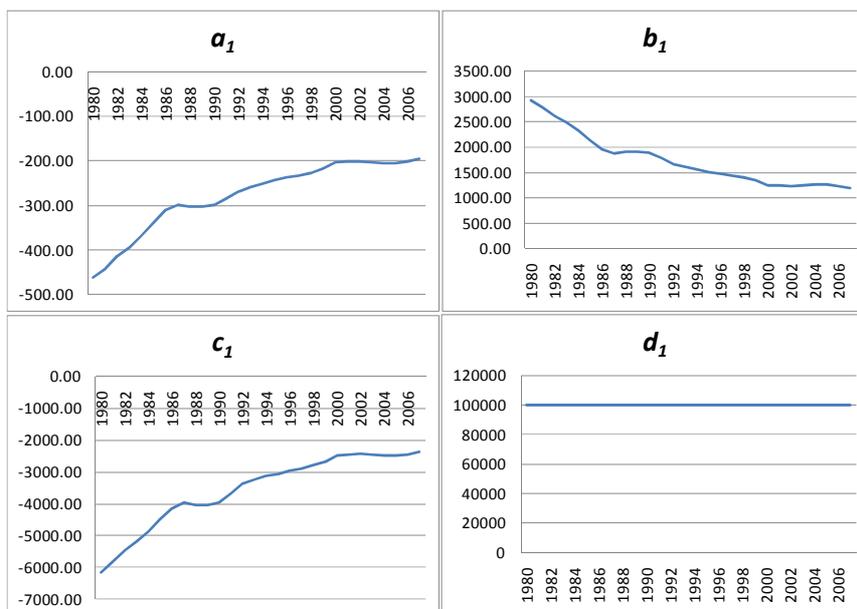
**Gráfica 34- Tendencia de los parámetros de la función final, segmento 0 a 3 años, total de defunciones hombres 1980 a 2007**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

<sup>63</sup> Los valores de los parámetros se encuentran en el anexo XIII

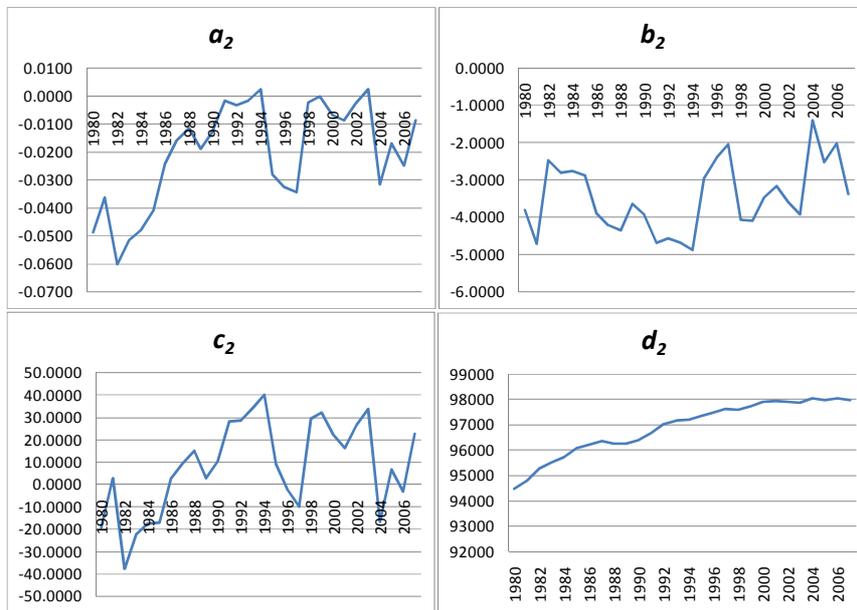
**Gráfica 35 - Tendencia de los parámetros de la función final, segmento 0 a 3 años, total de defunciones mujeres 1980 a 2007**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

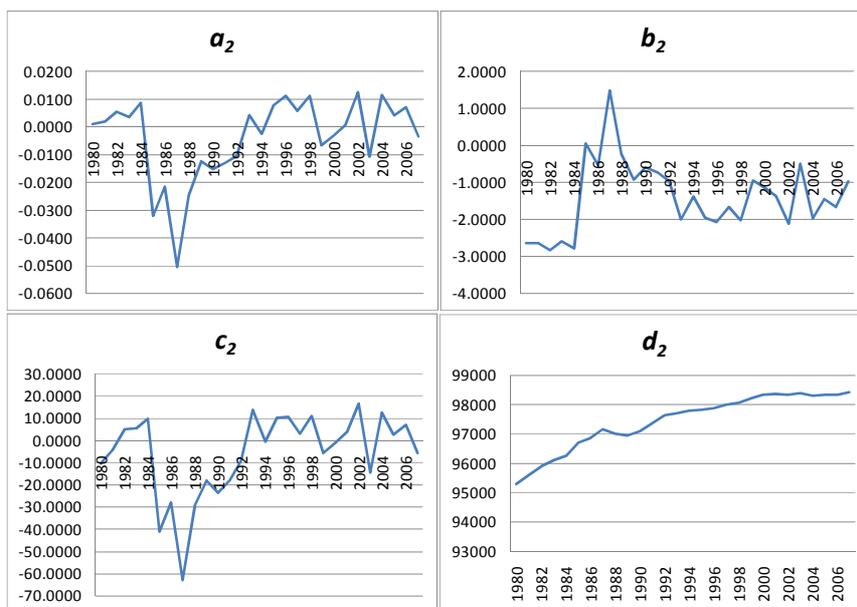
En el segundo segmento, se tiene un comportamiento menos definido para la mayoría de los parámetros, tanto en hombres como en mujeres; solamente los parámetros  $a_2$  y  $d_2$  tienen un comportamiento creciente para hombres y el  $d_2$  para mujeres. En este caso, el segundo nodo del spline, en ambos sexos, tiende a incrementarse con el tiempo ubicándose entre los 25 y 33 años de edad. Este comportamiento de este nodo de la función puede responder a cuestiones asociadas con los cambios ocurridos en patrón de mortalidad, el cual se ha modificado paulatinamente en años recientes, lo cual está a su vez relacionado con la Transición Epidemiológica y la disminución de la mortalidad a edades tempranas que se ha dado gradualmente, de manera general, en el país. Esto es, el incremento de la edad a la cual se le asigna el segundo nodo del spline, responde al paulatino crecimiento de la esperanza de vida al nacimiento, o lo que es lo mismo, el diferimiento de la mortalidad hacia edades cada vez mayores.

**Gráfica 36 - Tendencia de los parámetros de la función final, segundo segmento, total de defunciones hombres 1980 a 2007**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

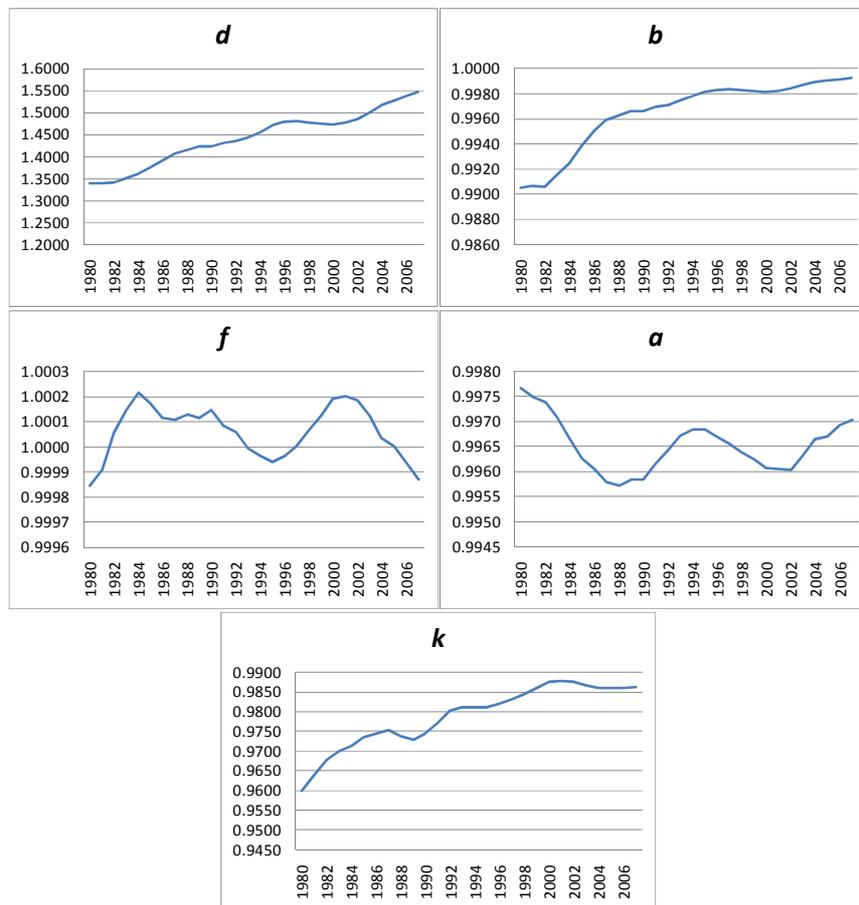
**Gráfica 37 - Tendencia de los parámetros de la función final, segundo segmento, total de defunciones mujeres 1980 a 2007**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

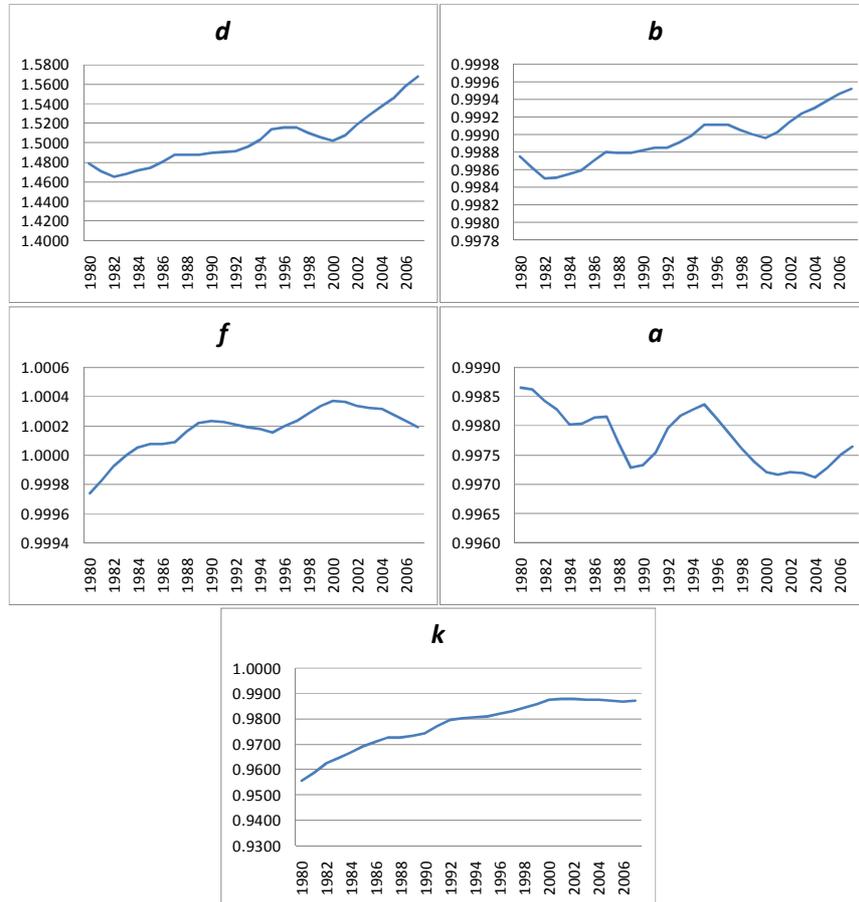
Los parámetros de la función Lazarus que ajustan la tercera porción de la serie  $l_x$  se observa que para ambos sexos, los valores estimados de  $d$ ,  $b$  y  $k$  presentan un comportamiento creciente y el resto de los parámetros no tienen una tendencia definida, para hombres; en el caso de las mujeres todos los parámetros tienen una tendencia creciente, excepto el parámetro  $a$ , el cual tiene cierta tendencia decreciente.

**Gráfica 38 - Tendencia de los parámetros de la función final, segmento Lazarus, total de defunciones hombres 1980 a 2007**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

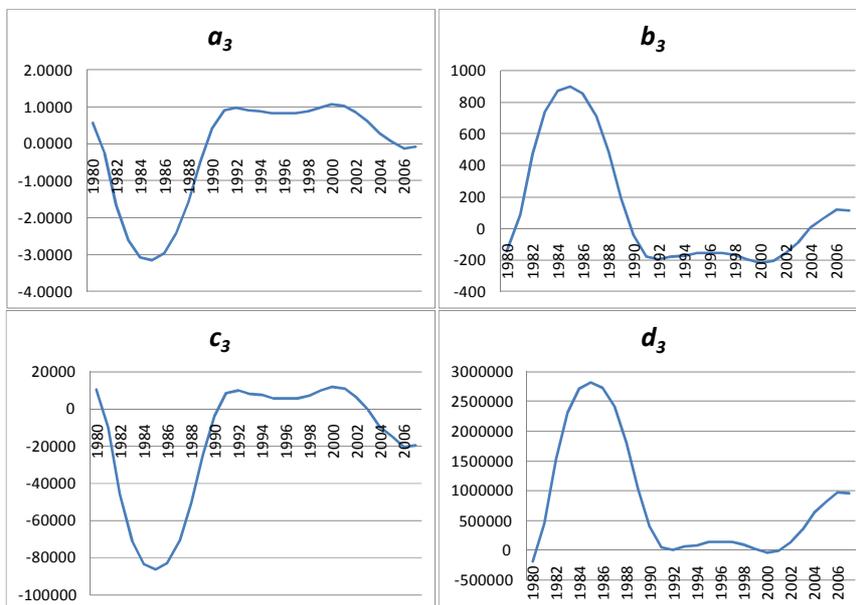
**Gráfica 39 - Tendencia de los parámetros de la función final, segmento Lazarus, total de defunciones mujeres 1980 a 2007**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

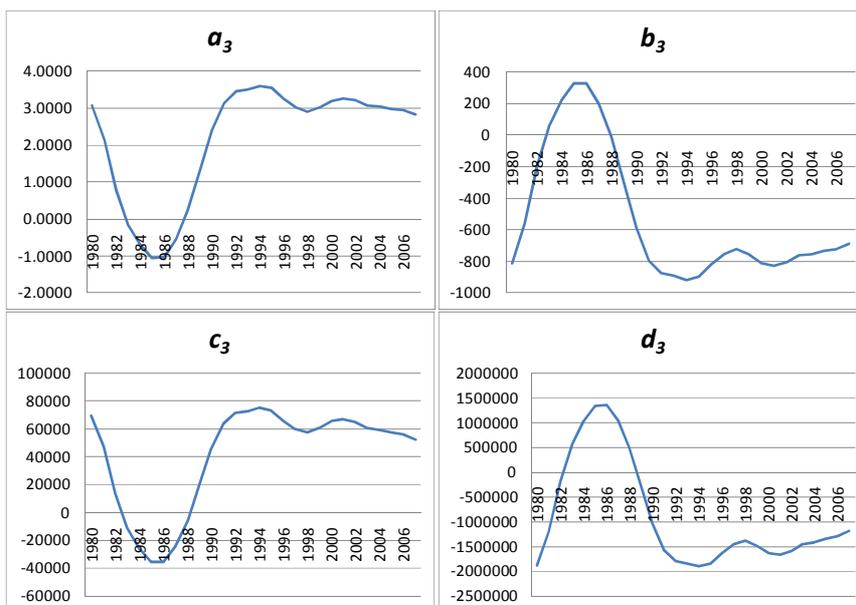
En el último segmento, ninguno de los parámetros tiene una tendencia definida, ni para hombres ni en mujeres. Sin embargo, sucede un fenómeno interesante que entre 1980 y 1990 aproximadamente, los parámetros  $a_3$  y  $c_3$  tienen un comportamiento de parábola decreciente y luego creciente, mientras que en ese mismo periodo  $b_3$  y  $d_3$  tienen un comportamiento opuesto, con una parábola creciente en un inicio y decreciente después. Después de 1990, se observa un comportamiento más estable y similar de todos los parámetros de este segmento de la curva de mortalidad.

**Gráfica 40 - Tendencia de los parámetros de la función final, segmento de edades mayores, total de defunciones hombres 1980 a 2007**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica 41 - Tendencia de los parámetros de la función final, segmento de edades mayores, total de defunciones mujeres 1980 a 2007**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

### 6.2.2. Diabetes Mellitus<sup>64</sup>

En esta causa de muerte se tiene que al igual que en el total de defunciones, los parámetros  $a_1$  y  $c_1$  tienen una tendencia creciente a lo largo de todo el periodo, y el parámetro  $b_1$  decrece paulatinamente; asimismo, el parámetro  $d_1$  tiene un valor fijo; esto sucede tanto para hombres como para mujeres. En la segunda parte, solamente el parámetro  $d_2$  tiene una tendencia creciente definida, tanto para hombres, como para mujeres; pero el resto de los parámetros no presenta un comportamiento regular. En cuanto a la ubicación del segundo nodo, ésta varía en el rango de 25 a 33 años para hombres y de 28 a 33 en mujeres, con una tendencia creciente para ambos sexos. Este incremento de la edad del segundo nodo, puede estar relacionado con el incremento de la variabilidad de la mortalidad por diabetes en el país en los últimos años.

En la parte de la función, donde se ajusta por medio de Lazarus, para hombres el parámetro  $b$  tiene una tendencia decreciente, a diferencia de los parámetros  $a$  y  $k$  que tienden a incrementarse con el tiempo; mientras que los otros parámetros tienen comportamientos que se pueden considerar sin ninguna tendencia clara. Es interesante mencionar que los parámetros  $b$  y  $k$  tienen un comportamiento que se podría tomar como compensatorio, puesto que en los años en los cuales  $b$  tiene valores cercanos a cero,  $k$  tiene un incremento fuerte de su valor, y viceversa. En el caso de las mujeres, solamente  $f$  tiende a disminuir con el tiempo, y al igual que en hombres, en los años en que el parámetro  $b$  tiene valores cercanos a cero,  $k$  tiene valores altos. En la última sección de la función ajustada, ninguno de los parámetros presenta una tendencia definida, ni en hombres, ni en mujeres. Pero, se distingue que los parámetros  $a_3$  y  $c_3$  tienen el mismo signo, que es contrario al de  $b_3$  y  $d_3$ ; además, se observa un periodo de algunos años, en el cual los parámetros alternan de signo.

### 6.2.3. Enfermedades cardiovasculares<sup>65</sup>

Para esta causa de muerte se tiene un fenómeno igual que para las causas de muerte anteriores, esto es, que en el primer segmento de la curva, tanto para hombres, como para mujeres los parámetros  $a_1$  y  $c_1$  tienen una tendencia creciente, y el parámetro  $b_1$  decrece

---

<sup>64</sup> Los valores de los parámetros se encuentran en el Anexo XIII y las gráficas de las tendencias de los parámetros en el Anexo XIV.

<sup>65</sup> Los valores de los parámetros se encuentran en el Anexo XIII y las gráficas de las tendencias de los parámetros en el Anexo XIV.

paulatinamente; asimismo, el parámetro  $d_1$  tiene un valor fijo a lo largo de todo el periodo. En el segundo segmento, se observa que para hombres los parámetros  $b_2$  y  $d_2$  tienen una tendencia creciente; mientras que para mujeres, los que tienen una tendencia a incrementarse son  $c_2$  y  $d_2$ ; el resto de los parámetros no presentan una tendencia definida. Respecto de la ubicación del segundo nodo, ésta tiene los mismos rangos que en la causa de muerte anterior, situándose entre los 25 a 33 años en ambos sexos. Al igual que en el total de defunciones, este incremento en la ubicación del nodo se relaciona con el aumento de la esperanza de vida de la población y con la disminución de la mortalidad a edades tempranas y el incremento de la mortalidad por esta causa de muerte, pero en edades cada vez más avanzadas.

En cuanto a los parámetros de Lazarus, se tiene que para hombres los valores de  $d$  y  $a$  crecen, mientras que  $f$  y  $k$  disminuyen, con el parámetro  $b$  sin tener una tendencia definida; cabe mencionar que en los últimos años de estudio, se vuelve a presentar la “compensación” entre los parámetros  $b$  y  $k$ , en el sentido de que el primero se incrementa a valores altos, mientras que el segundo toma valores cercanos a cero. En el caso de las mujeres se observa que los parámetros  $b$  y  $d$  muestran un patrón de crecimiento,  $a$  disminuye durante el periodo de estudio y los otros no tienen una tendencia definida. En cuanto al último polinomio de la función, al igual que en la causa de muerte previa, ninguno de los parámetros presenta una tendencia definida, ni en hombres, ni en mujeres; y también se observa que los parámetros tienen la alternancia de signo, mencionada previamente.

#### 6.2.4. Tumores<sup>66</sup>

Al igual que en las causas de muerte anteriores, en el polinomio que ajusta las primeras edades de la serie de supervivientes a edad  $x$ , se distingue el mismo patrón de comportamiento, tanto en hombres como en mujeres. Este patrón es que los parámetros  $a_1$  y  $c_1$  crecen con el paso del tiempo, mientras que el parámetro  $b_1$  decrece y el otro parámetro  $d_1$  está fijo en un valor igual al *radix*. Del mismo modo, para el polinomio del spline se tiene que para hombres y mujeres, los parámetros  $b_2$  y  $d_2$  tienen una tendencia creciente (aunque el primero, con altibajos); mientras que los otros parámetros no tienen un comportamiento reconocible. En cuanto al segundo nodo seleccionado, para hombres se encuentra entre los 25 y 33 años, con una tendencia al aumento;

---

<sup>66</sup> Los valores de los parámetros se encuentran en el Anexo XIII y las gráficas de las tendencias de los parámetros en el Anexo XIV.

en mujeres las edades donde se ubica el nodo varían entre los 28 y 31 años que al igual que en las causas anteriores el incremento de la edad nodal implica que la mortalidad por esta causa se incrementó de manera relativa en este periodo de casi 30 años en el país, aunque la diferencia entre los sexos se puede deber a que en los hombres se tuvo un mayor crecimiento de la varianza de defunciones por esta causa.

La tercera sección del ajuste, en la cual se estima la función Lazarus, se tiene que para hombres los parámetros  $d$  y  $a$  tienen una tendencia decreciente durante todo el periodo de estudio; y el parámetro  $k$  presenta una tendencia creciente a partir de 1985, ya que previamente presenta valores muy elevados y sin tendencia alguna. En el caso de las mujeres, los parámetros  $d$  y  $b$  decrecen durante todos los años de forma paulatina, aunque el segundo de ellos lo hace hasta 1999; del mismo modo,  $a$  tiene una tendencia a incrementarse; los otros dos parámetros, no tienen una tendencia definida. En la cuarta parte del ajuste, se tiene el mismo fenómeno que en las causas anteriores, y se observa que ningún parámetro presenta una tendencia definida.

#### **6.2.5. Resto de defunciones<sup>67</sup>**

Para este grupo de causas de muerte se tiene que en la primera parte del ajuste, al igual que en todas las causas de muerte en esta investigación, los parámetros  $a_1$  y  $c_1$  presentan una tendencia creciente en el tiempo, y el parámetro  $b_1$  decrece; también, se tiene que el parámetro  $d_1$  tiene un valor fijo, igual al valor del *radix*; esto sucede tanto para hombres como para mujeres. En la segunda sección del ajuste, el parámetro  $d_2$  para hombres y el  $a_2$  en mujeres muestran una tendencia creciente; el resto de los parámetros no tiene un comportamiento definido. En cuanto a la edad en la cual se ubicó el segundo nodo, para hombres se ubica en casi todos los años, en la edad 31, mientras que para mujeres se toma en las edades 29, 30 y 31, para los distintos años. Este comportamiento relativamente estable de la edad del nodo de la función, responde a que en este grupo se incluyen una gran cantidad de causas de muerte, tanto por causas externas, como enfermedades crónicas e infecciosas, estas últimas disminuyendo su participación dentro del perfil epidemiológico del país, pero compensándose esa reducción con el incremento de las enfermedades crónicas y las muertes por causas externas de mortalidad.

---

<sup>67</sup> Los valores de los parámetros se encuentran en el Anexo XIII y las gráficas de las tendencias de los parámetros en el Anexo XIV.

En la parte de la curva donde se estima la función Lazarus, se observa que en hombres el parámetro  $d$  tiene una tendencia creciente para ambos sexos; después, para hombres el parámetro  $k$  tiende a disminuir, y para mujeres lo hace el parámetro  $a$ ; el resto de los parámetros no muestran una tendencia definida. Finalmente, en la sección del polinomio de adultos mayores se observa que existe el mismo comportamiento que en todas las causas de muerte anteriores, por lo que no se tiene un patrón de comportamiento en los parámetros de esta parte del ajuste.

### **6.3. Interpretación y Explicación Teórica de los Parámetros**

En este apartado se busca realizar la interpretación y la explicación teórica de los parámetros que conforman la función final seleccionada para realizar el ajuste de los datos de mortalidad. Esto se lleva a cabo modificando los valores de un solo parámetro a la vez, mientras se dejan fijos los otros parámetros. El procedimiento se realiza para cada uno de los parámetros, cada una de las distintas causas de muerte seleccionadas en la investigación, para hombres y mujeres y todos los años que abarca el estudio. Con estos cambios se busca analizar qué efecto tiene el parámetro modificado, en la curva de mortalidad estimada y a partir de ello se realiza una interpretación demográfica del posible significado del parámetro. Este análisis se complementa estudiando los cambios que las modificaciones en los parámetros provocan en las distintas series de la tabla de vida; esto se realiza específicamente en las series de número de años vividos por la población entre las edades  $x$  y  $x+n$  ( ${}_nL_x$ ) y la esperanza de vida ( $e_x$ ). Cabe señalar que el análisis se realiza para cada sección de las que conforman la función.

#### **6.3.1. Edades infantiles<sup>68</sup>**

Esta sección de la curva de mortalidad se ajustó para las edades de 0 a 3 años, por medio de un polinomio de tercer grado, el cual estima de manera perfecta los puntos que conforman esta parte de la función. Previamente se mencionó, que por convención los parámetros del polinomio en estas edades se nombraron  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$  y  $d_1$ . La principal motivación de ajustar estas edades con un polinomio de tercer grado proviene de que se ha estudiado que en las edades más jóvenes las tasas son muy altas inmediatamente después del nacimiento, y después comienzan a

---

<sup>68</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

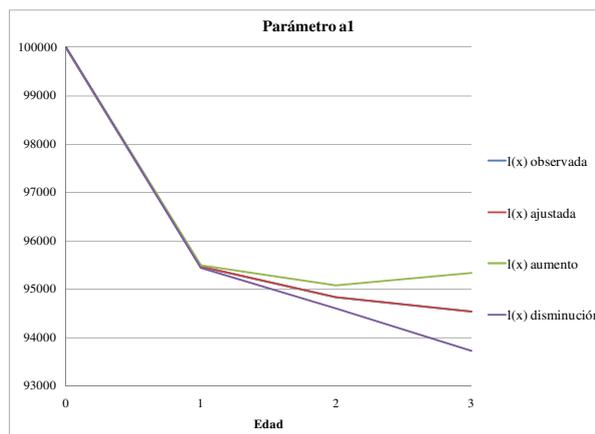
disminuir, presentándose un cambio de concavidad en las probabilidades de muerte, la cual no es ajustada de manera adecuada por las funciones de supervivencia.

Después de llevar a cabo el análisis, de los parámetros en este segmento de la curva, sobresale que cada uno de los parámetros tiene el mismo comportamiento para todas las causas de muerte, ambos sexos y para todos los años que abarca este estudio. Esto es, independientemente de la causa de muerte que se esté analizando, el año o si son defunciones de hombres o mujeres, los parámetros modifican de la misma forma a la curva de mortalidad y afectan a las mismas edades.

### Parámetro $a_1$ <sup>69</sup>

Entonces, cuando se incrementa el valor del parámetro  $a_1$ , se incrementa la curva en las edades 1 a 3, y si el cambio es lo suficientemente grande, ésta se vuelve creciente; si se disminuye el valor, la curva baja también; es el parámetro más sensible de esta sección de la curva debido a que está multiplicando a la mayor potencia en esta parte; y en ningún caso existe cambio de concavidad en la función después de modificar el parámetro. A continuación se presenta en la gráfica 42 un ejemplo del efecto que tiene la modificación del parámetro  $a_1$  en la serie de supervivientes a edad  $x$ , antes y después de llevarlo a cabo, con la finalidad de analizar la forma en la cual cambia la curva de mortalidad en las primeras edades de la tabla de vida.

**Gráfica 42 - Parámetro  $a_1$  ajuste final, 1980 total defunciones hombres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

<sup>69</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

Asimismo, después de analizar los cambios que la modificación del parámetro tiene sobre las series de la tabla de vida, se observa que para todas las causas de muerte analizadas, cuando se incrementa el valor del parámetro, también lo hacen los años-persona vividos en este rango de edades. Este comportamiento tiene una característica interesante, ya que el aumento en las  ${}_nL_x$  es menor con el paso del tiempo (con incrementos de igual proporción del parámetro), lo cual sucede para ambos sexos y en todas las causas de muerte analizadas; cabe mencionar que en la edad en que el aumento de este indicador es mayor, es en la de dos años. Es interesante comentar, que en todas las causas se realizó la misma modificación al valor del parámetro (una variación del 5%, tanto para incrementarlo, como para disminuirlo). En términos demográficos se tiene que a esta variación del parámetro corresponden incrementos de menos del 0.56% en la serie de años-persona vividos, en todas las causas y años analizados.

En el caso de la esperanza de vida al nacimiento ( $e_0$ ), se tiene un comportamiento interesante ya que ésta aumenta con la modificación del parámetro, sin embargo, en las edades más grandes de este rango el valor del indicador disminuye conforme la edad avanza. En cuanto al incremento porcentual de la esperanza de vida, provocado por la variación del parámetro se tiene que éste es menor a un 0.02% en todos los casos. Las causas de muerte en las cuales se tiene el mayor incremento porcentual de la esperanza de vida son *diabetes* y *cardiovasculares* para hombres. Esto implica que ante incrementos del 5% del valor del parámetro, la esperanza de vida al nacimiento aumenta solamente en un porcentaje bajo. Aunado a esto, conforme pasa el tiempo, los cambios sobre la esperanza de vida son cada vez menores.

Por otro lado, cuando el valor del parámetro se disminuye sucede el fenómeno contrario, ya que si la disminución se realiza en la misma proporción que en el aumento, los cambios en ambas series de la tabla de mortalidad, se dan en el mismo monto, pero con signo contrario. Entonces, cuando varía el valor del parámetro, los años-persona vividos en este rango de edad disminuyen, y este cambio en las  ${}_nL_x$  es menor con el paso del tiempo. Lo anterior sucede para ambos sexos y en todas las causas de muerte analizadas; cabe mencionar que la edad en la cual la variación de este indicador es mayor, es en la edad de dos años. Esto se observa también en cuanto al cambio porcentual, ya que la disminución del 5% del valor del parámetro corresponde a una reducción menor a un 0.56% en todas las causas y años analizados de la serie de años-persona vividos.

En el caso de la esperanza de vida al nacimiento, se tiene también una disminución de su valor, la cual es cada vez menor con el paso del tiempo. Esto se ve en los cambios porcentuales del indicador, los cuales son menores a un 0.02% en todos los casos, ante una disminución del 5% en el parámetro; también se observa que el cambio porcentual de este indicador, al igual que en la serie de años-persona vividos, es cada vez menor con el paso de los años.

En general, las modificaciones sobre el parámetro en este rango de edad, que se analizaron significan que el parámetro tiene poco efecto en la mortalidad en las primeras edades del rango de edad, y que los mayores impactos se presentan en la edad de dos años. Es importante mencionar que en el análisis se observó que, los cambios en la esperanza de vida es adecuado estudiarlos solamente para la esperanza de vida al nacimiento, puesto que en el resto de las edades, el efecto del parámetro sobre el indicador se da tanto en el numerador (en el total de los años-persona vividos a partir de cierta edad  $T_x$ ) y en el denominador ( $l_x$ ), mientras que en la  $e_0$  el denominador es igual al *radix*, el cual no cambia ante modificaciones de los parámetros de la función.

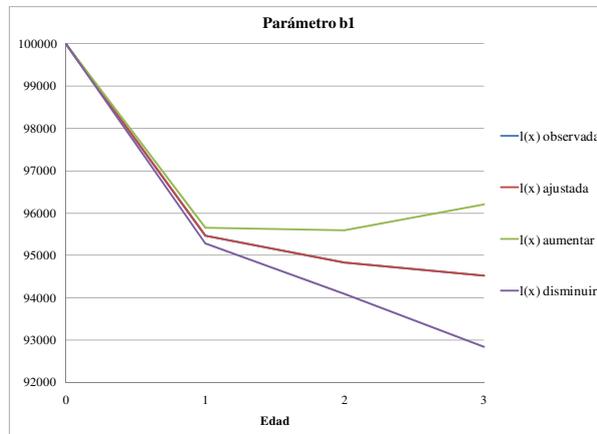
#### *Parámetro $b_1$* <sup>70</sup>

De la misma forma para  $b_1$ , se puede decir que los cambios son análogos al parámetro anterior, con la diferencia que éstos son menos sensibles. Éstos difieren en que este parámetro puede modificar la concavidad de la sección, al cambiar el signo del parámetro, dejando los demás fijos. Al igual que con el parámetro anterior, el efecto que tienen las modificaciones del parámetro sobre las series de la tabla de vida, son similares para las distintas causas de muerte y en ambos sexos; las modificaciones que se realizaron para el parámetro tienen una proporción del 5% en todos los casos. Al igual que con el parámetro previo, se presenta en la gráfica 43, a manera de ejemplo, el efecto que tiene la modificación del parámetro  $b_1$  en la serie de supervivientes a edad  $x$  para el total de defunciones en hombres en el año 1980, antes y después de llevarlo a cabo, con la finalidad de analizar la forma en la cual cambia la curva de mortalidad en las primeras edades. La forma del impacto del parámetro en la  $l_x$  se observa en todas las causas de muerte, años y ambos sexos, aunque no necesariamente es del mismo monto.

---

<sup>70</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

**Gráfica 43 - Parámetro  $b_1$  ajuste final, 1980 total defunciones hombres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

En el caso cuando se incrementa el valor del parámetro, los años-persona vividos aumentan, y la edad que lo hace con mayor monto es la de dos años. De esta forma se puede ver que los mayores incrementos a la edad de dos años, son de aproximadamente 1.3% en hombres, y de 1% en mujeres, en casi todos los grupos de causa de muerte aquí analizados, excepto para el resto de defunciones. Asimismo, este efecto en la mortalidad lo cual disminuye en ambos sexos a lo largo del periodo de estudio, por lo que al igual que en el parámetro anterior, se tiene la característica que el aumento en las  ${}_nL_x$  es menor con el paso del tiempo.

En el caso de la esperanza de vida al nacimiento sucede lo mismo que en el parámetro anterior, en el sentido que existe un incremento del indicador, y el monto de éste también disminuye paulatinamente con el paso del tiempo (a incrementos del parámetro en la misma proporción del 5%). En cuanto al incremento porcentual de la esperanza de vida, provocado por la variación del parámetro se tiene que éste es menor a un 0.04% en todos los casos, y como se mencionó, este cambio porcentual se reduce gradualmente. Pero es interesante resaltar que los cambios de la esperanza de vida son mayores en este parámetro que en el anterior, ante modificaciones de la misma proporción. Como se comentó previamente, no se analiza la esperanza de vida en las otras edades puesto que en éstas, el efecto de la modificación del parámetro se da tanto en el numerador y en el denominador al momento de calcular la esperanza de vida.

De otro lado, al disminuir el valor del parámetro se tiene el efecto opuesto en las series de la tabla de mortalidad, que en caso cuando se aumenta; y si la disminución es de la misma

proporción que el incremento, el efecto sobre las  ${}_nL_x$  y la  $e_0$  son iguales en monto (pero con signo contrario). Esto implica que en este caso el efecto de la modificación del parámetro en las series de la tabla de vida, es que disminuye tanto los años-persona vividos (con mayor monto en la edad de dos años), como la esperanza de vida al nacimiento. En este sentido se observa que la edad en la cual las  ${}_nL_x$  tienen la mayor reducción es en los dos años, con porcentajes de aproximadamente 1.3% en hombres, y de 1% en mujeres, aunque el monto de estos cambios también se reduce con el tiempo. En cuanto a las  $e_0$  se observa que las disminuciones porcentuales en este indicador son idénticas a los incrementos cuando se aumenta el valor del parámetro, pero con signo contrario.

Entonces, las modificaciones sobre este parámetro en el rango de edad de 0 a 4 años o lo que es lo mismo, en la mortalidad infantil y de la niñez, tienen un efecto relativamente pequeño en la mortalidad de la población en esas edades, el cuál disminuye con el paso del tiempo, lo cual es consistente con la disminución paulatina de la mortalidad infantil en el país en este periodo analizado. Esto es, entre menor sea la mortalidad en esas edades, menor es el efecto del parámetro en la mortalidad infantil.

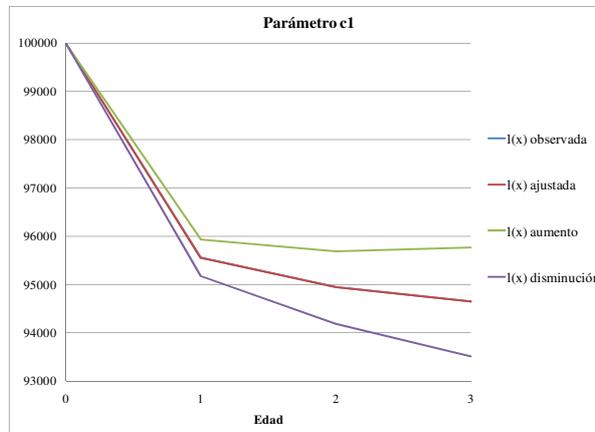
#### *Parámetro $c_1$ <sup>71</sup>*

Análogamente, cuando varían los valores del parámetro  $c_1$  se tiene que al incrementarse, sube la curva de mortalidad, incrementando la pendiente de esta sección; lo contrario sucede al reducir el valor del parámetro; cabe hacer mención que no modifica la concavidad de la pendiente. Al igual que en los parámetros anteriores de este rango de edades se tiene que el efecto que tienen los cambios sobre las series de la tabla de vida aquí analizadas ( ${}_nL_x$  y  $e_x$ ) es similar, tanto en dirección, como en monto, para las causas de muerte y en ambos sexos. Es importante mencionar que en todos los casos las modificaciones realizadas del parámetro, se llevaron a cabo con una proporción del 5%. Del mismo modo que en los parámetros previos, se presenta en la gráfica 44, como ejemplo, la forma en la cual las modificaciones al parámetro  $c_1$  afectan la serie de supervivientes.

---

<sup>71</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

**Gráfica 44 - Parámetro  $c_1$  ajuste final, 1980 enfermedades cardiovasculares hombres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Entonces, se tiene que al aumentar el parámetro, los años-persona vividos en este rango de edad, se incrementan y la esperanza de vida al nacimiento también lo hace. La  ${}_nL_x$  tiene su mayor incremento porcentual en la edad de dos años, en todas las causas de muerte y ambos sexos, de alrededor del 1% en 1980 y del 0.4% en 2005 en hombres, y del 0.8% y 0.3% en mujeres para los mismos años, excepto en el caso del resto de defunciones. En cuanto a la  $e_0$  se tiene para hombres los cambios son del orden del 0.035% en 1980 (cifra que disminuye paulatinamente), excepto en *resto de defunciones*, donde el cambio es menor; para mujeres es de aproximadamente 0.025%, con las mismas características que en hombres.

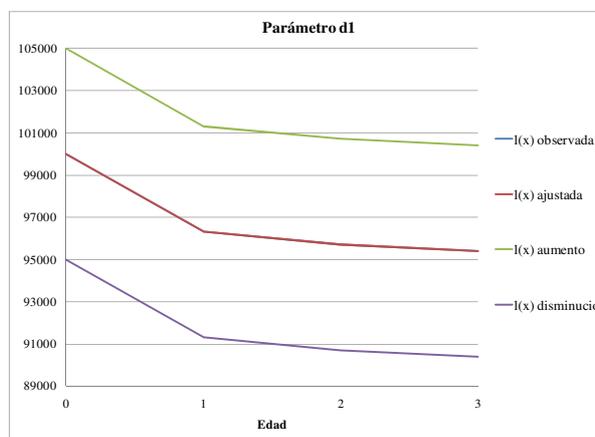
De forma contraria, al disminuir el valor del parámetro, los años-persona vividos también lo hacen, al igual que la esperanza de vida al nacimiento. Cabe mencionar, que el monto del cambio en las series de la tabla de vida es el mismo para la misma causa y sexo si se aumenta, que si se disminuye el parámetro (con la dirección contraria) siempre y cuando, la modificación del parámetro es en la misma proporción. En los años-persona vividos la mayor disminución se da a los dos años de edad y con los mismos porcentajes mencionados previamente en el incremento del parámetro. Para la  $e_0$  se observa que las disminuciones porcentuales en este indicador son idénticas a los incrementos (en el caso cuando se aumenta el valor del parámetro) pero con signo contrario. También, es interesante mencionar que con el paso del tiempo, el efecto del parámetro sobre las series de la tabla de vida es menor.

Entonces, se puede interpretar que los cambios de la curva al modificarse el parámetro significan que, al igual que los parámetros anteriores, tiene poco efecto en la mortalidad infantil, y que los mayores impactos se presentan en la edad de dos años.

### Parámetro $d_1$ <sup>72</sup>

El parámetro  $d_1$  se puede considerar como de localización, ya que dependiendo la modificación que se hace de su valor, incrementa o disminuye la curva sin modificar la pendiente de la curva y lo hace con la misma *forma*. Cuando se incrementa el valor del parámetro, la curva se desplaza hacia arriba, aumentando el número de supervivientes, por tanto se puede ver como que el nivel de la mortalidad disminuye en este rango de edades. Caso contrario, cuando se disminuye el parámetro la curva de supervivientes se desplaza hacia abajo, reduciendo los supervivientes en cada edad. En este caso se modificó el parámetro, tanto aumentándolo, como reduciéndolo, en un 5% en todas las causas y ambos sexos. En la gráfica 45, se expone el efecto que tiene la modificación del parámetro  $d_1$  en la  $l_x$ , antes y después de llevarlo a cabo, para analizar la forma en la cual cambia la curva de mortalidad en las primeras edades.

**Gráfica 45 - Parámetro  $d_1$  ajuste final, 1980 diabetes mellitus mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

En cuanto al efecto del parámetro sobre la mortalidad, se tiene que al aumentar el parámetro, éste incrementa los años-persona vividos en todo el rango de edad, y en igual monto

<sup>72</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

para todas las causas de muerte y ambos sexos (siempre y cuando el cambio del parámetro sea en la misma proporción). Las modificaciones en la  ${}_nL_x$  son de aproximadamente un 5.1%, con montos similares entre las edades (excepto la edad 3, que tiene el menor porcentaje), en todas las causas, y a lo largo del tiempo. Al incrementar el parámetro, sucede un fenómeno extraño, ya que se disminuye la esperanza de vida en todas las edades. Esto sucede (específicamente en la esperanza al nacimiento) debido a que la modificación del parámetro incrementa la serie de supervivientes, incluido el *radix*, y lo hace en mayor proporción en la serie de supervivientes, por lo tanto al calcular el indicador, se divide el total de años-persona vividos entre un número mayor. La reducción de la esperanza de vida al nacimiento, ante un incremento de 5% del parámetro, se encuentra alrededor de un 4.5%.

Por otro lado, cuando se disminuye el parámetro, la  ${}_nL_x$  también disminuye, y lo hace en igual monto para todas las causas de muerte y ambos sexos que en el caso del aumento. En el caso de la  $e_0$ , se tiene que al modificar el parámetro se incrementa el valor de este indicador en todo el rango de edad. En este caso, los incrementos son distintos al caso previo, y se encuentran alrededor de un 5%, pero con una ligera tendencia a aumentar el efecto con el paso del tiempo; esto en todas las causas y ambos sexos. Entonces, como se mencionó previamente, el principal efecto que tiene este parámetro sobre la curva de mortalidad es variar el nivel de la mortalidad en el rango de edad de 0 a 3 años.

### 6.3.2. Edades jóvenes<sup>73</sup>

En esta sección de la curva de mortalidad se ajustan las edades jóvenes de la tabla de vida, a partir de los cuatro años y hasta la edad del segundo nodo (en general varía entre los 25 y 33 años). Esta estimación se realiza por medio del polinomio de tercer grado del spline cúbico calculado en el capítulo previo. En estas edades se busca ajustar el cambio de concavidad que existe en la infancia y la niñez, y posteriormente en las edades jóvenes (debido principalmente a la joroba causada por los accidentes y lesiones). Del mismo modo que en la sección previa, por convención los parámetros en estas edades se nombraron  $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$  y  $d_2$ .

Entonces, en el análisis de los parámetros en este segmento de la curva resalta que, al igual que en la sección de las edades más jóvenes, cada uno de los parámetros tiene el mismo

---

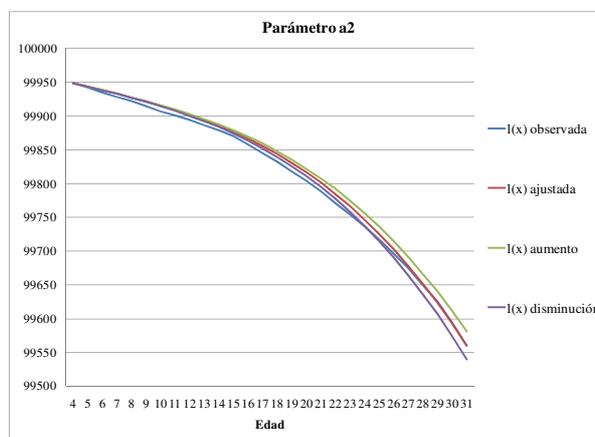
<sup>73</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

comportamiento para todas las causas de muerte, ambos sexos y para todos los años que abarca este estudio. Esto significa, que no importa qué causa de muerte se esté analizando, que año o si es la función de hombres o mujeres, los parámetros afectan de la misma forma a la curva estimada, y además en las mismas edades, aunque no necesariamente en el mismo monto.

#### Parámetro $a_2$ <sup>74</sup>

Al modificar el parámetro  $a_2$ , si se incrementa su valor sube la curva a partir de la edad del primer nodo, pero pareciera que deja fija la curva en el nodo puesto que los cambios en las edades cercanas a los 4 años son menores que en las edades cercanas al segundo nodo; en este sentido, se tiene la particularidad que si se aumenta lo suficiente su valor, modifica la concavidad de la curva en esta sección con un crecimiento de forma exponencial. De forma contraria, si se disminuye el valor del parámetro, baja la curva y cambia la pendiente en esta sección volviéndola cada vez más negativa, pero sin alterar la concavidad. Este parámetro entonces, da el grado de curvatura de esta sección, esto es modifica la pendiente de la curva. A continuación se presenta una gráfica con el efecto del parámetro en la curva de mortalidad (gráfica 46).

**Gráfica 46 - Parámetro  $a_2$  ajuste final, 1980 resto de defunciones hombres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Ahora bien, después de analizar como varía la curva de mortalidad, tras modificar el valor del parámetro, se observa que el efecto que tiene sobre la serie de años-persona vividos, es

<sup>74</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

que al aumentar su valor, éste incrementa la serie en todas edades del rango de edad (que como se dijo, abarca desde los cuatro años, hasta la edad del segundo nodo), en todas las causas y en ambos sexos. Sin embargo, esta variación en el valor de la  ${}_nL_x$  no tiene un monto similar entre las distintas causas. En cambio, cuando se disminuye el valor del parámetro, el efecto que tiene sobre los años-persona vividos es que los reduce también en todo el rango de edad. De esta forma, ante cambios del 5% en el valor del parámetro (ya sea incrementando o disminuyendo su valor) se puede ver que las causas de muerte que presentan cambios en este indicador son *resto de defunciones*, (0.27 hombres y 0.34 mujeres, que disminuyen con el tiempo a niveles similares de .16 en ambos casos) *tumores* (0.165 hombres y 0.25 mujeres y en ambos casos el efecto disminuye en el tiempo), y en *total defunciones* hombres (0.28%). Del mismo modo, para *enfermedades cardiovasculares* el parámetro tiene mayor efecto en las mujeres (0.05 en hombres y 0.29% en mujeres aproximadamente) mientras que la causa que menor impacto tuvo fue para el *total defunciones* en mujeres (0.007). Es interesante observar también que la *diabetes* en mujeres (0.17 a 0.11 durante el periodo) y hombres (0.13% a 0.05% en el periodo) tuvo un descenso en el número de años-persona vividos con el paso del tiempo. Se puede constatar que el parámetro tiene un mayor efecto en las edades más grandes de este rango de edad.

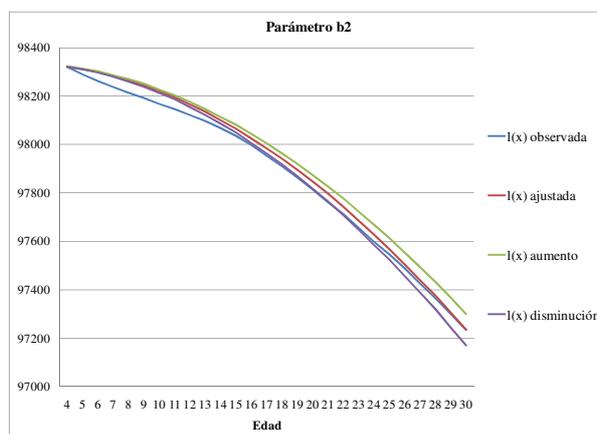
Cuando se analizan los cambios que se presentan en la esperanza de vida al nacimiento, tras modificar el valor del parámetro, se puede observar que cuando éste se incrementa, también lo hace el valor del indicador, en todas las causas de muerte y para ambos sexos. Del mismo modo, cuando se disminuye el valor del parámetro, la esperanza disminuye. Cabe indicar, que estos cambios tienen montos disímiles entre las distintas causas, aun cuando se modifican los valores del parámetro en la misma proporción para las distintas causas (5%). Es importante notar que la disminución del indicador es del mismo monto que el incremento, siempre y cuando se varíe en la misma proporción el parámetro.

Entonces, el efecto del parámetro sobre la esperanza de vida al nacimiento, en todas las causas, ante cambios del 5% en el valor del mismo, es menor a un 0.005% para todas las causas de muerte aquí analizadas. Esto es, las variaciones en el indicador son relativamente bajas, lo que implica que el parámetro tiene poco impacto en la mortalidad en la niñez, la adolescencia y las edades adultas jóvenes.

### Parámetro $b_2$ <sup>75</sup>

Para el parámetro  $b_2$ , cuando se aumenta su valor sube la curva en este segmento; cuando el incremento es relativamente pequeño, la pendiente de la curva se vuelve positiva, pero no cambia la concavidad, pero a partir de cierto valor mayor, se modifica la concavidad de la curva, hacia un crecimiento exponencial. Si se disminuye el valor del parámetro, del mismo modo que con el parámetro anterior, se disminuye la pendiente de la curva a partir de la edad del primer nodo. Entonces, se puede decir, que este parámetro, también da la concavidad de la sección y tiene un efecto similar que el parámetro anterior sobre la pendiente y la concavidad de la curva. Esto se presenta en la siguiente gráfica del comportamiento del parámetro (gráfica 47).

**Gráfica 47 - Parámetro  $b_2$  ajuste final, 1980 total defunciones mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Respecto al efecto demográfico del parámetro sobre las series de la tabla de mortalidad, se tiene que cuando se incrementa su valor, también aumentan los años-persona vividos en todo el rango de edad, en ambos sexos y para todas las causas. En este caso, la variación en el valor de la  ${}_nL_x$  tampoco tiene un monto similar entre las distintas causas. Por tanto, al analizar en cuales tiene mayor impacto, se encontró que tanto para hombres, como para mujeres la causa de muerte que presentan el mayor efecto de este indicador es *tumores* (1.7%). En el caso de los hombres las causas con mayores cambios son *diabetes* y *enfermedades cardiovasculares* (1.57% y 1.73%); mientras que en la causa que tuvo menor efecto, fue en *resto de defunciones* (0.38% y 0.61%

<sup>75</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

hombres y mujeres respectivamente) en ambos sexos y para mujeres fueron *enfermedades cardiovasculares*. Es interesante observar, que en hombres, *total de defunciones*, *diabetes* y *tumores* tuvieron un incremento en el número de años-persona vividos con el paso del tiempo (1.13% a 1.63%; 1.57% a 2.20%; y 1.48% a 2.03% respectivamente), mientras que para mujeres, ninguna causa mostró un mayor efecto del parámetro sobre esta serie de mortalidad. En cambio, las causas de muerte del *total de defunciones* para mujeres (0.96% a 0.69%), *enfermedades cardiovasculares* en hombres (bajó a 0.93%) y *resto de defunciones* para ambos sexos (culminando en 0.108% y 0.142% respectivamente), el efecto del parámetro sobre esta serie, se redujeron con el tiempo. Es interesante mencionar, que el mayor efecto sobre esta serie de mortalidad se da en las edades mayores del rango de edad.

Para la esperanza de vida al nacimiento, el modificar el parámetro tiene el mismo impacto en este indicador observado en los parámetros anteriores; esto es, la esperanza de vida al nacimiento se mueve en la misma dirección que el cambio del parámetro, en todas las causas de muerte y en ambos sexos. Los cambios son de montos similares entre las distintas causas, ante modificaciones de la misma proporción (5%) del parámetro y en todos los casos son menores a 0.03%. Con el paso del tiempo, el efecto del parámetro en la esperanza de vida al nacimiento fue más fuerte, para todas las causas de muerte en hombres, excepto en el *resto de defunciones*; en el caso de las mujeres, el efecto fue cada vez más fuerte para *enfermedades cardiovasculares*.

Cabe mencionar que es el parámetro más sensible de esta sección, o el que tiene un mayor impacto en la mortalidad en este rango de edades. Sin embargo, el efecto que tiene el parámetro sobre la mortalidad de la niñez, adolescencia y edades jóvenes es relativamente pequeño. A pesar de ello, se pudo observar que el parámetro tiene un mayor efecto en la mortalidad en las edades adultas jóvenes, que en las edades menores.

#### *Parámetro $c_2$* <sup>76</sup>

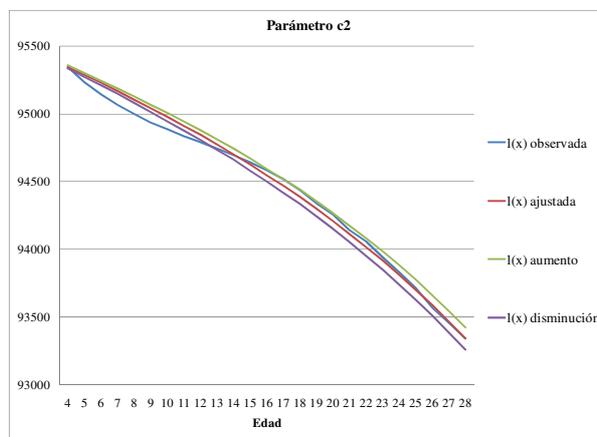
A diferencia de los anteriores, cuando se incrementan los valores del parámetro  $c_2$  la curva sube, pero en ambos nodos y no de forma homogénea en todo el rango de edad. Esto es, en general se incrementa más en las edades cercanas al segundo nodo, pero los cambios en las edades cercanas al primer nodo son mayores que en los parámetros anteriores. Asimismo, no modifica la concavidad de la curva, por más grande que sea el cambio. Cuando se disminuyen

---

<sup>76</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

sus valores, el efecto es que baja la curva en ambos nodos, al igual que cuando se incrementa. Este parámetro también afecta la pendiente, y por tanto el nivel y la forma de la mortalidad en esas edades, pero de manera distinta a los parámetros anteriores ya que el efecto en las edades jóvenes es mayor que en los otros parámetros. Aun así, los efectos del parámetro son mayores en las edades mayores. A continuación se muestran los cambios del parámetro en la gráfica siguiente (gráfica 48).

**Gráfica 48 - Parámetro  $c_2$  ajuste final, 1980 enfermedades cardiovasculares mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Ahora bien, con respecto al efecto que tiene el parámetro sobre los años-persona vividos, se tiene que al aumentar el valor del parámetro, se incrementa el indicador en todos los años del rango de edad. Por otro lado, al disminuir el valor del parámetro se tiene que el efecto sobre la misma serie es disminuirla. Al igual que en los pasados parámetros de este rango de edad, la variación en el valor de la  ${}_nL_x$  producto de los cambios en el parámetro analizado, tiene un montos diversos entre las distintas causas.

Las causas de muerte en las cuales tiene un fuerte impacto la modificación del parámetro, tanto al aumentar su valor, como al disminuirlo son, en mujeres *diabetes*, *enfermedades cardiovasculares* y *resto de defunciones* (0.75%, 1.25% y 0.63% respectivamente), mientras que en hombres solamente en el *total de defunciones* (con 0.34%) se presenta un fuerte impacto. Con el motivo de hacer comparable el impacto del parámetro en la mortalidad, los cambios en su valor son de un 5% como hasta este momento se ha ido trabajando. Asimismo, con el paso del tiempo para mujeres, en todas las causas de muerte se observó que el parámetro tuvo un efecto cada vez menor (reduciéndose en valores de 0.065% para el *total de defunciones*, 0.24%

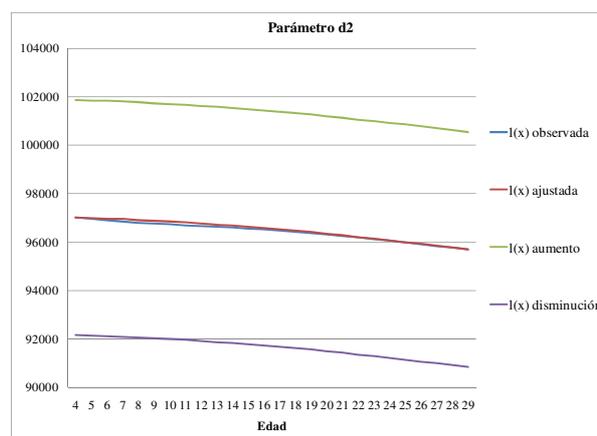
*diabetes*, 0.104% *enfermedades cardiovasculares*, 0.089% *tumores* y 0.132% en *resto*); en cambio, para hombres, en todas las causas excepto en *total de defunciones* (en la cual tuvo un menor impacto al pasar los años de 0.34% a 0.19%) se tuvo un mayor impacto del parámetro en la serie  ${}_nL_x$ . Los valores que se alcanzan en hombres hacia el final del periodo fueron 0.66 *diabetes*, 0.483% *cardiovasculares*, 0.72% *tumores* y 0.156% en el *resto de defunciones*.

Análogamente, el impacto del parámetro en la esperanza de vida al nacimiento es menor a un 0.01% en casi todas las causas (excepto en *enfermedades cardiovasculares* para mujeres, con un impacto del 0.155%). En las demás, el parámetro tiene un impacto relativamente bajo, por lo que se puede concluir que afecta de manera poco sensible a la mortalidad en las edades de los 4 años hasta los 33 o 35 años aproximadamente, dependiendo la causa de muerte.

### Parámetro $d_2^{77}$

El parámetro  $d_2$  es un parámetro de localización, ya que si se incrementa su valor sube la curva sin modificar la pendiente de la curva, con la misma *forma* aumentando de esta manera, el número de supervivientes, por tanto el nivel de la mortalidad se puede considerar que disminuye en este rango de edades. Caso contrario, si se disminuye el parámetro, la curva de supervivientes se desplaza hacia abajo, disminuyendo los supervivientes en cada edad, y por tanto incrementando el nivel de la mortalidad en esas edades. Esto se presenta en la siguiente gráfica que describe el efecto del parámetro en la curva de mortalidad (gráfica 49).

**Gráfica 49 - Parámetro  $d_2$  ajuste final, 1980 tumores mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

<sup>77</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

En cuanto al efecto del parámetro sobre la mortalidad, se tiene que al cambiar su valor, éste modifica los años-persona vividos en todo el rango de edad, en igual dirección que el parámetro. En este caso, si el cambio en el parámetro es de un 5%, el efecto en la serie de años-persona vividos es similar entre todas las causas de muerte. De la misma manera, al cambiar el parámetro se modifica la esperanza de vida al nacimiento en la misma dirección que el parámetro. En este caso, el efecto que tiene modificar el parámetro, en la proporción mencionada previamente, sobre las causas de muerte es similar entre todas ellas, estando entre un 110% y un 120% aproximadamente para la  ${}_nL_x$ , en un inicio y hacia el final del periodo estos cambios son de aproximadamente 135% a 150%. En cuanto a  $e_0$  el impacto del parámetro para todas las causas el impacto es similar, puesto que al inicio del periodo está alrededor de un 1.6%, para incrementarse a valores de 1.7% a 2% (recordando que esto es ante cambios del 5% del valor del parámetro).

Se puede observar que el principal efecto que tiene este parámetro sobre la curva de mortalidad es afectar el nivel de la mortalidad en el rango de edad de la niñez, a adolescencia y la parte de la adultez joven. El impacto que tiene este parámetro en la esperanza de vida es el mayor en esta sección de la curva de mortalidad, y como desplaza la curva con la misma forma funcional, no se tiene alguna edad (o edades) en la cual tenga un mayor efecto sobre la mortalidad para las causas de muerte analizadas. Otro rasgo de este parámetro es que su impacto en la mortalidad se incrementa con el paso de los años.

### **6.3.3. Edades adultas (Lazarus)**

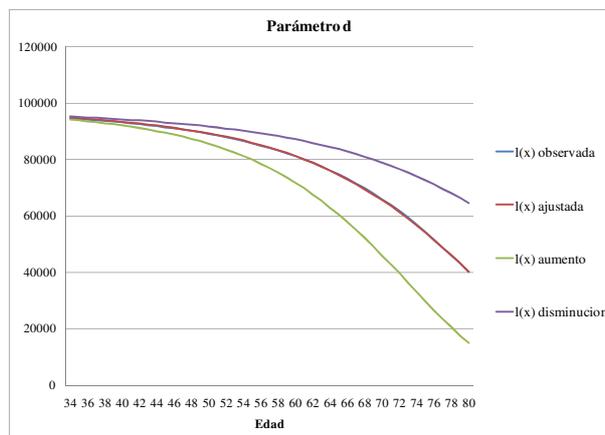
Del mismo modo, las edades adultas de la tabla de vida se ajustaron con la función de supervivencia propuesta por Lazarus. Este rango de edad va desde el segundo nodo (aproximadamente entre los 25 y 35 años, ya que varía dependiendo la causa de muerte, el año y el sexo), hasta los 80 años, en todas las causas de muerte, todos los años, y tanto para hombres, como para mujeres. Se tomó la decisión de ajustar estas edades por medio de Lazarus debido a que, tanto en diferentes investigaciones y por los ajustes analizados en el capítulo anterior, se observa que la función ajusta de manera satisfactoria el rango de edad de la vida adulta o lo que es lo mismo, que las tasas de mortalidad se incrementan de forma casi exponencial con la edad en estas edades, siguiendo el comportamiento descrito por esta función de supervivencia.

Como se había mencionado previamente, para ser consistentes con los cálculos realizados en los capítulos previos, los parámetros del segmento se nombraron  $d$ ,  $b$ ,  $f$ ,  $a$  y  $k$ . A diferencia de los otros segmentos de la curva, los parámetros estimados en esta sección no tienen un mismo comportamiento para todas las causas de muerte o para todos los años.

### Parámetro $d$ <sup>78</sup>

Para el *total de defunciones*, tanto en hombres, como en mujeres, cuando se incrementa el valor de este parámetro, la curva baja y si el cambio es lo suficientemente grande, cambia la concavidad de la curva en este segmento y la función tiende a cero. En cambio, cuando se disminuye su valor, en este caso incrementa la curva, con modificaciones más grandes en las edades mayores y a medida que el parámetro tiende a cero, la función entre estas edades se vuelve casi una recta (es decir se rectangulariza la función).

**Gráfica 50 - Parámetro  $d$  ajuste final, 2005 total defunciones mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Esto mismo se observa en el efecto que tienen los cambios en el parámetro sobre las series de la tabla de vida. Esto es, cuando se incrementa el valor del parámetro tanto la serie de años-persona vividos, como la esperanza de vida al nacimiento disminuyen para ambos sexos. Cabe notar que en hombres, el efecto del parámetro en las series de la tabla de mortalidad se reduce con el tiempo; en mujeres no se distingue un patrón respecto al cambio en el tiempo. En

<sup>78</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

este sentido, si la modificación del parámetro es de un 5%, la esperanza de vida se modifica más en hombres que en mujeres (cuando se aumenta el cambio llega a ser de hasta un 9.5% en hombres y un 6% en mujeres, y un 7.7% en hombres y un 4.1% para mujeres cuando se disminuye el parámetro). En el tiempo, se ve que el efecto del parámetro se disminuye en ambos sexos con el paso del tiempo, lo que implica que afecta en menor medida la mortalidad adulta con el paso del tiempo. Pero, el efecto de este parámetro sobre la  ${}_nL_x$  y la  $e_0$  es significativo, tal vez debido a que en las edades adultas la mortalidad es mayor que en los segmentos anteriores.

En el caso de *diabetes*, el efecto que tiene el parámetro sobre la curva difiere entre hombres y mujeres. En el caso de los hombres, si se aumenta el valor del parámetro se sube la curva de mortalidad, con la particularidad de que cuando los cambios son pequeños, la curva se incrementa más en las edades mayores; y posteriormente conforme los cambios al valor del parámetro son más grandes, las modificaciones a la curva se van dando cada vez en edades menores, hasta que el cambio es mayor en las edades menores. Cuando se disminuye su valor, baja la curva de mortalidad; y cuando los cambios son pequeños, la curva se disminuye más en las edades menores. Posteriormente conforme se va disminuyendo el valor del parámetro, las modificaciones a la curva se van dando cada vez en edades mayores, hasta que el cambio modifica la concavidad, para posteriormente hacer 0 la función.

En cuanto al efecto demográfico del parámetro se tiene que, al incrementarse su valor, también lo hacen la  ${}_nL_x$  y la  $e_0$ . De forma opuesta, al disminuir el valor del parámetro, también lo hacen las series de la tabla de vida aquí analizadas. Lo que es interesante observar es que para hombres el efecto del parámetro sobre la mortalidad se incrementa significativamente con el tiempo. Esto se rectifica, cuando al modificar el parámetro en un 5%, al inicio del periodo para hombres, los cambios eran menores a un 0.5% en la esperanza al nacimiento (tanto en el aumento como en la disminución), pero en los últimos años, cambios de la misma proporción en el parámetro, hacen que la función se haga cero (disminución) en ese rango de edad o crezca enormemente, con modificaciones de la esperanza de vida mayores a un 50%.

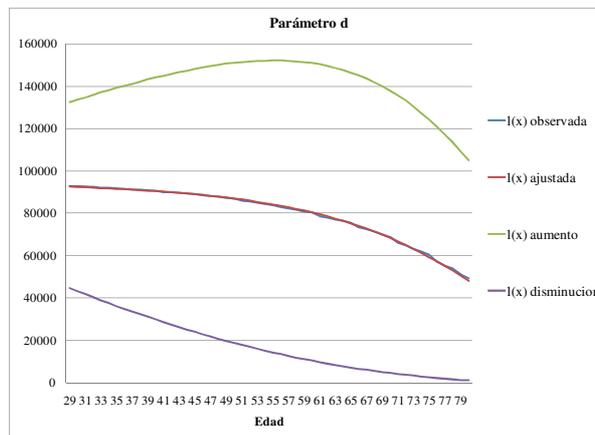
En el caso de las mujeres, el efecto sobre la curva, cuando se aumenta el valor del parámetro, depende de los parámetros  $b$  y  $k$  (que presentan el patrón compensatorio expuesto previamente<sup>79</sup>). Cuando  $b$  es menor a 1 (por tanto  $k$  es mayor a 1), si se incrementa el parámetro, se incrementa la curva del mismo modo que con los hombres (a cambios pequeños, se aumenta

---

<sup>79</sup> Ver capítulo V.

más en edades mayores, y a cambios gradualmente mayores, la curva se aumenta más en edades menores, o lo que es lo mismo tiene un mayor impacto inicial en las edades mayores del rango de edad y posteriormente tiene un mayor efecto en las edades más jóvenes del rango de edades). Pero si  $b$  es mayor a 1 (y por tanto  $k$  es menor a 1), al aumentar el parámetro, la curva se disminuye, y poco a poco va cambiando la concavidad hasta ser 0 la función. Cuando se disminuye el parámetro, al igual que con el aumento, el efecto depende del valor de  $b$  y de  $k$ . Cuando  $b$  es menor a 1, si se disminuye el parámetro, baja la curva de mortalidad, y poco a poco va cambiando la concavidad hasta ser 0 la función. En cambio si  $b$  es mayor a 1, el valor de la función se incrementa, en la forma descrita en el incremento.

**Gráfica 51 - Parámetro  $d$  ajuste final  $b$  menor a 1, 1980 diabetes mellitus mujeres**

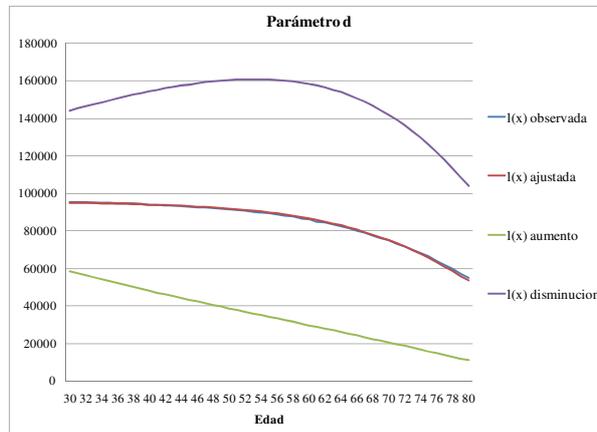


Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Respecto al efecto que tienen los cambios del parámetro sobre las series de la tabla de vida se observa que éste depende de la dirección del cambio en la función de mortalidad, que a su vez depende del valor de los parámetros  $b$  y  $k$ . Esto es, cuando el parámetro  $b$  es menor a 1, si se incrementa el parámetro, los años-persona vividos y la esperanza al nacimiento también lo hacen; y cuando se disminuye el parámetro, la  ${}_nL_x$  y la  $e_0$  se reducen. En este caso, cuando el parámetro se modifica en un 5%, la esperanza de vida lo hace en montos grandes (en algunos casos mayores al 100%), cuando el parámetro  $b$  es cercano a 0. Cuando el parámetro  $b$  es mayor a 1, al disminuir el valor del parámetro, el efecto sobre las series de mortalidad es reducirlas; al aumentar el parámetro, ambas series se incrementan; y en este caso un cambio del 5% al parámetro modifica la curva dependiendo del valor del parámetro  $b$ , ya que cuando éste es

grande, los cambios en la esperanza de vida al nacimiento son grandes (con montos superiores al 100%), pero si es cercano a 1, los cambios no son tan notorios.

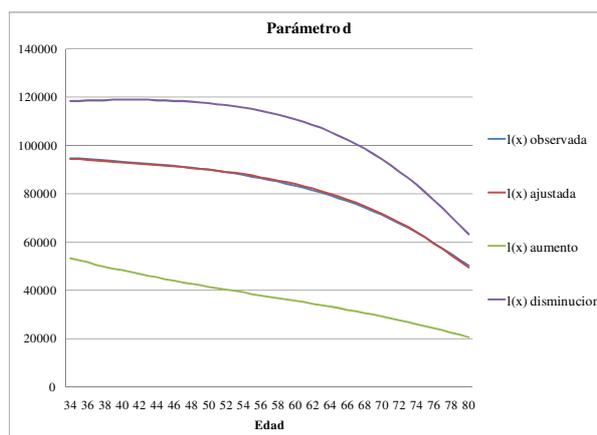
**Gráfica 52 - Parámetro  $d$  ajuste final  $b$  mayor a 1, 1990 diabetes mellitus mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Para *enfermedades cardiovasculares*, sucede un fenómeno singular, ya que el efecto que tienen las modificaciones en el parámetro resultan opuestas entre los sexos. Esto es, para hombres cuando se incrementa el valor del parámetro, baja la curva, y para mujeres, sube la curva; de forma contraria, cuando se disminuye el valor del parámetro, en el caso de los hombres, sube la curva y en mujeres, disminuye.

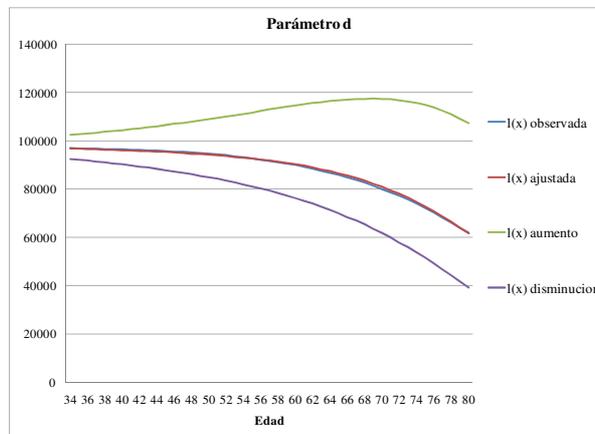
**Gráfica 53 - Parámetro  $d$  ajuste final, 2005 enfermedades cardiovasculares hombres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Asimismo, cuando se baja la curva de mortalidad, si los cambios son pequeños, la curva se incrementa más en las edades menores, y posteriormente conforme los cambios son mayores, las modificaciones a la curva se van dando cada vez en edades mayores, hasta que el cambio modifica la concavidad, para posteriormente hacerse 0 la función. En el caso cuando se sube la curva de mortalidad, si los cambios en el parámetro son pequeños, la curva se incrementa más en las edades mayores, y posteriormente conforme los cambios se incrementan, las modificaciones a la curva se van dando cada vez en edades menores, hasta que el cambio es mayor en esas edades.

**Gráfica 54 - Parámetro  $d$  ajuste final, 2005 enfermedades cardiovasculares mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Ahora bien, se observa que los cambios que se presentan en las series de la tabla de vida, al incrementarse el valor del parámetro es que para hombres se disminuyen los años-persona vividos en todo el rango de edad, al igual que la esperanza de vida al nacimiento (con la característica de que el efecto del parámetro sobre la curva es mayor con el paso del tiempo); en el caso de las mujeres, al aumentar el parámetro, se incrementan tanto la  ${}_nL_x$ , como la  $e_0$ , con la característica de que el impacto del parámetro en las series de la tabla de mortalidad, se reduce con el paso del tiempo.

De forma contraria, al disminuir el valor del parámetro, en hombres se incrementan ambas series, y al igual que en la modificación anterior, el efecto de los cambios del parámetro en las series de mortalidad se aumenta con el tiempo. En el caso de las mujeres, sucede el

fenómeno opuesto, ya que al reducir el parámetro, también lo hacen las  ${}_nL_x$  y la  $e_0$ ; el impacto de las modificaciones del parámetro en estas series, es menor con el paso del tiempo.

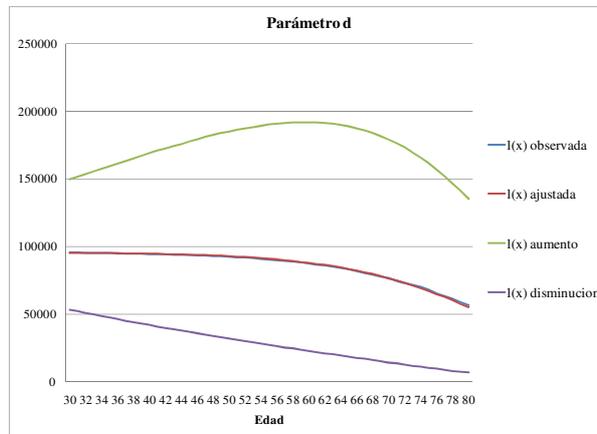
Estos fenómenos en los años-persona vividos ( ${}_nL_x$ ) y en la esperanza de vida al nacimiento ( $e_0$ ), se pueden observar al modificar el parámetro en un 5%, ya que cuando se hace en el caso de los hombres, en los primeros años analizados, los cambios en la  $e_0$  son menores al 0.35%; pero hacia los últimos años, los cambios pueden llegar a ser mayores a un 60% en el valor del indicador. Mientras que para las mujeres sucede el fenómeno contrario, puesto que al inicio se tienen modificaciones superiores a un 42%, pero en los últimos años se reducen a menos de un 14%.

Entonces se puede concluir que para esta causa de muerte, el parámetro tiene un efecto contrario en la mortalidad de hombres en este rango de edad y en las mujeres adultas. Además, el efecto que tiene sobre la mortalidad se incrementa en los hombres, mientras se disminuye para las mujeres adultas.

En el caso de *tumores* el efecto del parámetro sobre la curva es el mismo para ambos sexos. Éste, varía dependiendo del valor de los otros parámetros  $b$  y  $k$  (que tienen el patrón compensatorio). Si se incrementa el valor del parámetro, sube la curva de mortalidad cuando  $b$  es menor a 1, y en este caso cuando los cambios son pequeños, la curva se incrementa más en las edades mayores, y posteriormente conforme los cambios se incrementan, el efecto en la curva se va dando con un monto cada vez mayor en las edades menores; hasta que finalmente, el cambio es mayor en las edades menores.

En cambio, si  $b$  es mayor a 1, el efecto es que baja la curva y lo hace primero para las edades más jóvenes, pero a medida que los cambios se vuelven más grandes, lo hace para las edades mayores, y cambia la concavidad de la curva, tendiendo a 0. Cuando se hace menor el parámetro, se disminuye la curva de mortalidad cuando  $b$  es menor a 1, y lo hace con un monto mayor para las edades más grandes, y llega un punto donde cambia la concavidad y tiende a 0 la función. Cuando  $b$  es mayor a 1, el efecto de disminuir el parámetro es incrementar la curva y los cambios son de inicio relativamente homogéneos; pero cuando los cambios son mayores afecta más en las edades más jóvenes.

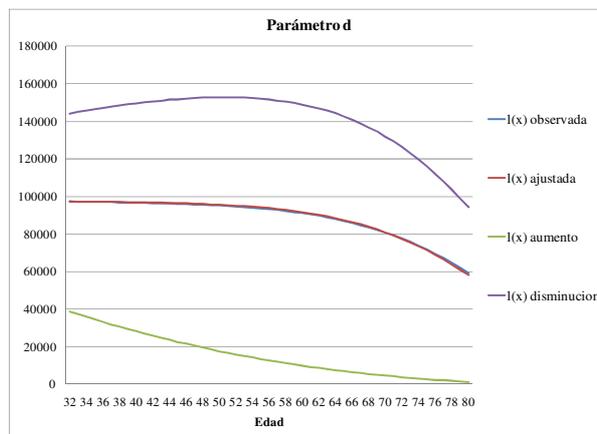
**Gráfica 55 - Parámetro  $d$  ajuste final  $b$  menor a 1, 1990 tumores mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

En cuanto al efecto que tienen las modificaciones al parámetro sobre las series de la tabla de vida, se tiene que depende de la dirección del cambio en la función de mortalidad, que a su vez depende del valor de los parámetros  $b$  y  $k$ . Esto es, cuando el parámetro  $b$  es menor a 1 (que en este caso  $k$  es mayor a 1), si se incrementa el parámetro, los años-persona vividos y la esperanza al nacimiento también lo hacen; y cuando se disminuye el parámetro, la  ${}_nL_x$  y la  $e_0$  se reducen. De forma análoga, cuando el parámetro  $b$  es mayor a 1, al aumentar el parámetro, ambas series se disminuyen; y al disminuir el valor del parámetro, el efecto sobre las series de mortalidad es aumentarlas.

**Gráfica 56 - Parámetro  $d$  ajuste final  $b$  mayor a 1, 2005 tumores mujeres**

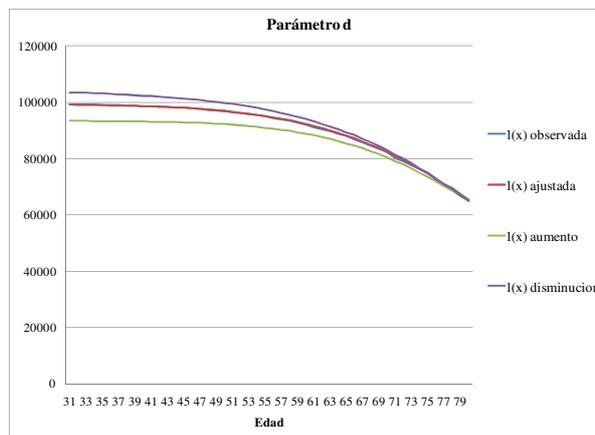


Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Para el caso cuando se modifica el parámetro un 5%, se tiene que en hombres el cambio en la esperanza de vida al nacimiento llega a montos superiores al 100% en los primeros años analizados, al contrario de las mujeres donde los cambios son menores a un 1%; pero hacia los últimos años analizados, la situación se modifica ya que en hombres los cambios en la  $e_0$  son menores al 0.05% y para las mujeres llegan a ser superiores a un 45%, lo que indica que el efecto del parámetro en la mortalidad disminuye para los hombres con el paso del tiempo, pero para las mujeres se incrementa dentro de las edades adultas.

Para el *resto de defunciones* el efecto del parámetro sobre la curva es distinto para hombres que para mujeres. En hombres, el efecto depende también del valor de los otros parámetros ( $b$  y  $k$ ). Al igual que en la causa de muerte anterior, si se aumenta el valor de este parámetro, se sube la curva de mortalidad cuando  $b$  es menor a 1, y lo hace de la misma manera que en tumores; de forma análoga si  $b$  es mayor a 1, baja la curva y a medida que los cambios se vuelven más grandes, cambia la concavidad de la curva, tendiendo a 0 la función. Cuando se disminuye el valor del parámetro, baja la curva de mortalidad cuando  $b$  es menor a 1, y lo hace de forma similar al caso de tumores; y cuando  $b$  es mayor a 1, incrementa la curva de la misma forma que en la causa de muerte anterior.

**Gráfica 57 - Parámetro  $d$  ajuste final  $b$  menor a 1, 1980 resto defunciones hombres**

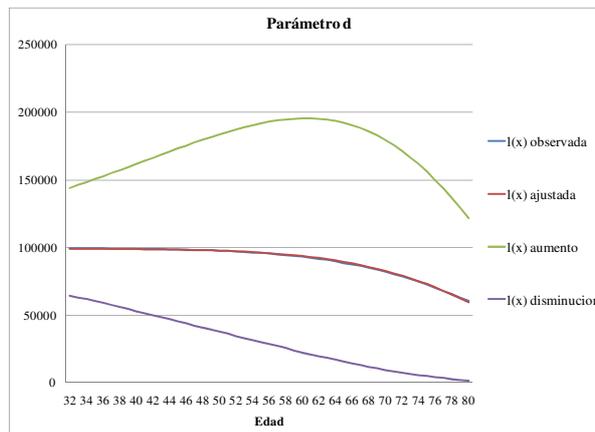


Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Del mismo modo, que en algunas causas de muerte, el efecto de cambiar los valores del parámetro sobre las series  ${}_nL_x$  y  $e_0$  depende también de los valores de otros parámetros ( $b$  y  $k$ ). Entonces, cuando se incrementa el parámetro, si  $b$  es mayor a 1 el efecto sobre los años-persona

vividos y la esperanza de vida al nacimiento es de reducir estos indicadores; si  $b$  es menor a 1, en cambio, se incrementan. De modo contrario, cuando se disminuye el valor del parámetro si  $b$  es mayor a 1 la  ${}_nL_x$  y la  $e_0$  se incrementan; si  $b$  es menor a 1, ambas series disminuyen. Frente a modificaciones del parámetro del 5%, se tiene que si  $b$  es mayor que 1 y cercano a ese valor, los cambios en la esperanza de vida al nacimiento son del orden de un 2% aproximadamente, pero si  $b$  es mucho mayor que 1, los cambios pueden ser mayores a un 50%; cuando  $b$  es menor que 1, los cambios en la  $e_0$  también son variables y pueden llegar a ser superiores al 40%. Esto indica que la sensibilidad de este parámetro frente a la mortalidad, está ligado al valor de otros parámetros.

**Gráfica 58 - Parámetro  $d$  ajuste final  $b$  mayor a 1, 2005 resto defunciones hombres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

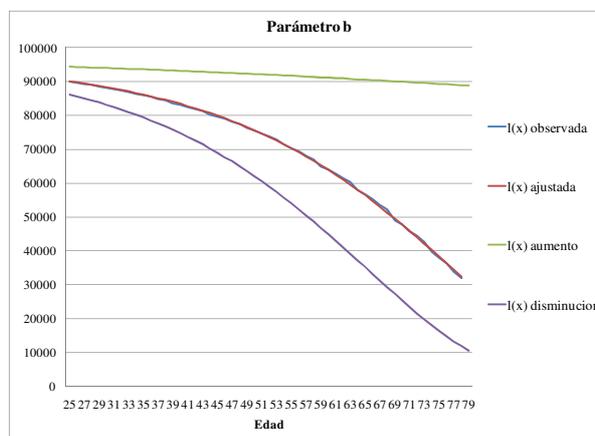
En el caso de las mujeres cuando se incrementa el parámetro, sube la curva de mortalidad y lo hace de forma que cuando los cambios son pequeños, la curva se incrementa más en las edades mayores, y posteriormente conforme los cambios en el parámetro son mayores, las modificaciones a la curva se van dando cada vez en edades menores, hasta que el cambio es mayor en las edades menores. Si se disminuye su valor, baja la curva de mortalidad y lo hace en mayor monto para las edades más grandes, es decir, tiene un mayor efecto en la mortalidad de las personas de mayor edad del rango de edad; y llega un punto donde cambia la concavidad y la función tiende a cero. Respecto del efecto sobre la esperanza de vida al nacimiento, se tiene que ante cambios del 5%, el indicador se modifica en hasta un 16% del valor original ajustado, y conforme pasan los años, el efecto disminuye hasta valores de un 7% aproximadamente.

En general, este parámetro afecta la pendiente y la forma de la curva en la sección; con valores negativos del parámetro, la función se vuelve cero, lo que implicaría que la mortalidad se incrementa de manera *total* en este rango de edad. El efecto del parámetro  $d$ , varía entre las causas de muerte y aún dentro de las mismas causas de muerte, su impacto en la mortalidad está ligado al valor de otros parámetros de la función por lo que al momento de realizar proyecciones, estimaciones o ajustes de la mortalidad en otros contextos se tiene que tener especial cuidado en los valores del parámetro conjuntamente con los parámetros  $b$  y  $k$  de la función.

### Parámetro $b$ <sup>80</sup>

Del mismo modo que en el parámetro anterior, para el *total de defunciones* el efecto de éste en la curva de mortalidad es el mismo en hombres y en mujeres. Entonces, cuando se incrementa el valor de este parámetro, sube la curva de mortalidad, y a medida que el parámetro tiende a 1, rectangulariza la función, y cuando los cambios al parámetro lo hacen mayor a 1, la función crece exponencialmente, cambiando concavidad de la curva. En cambio, cuando se disminuye su valor, baja la curva de mortalidad, y si el cambio es lo suficientemente grande, modifica la concavidad y la función tiende a ser cero en esta sección.

**Gráfica 59 - Parámetro  $b$  ajuste final, 1980 total defunciones hombres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

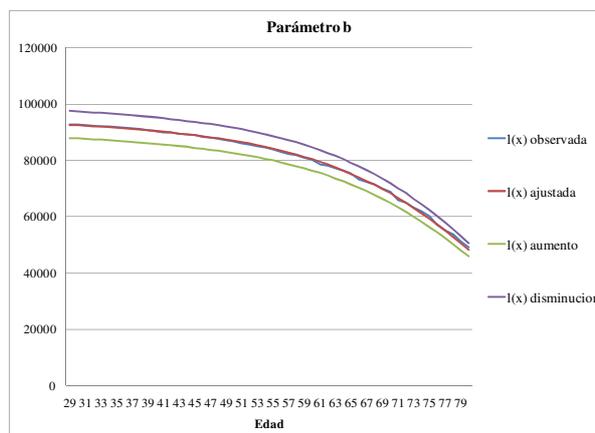
Lo anterior se analiza respecto al efecto que tienen estos cambios del parámetro sobre las series de la tabla de vida, y se observa que al acrecentar el valor del parámetro, lo mismo sucede

<sup>80</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

con la serie de años-persona vividos en ambos sexos; análogamente, la esperanza de vida al nacimiento también se incrementa. De otro lado, cuando se reduce el parámetro, también lo hacen la  ${}_nL_x$  y la  $e_0$ . En cuanto los cambios que se dan en las series de mortalidad cuando se modifica el parámetro, en una proporción del 5% de su valor, se observa que la esperanza de vida al nacimiento se altera en porcentajes de más de un 500% si se incrementa y de 35% si se reduce para hombres; en el caso de las mujeres si se incrementa los porcentajes son demasiado grandes puesto que el crecimiento de la curva de mortalidad se vuelve exponencial y si se disminuye el cambio es de 50% aprox. A medida que avanza el tiempo, el valor del parámetro tiende a incrementarse en ambos sexos, los cambios en la  $e_0$  se vuelven cada vez mayores, en ambas direcciones. Esto indica que el parámetro es muy sensible a cambios y tiene un efecto grande en la mortalidad adulta.

En el caso de *diabetes*, el efecto del parámetro en la función es el mismo para ambos sexos. Si se aumenta el valor del parámetro, el efecto es disminuir la curva de mortalidad, con una mayor magnitud en las edades menores, no importa si el valor del parámetro es menor o mayor a 1. De forma contraria, al disminuir el parámetro, se sube la curva de mortalidad, con los cambios mayores presentándose en las edades menores; tampoco importa si su valor es mayor o menor a 1. Por tanto, se puede concluir que este parámetro, mueve la curva en sentido contrario de la modificación de su valor, y lo hace con mayor monto para las edades jóvenes que para las adultas y en ningún caso se distingue un cambio de concavidad de la función.

**Gráfica 60 - Parámetro  $b$  ajuste final, 1980 diabetes mellitus mujeres**

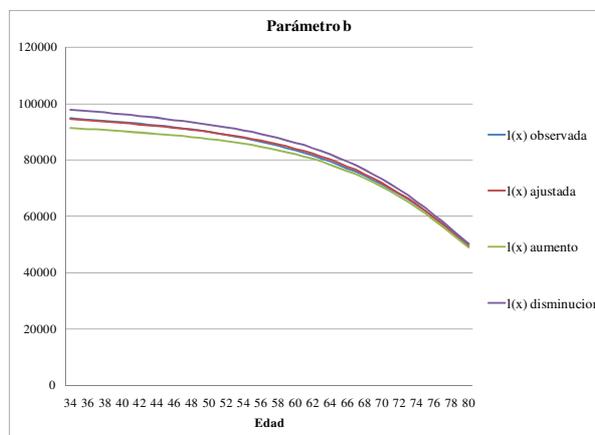


Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Respecto al efecto que tienen los cambios del parámetro sobre las series de la tabla de vida se observa que, al incrementarse el parámetro, los años-persona vividos y la esperanza al nacimiento disminuyen. De forma contraria, al disminuir el valor del parámetro, ambos indicadores aumentan su valor. En este caso, el efecto del parámetro en las series, se reduce paulatinamente. Esto se puede corroborar cuando se observan los cambios porcentuales de la  $e_0$  ante variaciones del parámetro del orden del 5%. Esto es, en hombres en los primeros años, los cambios son de 3.5% aproximadamente, pero en los últimos años de estudio se reduce hasta valores menores a un 2.7%; en el caso de las mujeres en los primeros años la variación es de 2.8% aprox. y en los últimos alcanza valores menores a un 0.1%. Esto indica que para esta causa de muerte el parámetro tiene un menor impacto en la mortalidad de los adultos, y en particular tiene mayor efecto en las edades jóvenes del rango de edad.

Para *enfermedades cardiovasculares*, el efecto del parámetro es similar para hombres y mujeres, al menos en la dirección del cambio. En el caso de incrementar el valor del parámetro, la curva de mortalidad baja o lo que es lo mismo se incrementa la mortalidad en este rango de edades. La diferencia entre hombres y mujeres, es que para hombres, la disminución de la función se da con una mayor magnitud en las edades menores y no hay un cambio de concavidad, lo que significa que se incrementa en mayor medida la mortalidad en edades jóvenes; en cambio para mujeres cuando baja la curva lo hace en mayor medida para las edades mayores, incrementando en mayor monto la mortalidad de las mujeres de mayor edad, y si el incremento es lo suficientemente grande, cambia la concavidad y la función tiende a cero.

**Gráfica 61 - Parámetro  $b$  ajuste final, 2005 enfermedades cardiovasculares hombres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

En cambio, cuando se disminuye el valor del parámetro, el efecto en hombres es que se aumenta la curva de mortalidad (o lo que es lo mismo disminuye la mortalidad), pero lo hace mayor monto para las edades más jóvenes. En el caso de las mujeres, se sube la curva de mortalidad, cuando los cambios en el parámetro son *pequeños*, la curva se incrementa más en las edades mayores; posteriormente conforme los cambios son de mayor magnitud, el incremento a la curva se va dando cada vez en edades menores, hasta que el cambio es mayor en las edades menores. Entonces el efecto en la mortalidad de mujeres de reducir el parámetro por esta causa de muerte depende del monto del cambio en el parámetro.

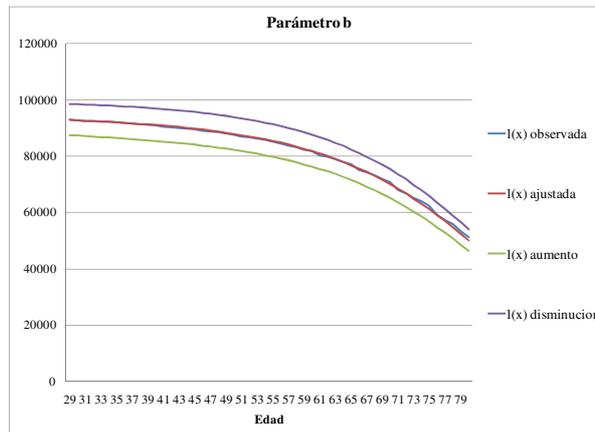
Después de describir la dirección de las modificaciones del parámetro, se observa que el efecto sobre las series de la tabla de vida es que al incrementarse el parámetro disminuyen los años-persona vividos y la esperanza al nacimiento. Asimismo, al disminuir el valor del parámetro, se incrementan los indicadores analizados, y el impacto del parámetro sobre estas series de la tabla, se incrementa con el tiempo. Es interesante notar que para hombres, los cambios de la  ${}_nL_x$  son mayores en las edades más jóvenes de este rango de edades, mientras que para mujeres sucede lo contrario.

Respecto a cambios porcentuales en la esperanza de vida al nacimiento, ante variaciones del 5% en el valor del parámetro, en el caso de los hombres es de aproximadamente de 0.1% en los primeros años, pero se incrementa el efecto gradualmente hasta alcanzar cambios mayores a un 1.3% en el valor del indicador. En el caso de las mujeres, sucede un fenómeno similar, ya que la variación del indicador es mayor con el paso del tiempo, la diferencia es que el monto de los cambios en las mujeres es de un monto superior al de los hombres, con porcentajes que van desde 7.4% en los primeros años, hasta cambios de casi 16% en la  $e_0$  en los últimos años de esta investigación. Por tanto, el parámetro tiene un mayor impacto en la mortalidad femenina adulta que en la de hombres.

De forma similar en *tumores* los cambios en el parámetro afectan de la misma forma a la curva tanto en hombres, como en mujeres. Al incrementar el valor del parámetro se baja la curva de mortalidad, y lo hace en mayor monto para las edades jóvenes, y cuando el incremento es lo suficientemente grande, la función tiende a cero. Por el contrario, si se disminuye el parámetro, sube la curva de mortalidad y los cambios son mayores en las edades menores. También, se distingue que a medida que avanza el tiempo el parámetro se vuelve menos sensible, es decir, tiene menos efecto sobre la mortalidad adulta. En ambos sexos los cambios son de mayor monto

en las edades más jóvenes, lo que implica que  $b$  tiene un impacto mayor en las edades jóvenes del rango de edad para esta causa, que para las edades mayores.

**Gráfica 62 - Parámetro  $b$  ajuste final, 2005 tumores mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

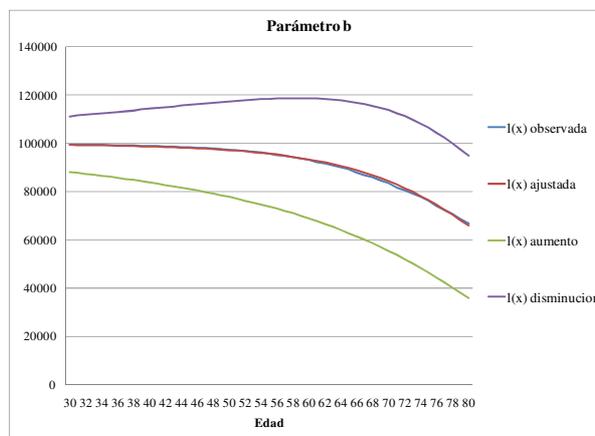
Estos cambios, se estudian en las series de la tabla de vida, y se observa que al aumentar el parámetro, la  ${}_nL_x$  disminuye y lo hace en mayor monto en las edades más jóvenes de este rango de edad; en el caso de la  $e_0$ , el indicador también disminuye. Al reducir el parámetro, se incrementan los dos indicadores, y en el caso de la  ${}_nL_x$  los cambios son mayores en las edades más jóvenes de este rango de edad. En ambos casos, el efecto del parámetro disminuye con el paso del tiempo para hombres, y en mujeres, el impacto se incrementa paulatinamente.

En cuanto a los cambios porcentuales en la  $e_0$  se tiene que ante variaciones del 5% en el parámetro, ésta se modifica hasta en un 3.6% en los primeros años en hombres y 3.9% en mujeres, y se corrobora que el efecto del parámetro sobre la mortalidad adulta en estas edades es menor con el paso del tiempo ya que en los últimos años el efecto disminuye a un 0.002% en hombres y a un 2% en mujeres la esperanza de vida al nacimiento.

Para el *resto de defunciones* se tiene que los cambios en el parámetro, tienen efectos similares para hombres y mujeres. Cuando se aumenta el valor del parámetro, baja la curva de mortalidad, por tanto incrementa la mortalidad en estas edades. Este aumento de la mortalidad lo hace en mayor medida para las edades mayores, y si el incremento es lo suficientemente grande, la función cambia de concavidad y tiende a cero. En cambio, cuando se disminuye el valor de la función, para hombres pasa que sube la curva de mortalidad, con cambios mayores en las edades

menores, es decir, disminuye más la mortalidad en las edades menores en hombres. En el caso de las mujeres, también se incrementa la curva (o lo que es lo mismo disminuye la mortalidad), pero en un inicio los cambios son mayores para las edades mayores, pero a medida que se disminuye más el valor del parámetro, el máximo incremento en la función se recorre de las edades mayores a las más jóvenes; cuando la disminución ya es grande, la curva se incrementa más en las edades más jóvenes.

**Gráfica 63 - Parámetro  $b$  ajuste final, 1990 resto de defunciones mujeres**



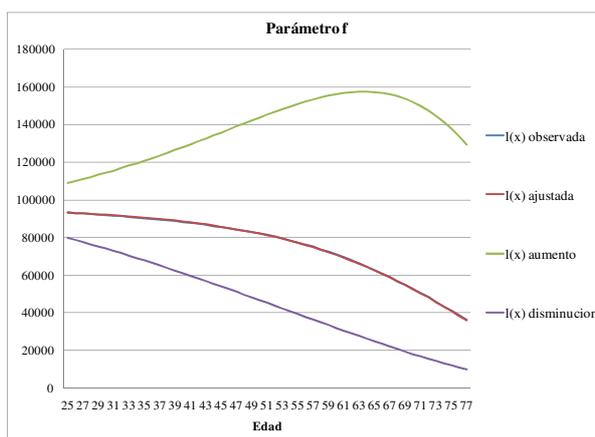
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Del mismo modo que en las causas de muerte anteriores, al analizar el efecto de las modificaciones al parámetro sobre las series de  ${}_nL_x$  y  $e_x$ , se tiene que al incrementar el valor de éste, disminuyen tanto los años-persona vividos, como la esperanza de vida al nacimiento. En cambio, al disminuir el parámetro se incrementan los dos indicadores. Cabe mencionar que el efecto del parámetro en las series de mortalidad se incrementa con el paso del tiempo, lo cual es notorio en ambos sexos. Esto se puede corroborar cuando se modifica el parámetro en un 5%, ya que para hombres la esperanza de vida al nacimiento varía en un 0.22% en los primeros años y en mujeres en un 13.8%, pero para los últimos años del estudio, estas variaciones pueden llegar a ser de más del 5.9% en hombres y del 17.1% en mujeres. Lo que implica que el efecto del parámetro sobre la mortalidad se incrementa con el paso del tiempo en este periodo. Es importante mencionar que en todas las causas, valores negativos del parámetro vuelven cero la función en este segmento de la curva.

### Parámetro $f$ <sup>81</sup>

En este parámetro, para el *total de defunciones* el comportamiento de la curva, ante cambios en su valor, es el mismo para hombres y para mujeres. Asimismo, cuando se incrementa su valor, el efecto sobre la curva de mortalidad es subirla, disminuyendo la mortalidad en las edades adultas, y tiene la particularidad de que con modificaciones ligeras a su valor, tiende a crecer de forma exponencial. En cambio, cuando se disminuye su valor, baja la curva de mortalidad incrementando la mortalidad adulta, y al igual que con el aumento, aún si el cambio es pequeño, modifica la concavidad y provoca que la función tienda a cero. Esto significa, que el parámetro es muy sensible a cambios, es decir, con modificaciones pequeñas a su valor, afecta de manera importante la mortalidad adulta.

**Gráfica 64 - Parámetro  $f$  ajuste final, 1990 total defunciones hombres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

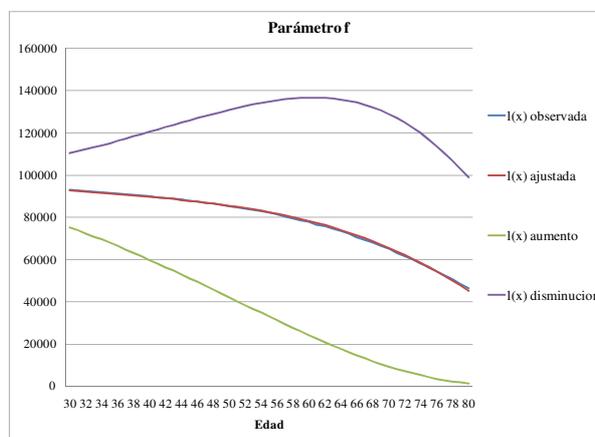
Esto mismo se observa en el efecto que tiene el parámetro sobre las series de la tabla de vida, ya que al incrementarse el parámetro los años-persona vividos aumentan y lo hacen en mayor monto en las edades más avanzadas de este rango de edad; la esperanza de vida también se incrementa en un monto significativo. Por otro lado, al disminuir el parámetro, también lo hacen los dos indicadores aquí analizados. Asimismo, si se varía el parámetro en un 0.5% (se utilizaron modificaciones menores que en el resto de los parámetros puesto que es el parámetro más sensible de toda la función), se puede observar que los cambios en la esperanza de vida al

<sup>81</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

nacimiento, cuando se incrementa el parámetro, son de un 48% para hombres y de un 52% en mujeres aproximadamente; cuando se disminuye el parámetro, los cambios son de un 22% en hombres y de un 24% en mujeres aproximadamente, con lo cual se corrobora que es un parámetro que afecta sensiblemente la mortalidad. En cuanto a cambios en el tiempo, se tiene que el efecto del parámetro en la mortalidad adulta para el *total de defunciones* se mantiene relativamente constante a lo largo del periodo que abarca esta investigación, siendo mayor cuando se incrementa su valor, por tanto ante modificaciones del mismo monto disminuye más la mortalidad si se le compara cuando se incrementa.

Por otro lado, para las demás causas de muerte seleccionadas en esta investigación (*diabetes, enfermedades cardiovasculares, tumores y el resto de defunciones*) el efecto que tienen las modificaciones del parámetro en la función es el mismo en todas ellas. Del mismo modo, los efectos son análogos entre hombres y mujeres. Cuando se incrementa el valor del parámetro, baja la curva de mortalidad, y lo hace en mayor medida para las edades mayores; cabe mencionar que si el incremento es lo suficientemente grande, cambia la concavidad de la función en esta parte y tiende a cero.

**Gráfica 65 - Parámetro  $f$  ajuste final, 1990 enfermedades cardiovasculares hombres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

De forma contraria, cuando se disminuye el valor, se aumenta la curva, con la particularidad de que los incrementos en un inicio son mayores para las edades mayores, pero a medida que se disminuye el valor del parámetro, el mayor incremento se va recorriendo hacia edades cada vez más jóvenes, y cuando la disminución es lo suficientemente grande, la curva

alcanza su máximo en la edad más joven de este segmento. Este fenómeno, indica que el máximo de la curva en este segmento, se localiza cada vez a edades más jóvenes, conforme se disminuye el valor del parámetro. Del mismo modo que en el grupo de causas de muerte anterior, se distingue que el parámetro es sensible a cambios.

En cuanto a los cambios que se tienen en las series de la tabla de mortalidad, se observa que al incrementar el valor del parámetro, los años-persona vividos disminuyen en todas las causas de muerte (exceptuando el *total de defunciones*) y para ambos sexos. En el caso de la esperanza de vida al nacimiento, también se presenta una disminución del indicador. De forma contraria, al disminuir el parámetro se tiene que tanto la  ${}_nL_x$ , como la  $e_0$  se incrementan, aunque los años-persona vividos lo hacen en todo el rango de edad.

Del mismo modo, al variar el parámetro en un 0.5% se tiene que para *diabetes*, para *enfermedades cardiovasculares* y para *tumores*, los cambios en la esperanza de vida al nacimiento se encuentran entre un 29% y un 31% aproximadamente cuando se incrementa el valor del parámetro, tanto para hombres como para mujeres; en cambio, cuando se disminuye el parámetro las variaciones del indicador están entre un 31% y un 37%, cabe mencionar que en ambos sexos se distingue una ligera tendencia a disminuir el efecto del parámetro. Por otro lado, para resto de defunciones, las variaciones del parámetro en la misma proporción que en las demás causas, dan como resultado que se modifique la  $e_0$  entre un 27% a 30% cuando se aumenta el valor del parámetro en ambos sexos; cuando se disminuye en valor de  $f$ , las variaciones de la esperanza de vida se encuentran entre 24% a 30%, cabe mencionar que los cambios en el indicador son ligeramente mayores para mujeres.

Otra característica del parámetro es que el efecto que tiene sobre la mortalidad en las edades adultas, reflejado en los cambios en la esperanza de vida, disminuye con el paso del tiempo, aunque en un monto relativamente pequeño.

### *Parámetro $a$* <sup>82</sup>

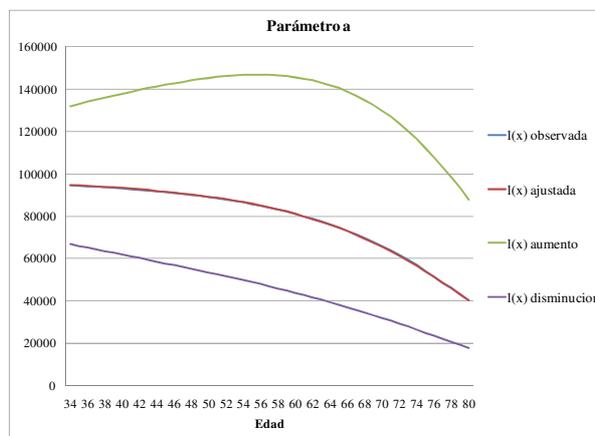
Para el *total de defunciones* se tiene que las modificaciones al parámetro son similares entre hombres y mujeres. Con respecto a ello, cuando se incrementa su valor sube la curva de mortalidad, disminuyendo la mortalidad adulta. Tiene la particularidad de que los incrementos

---

<sup>82</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

son similares en todas las edades si el cambio en el parámetro no es fuerte, es decir, disminuye de manera relativamente homogénea la mortalidad en todas las edades del rango; pero a medida que son mayores los incrementos, el aumento en la función se da más en las edades mayores, hasta que con modificaciones fuertes tiende a crecer de forma exponencial. De otro lado, cuando se disminuye el valor del parámetro, baja la curva y como en los demás casos si la disminución es fuerte, tiende a 0 la función, cambiando la concavidad progresivamente.

**Gráfica 66 - Parámetro  $a$  ajuste final, 2005 total defunciones hombres**



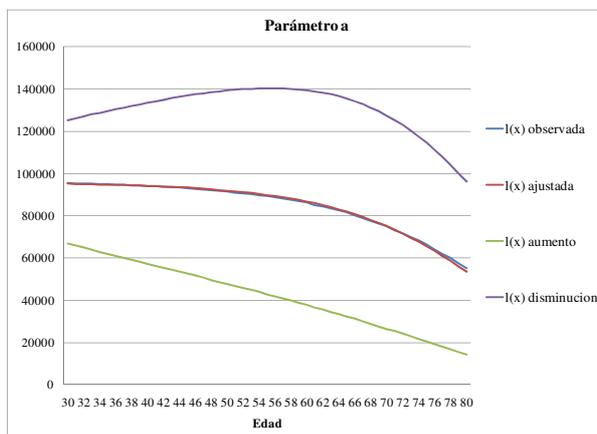
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Después de describir las modificaciones del valor del parámetro, se observa que al incrementarse el parámetro, el efecto en la serie de años-persona vividos es de aumentar este indicador, en ambos sexos; de forma similar, la esperanza de vida al nacimiento se incrementa con este cambio del parámetro. Por otro lado, al disminuir el valor del parámetro, también lo hacen la  $nL_x$  y la  $e_0$ . Ahora bien, si se modifica el valor del parámetro en un 5%, la esperanza de vida al nacimiento se modifica entre un 36% y 38% para hombres cuando se incrementa y entre un 21% y 23% cuando se disminuye el parámetro; en mujeres, la  $e_0$  varía entre 38% y 39% cuando se aumenta  $a$  y en valores alrededor de un 23% cuando se reduce su valor. Lo que se puede ver además es que el efecto del parámetro en la mortalidad adulta se mantiene relativamente constante en todo el periodo de estudio, aunque en general tiene un mayor impacto en las edades más grandes del rango estudiado.

Del mismo modo que con el parámetro anterior, las modificaciones en el parámetro tienen el mismo efecto en la curva de mortalidad para *diabetes, enfermedades cardiovasculares,*

*tumores* y para el *resto de defunciones*. También, los cambios en la función son análogos entre hombres y mujeres. Entonces, el efecto que tiene el aumentar el parámetro es que se incrementa la mortalidad, casi en la misma proporción en todas las edades; si el incremento es lo suficientemente grande, cambia la concavidad y posteriormente la curva tiende a cero. De otro lado, cuando se disminuye el valor del parámetro, se disminuye la mortalidad en estas edades. Los incrementos son relativamente similares en todas las edades, pero al igual que en el parámetro  $f$ , tienen la particularidad de que los incrementos en un inicio son mayores para las edades mayores, pero a medida que se disminuye el valor del parámetro, el mayor incremento se va recorriendo hacia edades cada vez más jóvenes.

**Gráfica 67 - Parámetro  $a$  ajuste final, 1990 diabetes mellitus mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

En cuanto a los cambios que se tienen en las series de la tabla de mortalidad, se observa que al incrementar el valor del parámetro, los años-persona vividos se reducen, al igual que la esperanza de vida al nacimiento. De forma contraria, al disminuir el parámetro, el efecto sobre las series de mortalidad es que ambas aumentan su valor. Si se varía el valor del parámetro en un 5% para todas las causas, se tiene que el efecto sobre la esperanza de vida al nacimiento en el caso de la *diabetes* es similar entre hombres y mujeres, con porcentajes entre un 26.5% y 29.5% cuando se incrementa el parámetro, y entre 28% y 33% aproximadamente cuando se disminuye. Del mismo modo para *enfermedades cardiovasculares* se tiene que la  $e_0$  cambia entre un 26% y un 29% cuando se incrementa el valor (en ambos sexos) y entre un 27% y un 31.5% cuando se disminuye. De forma análoga, en *tumores*, los cambios en la  $e_0$  se encuentran entre un 26.5% y

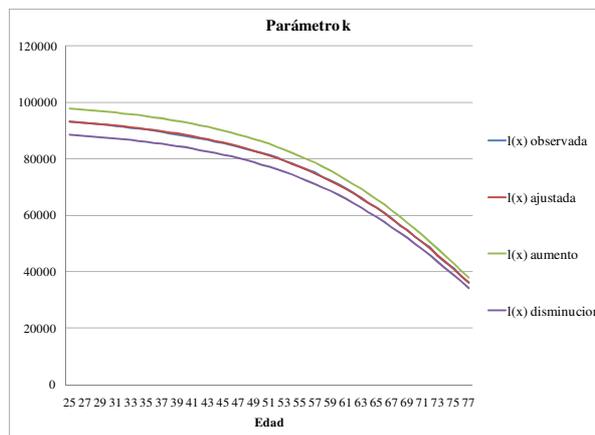
un 30% cuando se aumenta 5% el parámetro y entre un 28% y un 33% cuando se disminuye en la misma proporción. Para el *resto de defunciones*, los porcentajes de cambio de la  $e_0$  son diferentes entre hombres y mujeres, siendo menores para los primeros. Estos se encuentran entre 23% y 26% en hombres al aumentar el parámetro y entre 26% y 27% para mujeres; cuando se disminuye el parámetro para hombres varía entre un 21.5% y 25.5% aproximadamente y para mujeres entre 25.5% y 27%.

Se puede concluir que este parámetro, tiene un comportamiento similar al parámetro anterior (parámetro  $f$ ), sin embargo, tiene un menor efecto en la mortalidad adulta.

### Parámetro $k$ <sup>83</sup>

En este parámetro, para el *total de defunciones* se tiene que el efecto sobre la función es análogo para hombres y mujeres. En este sentido, cuando se aumenta el valor del parámetro, sube la curva, lo que significa que disminuye la mortalidad adulta, pero se observa que los cambios son mayores en las edades más jóvenes de este rango de edad. Por otro lado, si se disminuye el parámetro, incrementa la mortalidad adulta, y en este caso los cambios son mayores en las edades jóvenes.

**Gráfica 68 - Parámetro  $k$  ajuste final, 1990 total defunciones hombres**



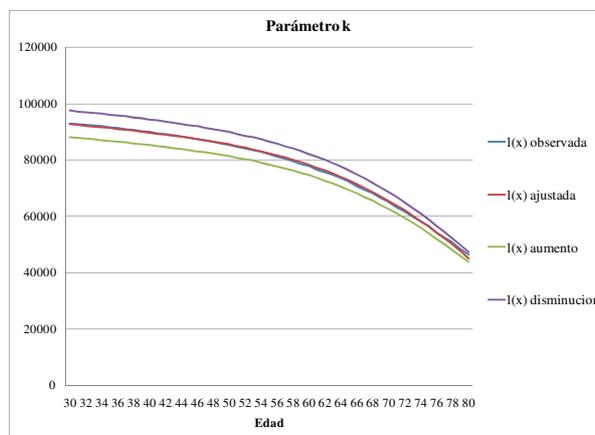
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

<sup>83</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

Este efecto del parámetro en la curva de mortalidad, se observa también sobre las series de la tabla de vida, ya que al incrementarse el parámetro los años-persona vividos aumentan y lo hacen en mayor monto en las edades más jóvenes de este rango de edad, esto para ambos sexos; la esperanza de vida también se incrementa. Por otro lado, al disminuir el parámetro, también lo hacen los dos indicadores aquí analizados. Cuando se analizan los cambios porcentuales en la  $e_0$  ante variaciones de la misma proporción del parámetro (5% en este caso) se tiene que los cambios en el indicador son del mismo porcentaje cuando se aumenta y cuando se disminuye el parámetro. Esto es, para los hombres la  $e_0$  varía entre un 2.5% y un 2.9% en todos los años que abarca la investigación, mientras que para las mujeres estos cambios están entre un 2.7% y un 2.9%; en ninguno de los casos se distingue una tendencia definida hacia cambios mayores o menores del indicador, por lo que su efecto en la mortalidad adulta para el total de defunciones se puede catalogar de relativamente estable.

Del mismo modo que en los dos parámetros anteriores, se tiene el mismo efecto para hombres y mujeres, y para las causas de muerte incluidas en la investigación (*diabetes, enfermedades cardiovasculares, tumores y el resto de defunciones*). En el caso de incrementar el valor del parámetro, el efecto es que baja la curva, y se ve que los cambios son mayores en edades jóvenes de este segmento de la curva; cabe mencionar que este parámetro no afecta la concavidad, y no importa si su valor es mayor o menor a 1, el efecto es el mismo. Caso contrario cuando se disminuye su valor, ya que sube la curva, y los cambios son mayores en edades menores; tampoco modifica la concavidad de la función en esta sección.

**Gráfica 69 - Parámetro  $k$  ajuste final, 1990 enfermedades cardiovasculares hombres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Asimismo, cuando se analiza el efecto que tienen los cambios del parámetro en las series de la tabla de vida, para estas causas de muerte, se observa que al aumentar el parámetro, los años-persona vividos y la esperanza de vida al nacimiento, se reducen y este cambio se observa en todo el rango de edad, pero con un mayor monto en las edades más jóvenes en las cuales abarca el parámetro, por tanto en las causas de muerte en las que el parámetro tiene un mayor impacto en la mortalidad son: *diabetes, enfermedades cardiovasculares y tumores*. Por otro lado, cuando se disminuye el valor de  $k$ , tanto el indicador de los años-persona vividos, como la esperanza de vida tienden a incrementarse.

Del mismo modo, cuando se varía el valor del parámetro en un 5%, se tiene que para *diabetes, enfermedades cardiovasculares y tumores* la esperanza de vida al nacimiento se modifica entre un 2.4% y un 2.9% tanto para hombres y mujeres cuando se incrementa el valor del parámetro; análogamente, cuando se disminuye el parámetro la variación en la  $e_0$  está entre un 2.5% y 3.1% en ambos sexos. Para el *resto de defunciones*, los cambios en la esperanza de vida difieren entre hombres y mujeres y son menores que para las causas anteriores ya que se encuentran entre 1.9% y 2.3% para hombres y 2.3% y 2.5% para mujeres cuando se aumenta el parámetro; y cuando se disminuye para hombres varía entre un 2% y 2.4% y en mujeres entre 2.4% y 2.6%. Cabe mencionar que para *resto de defunciones* se puede distinguir una tendencia hacia un incremento, es decir, el efecto del parámetro sobre la  $e_0$  y por tanto sobre la mortalidad adulta es mayor con el paso del tiempo, mientras que para las demás causas se nota el efecto contrario, ya que el impacto del parámetro en la mortalidad se distingue que disminuye con el paso de los años.

#### **6.3.4. Edades adultas mayores<sup>84</sup>**

En este último segmento se optó por ajustar los datos de mortalidad para las edades mayores a 80 años por medio de un polinomio de tercer grado, con el cual se intenta estimar de forma adecuada la desaceleración de mortalidad que se presenta en este grupo de edad y que provoca un cambio de concavidad en la curva de mortalidad, la cual se expuso en la teoría de la

---

<sup>84</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

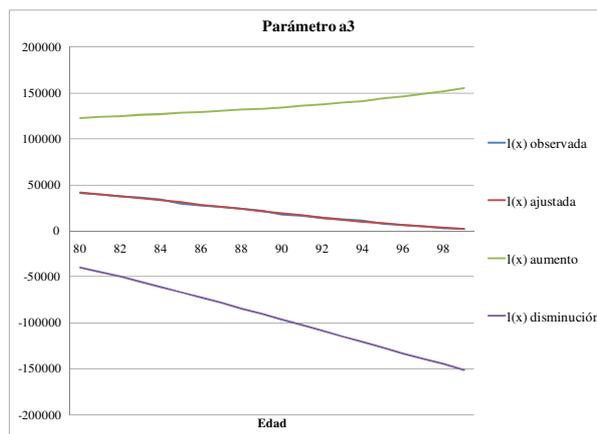
fiabilidad de Gavrilov y Gavrilova. Al igual que en los segmentos anteriores, los parámetros que conforman el polinomio se nombraron por convención, como  $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$  y  $d_3$ .

Este segmento de la curva el análisis de los parámetros entrega resultados interesantes. Entre ellos, se distingue que al igual que en las secciones donde se utilizan polinomios para realizar el ajuste, cada uno de los parámetros tiene un comportamiento similar para todas las causas de muerte, ambos sexos y para todos los años que abarca este estudio. Esto implica que, los parámetros de este segmento de la curva la modifican de la misma forma y afectan a las mismas edades, independientemente de la causa de muerte que se esté analizando, el año o si es la función de hombres o mujeres.

### Parámetro $a_3$ <sup>85</sup>

De esta forma, el parámetro  $a_3$  cuando se incrementa su valor, sube la curva y los cambios en ésta son mayores en las edades más avanzadas de esta sección; y si el aumento del valor del parámetro es lo suficientemente *elevado*, la pendiente de la curva se vuelve positiva, pero no cambia la concavidad. Por el contrario, cuando se disminuye el valor de  $a_3$  reduce la curva, y al igual que en el aumento, el cambio es más grande para las edades avanzadas. Esto es, cambia la pendiente pero no modifica su concavidad. La curva puede tomar valores negativos, debido a la disminución que provocan las modificaciones en el parámetro.

**Gráfica 70 - Parámetro  $a_3$  ajuste final, 1980 total defunciones mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

<sup>85</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

Los cambios al parámetro se analizaron, con respecto al efecto que tiene en las series de los años-persona vividos y la esperanza de vida al nacimiento, al igual que con los parámetros anteriores. Cuando se incrementa el valor del parámetro también lo hacen ambos indicadores. Al disminuir el parámetro, los dos indicadores reducen su valor. Los cambios porcentuales de los años-persona vividos son, en general, mayores para las mujeres (esto ante modificaciones del parámetro en la misma proporción del 5%). Asimismo, con el paso del tiempo, las causas de muerte en las cuales el parámetro tuvo un mayor impacto en la mortalidad son *diabetes* y *enfermedades cardiovasculares* en hombres, y *enfermedades cardiovasculares* y el *resto de defunciones* para mujeres; en las causas que se redujo el efecto son *total* y *resto de defunciones* para hombres, y en *tumores* para mujeres. Esto último, se pudo corroborar tanto en números absolutos, como relativos.

Es interesante mencionar, que los cambios más notorios en la  ${}_nL_x$  se presentaron en las edades más grandes en este rango de edad, lo que implica que este parámetro impacta en mayor medida las edades mayores de la tabla de vida. También, cuando se analizan las modificaciones en la esperanza de vida al nacimiento, resalta que el impacto del parámetro en este indicador es considerable, puesto que en muchas causas, ante los cambios del 5% en el parámetro, el indicador lo hizo en un porcentaje considerablemente mayor. Por ejemplo, en el *total de defunciones* para mujeres se incrementó la  $e_0$  entre un 29% y un 32%, o en *diabetes* que alcanza porcentajes superiores al 7% para hombres y de 35.5% para mujeres, con una tendencia creciente alcanzando valores mayores a 12% y 44% para hombres y mujeres respectivamente. En el caso de *cardiovasculares* se tiene que en ambos sexos se incrementa el impacto del parámetro en la esperanza de vida al nacimiento al pasar el tiempo, y en el caso de mujeres llega a ser de un monto mayor a 23% (en hombres llega a superar un 10.5% hacia el final del periodo). Para *tumores* se tiene que en hombres la  $e_0$  varía entre un 7.9% y un 12%, y en mujeres llega a ser con montos diferentes de 3.8% hasta 31% en algunos años. Para el *resto de defunciones* tanto en hombres como en mujeres, varía entre un 5.6% hasta un 18.5%.

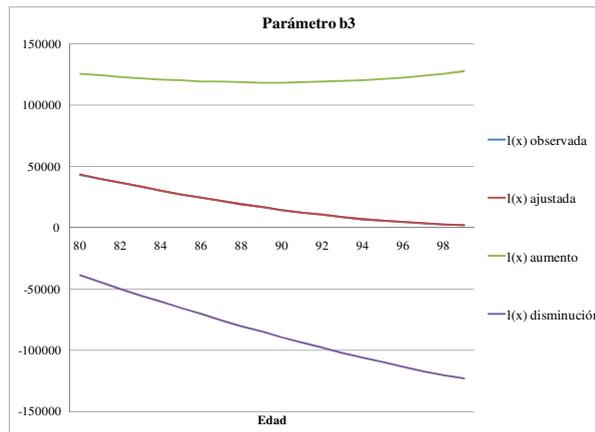
Todas esas modificaciones como se puede ver tienen montos disímiles entre ellos. Esto se puede deber en gran medida a la alta variabilidad de la mortalidad, así como un elevado subregistro para algunas causas en particular en este rango de edades, lo que lleva a tener efectos cambiantes de un año a otro. De la misma manera, se distingue que el parámetro tiene un mayor

impacto en la mortalidad femenina que en la masculina, hecho que se puede relacionar con la mayor mortalidad de mujeres a estas edades (debido principalmente a que los hombres en promedio mueren antes de llegar a este rango de edades).

*Parámetro  $b_3$* <sup>86</sup>

Para el parámetro  $b_3$ , al igual que con el parámetro anterior si se incrementa su valor, disminuye la mortalidad adulta mayor, y si el cambio es lo suficientemente grande cambia la pendiente de la curva a ser positiva, pero sin cambiar la concavidad en esta parte. Del mismo modo, cuando se disminuyen los valores del parámetro, la curva también lo hace, aumentando la mortalidad en este rango de edades y el incremento es mayor en las edades avanzadas; tampoco se cambia la concavidad, solamente la pendiente de la curva en este segmento.

**Gráfica 71 - Parámetro  $b_3$  ajuste final, 2005 diabetes mellitus hombres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

En cuanto al impacto que tienen las modificaciones del parámetro en las series de la tabla de vida se observa que al aumentar el parámetro también lo hacen los años-persona vividos en todo el rango de edad y la esperanza de vida al nacimiento. Caso contrario cuando se reduce el valor del parámetro, en este caso los dos indicadores disminuyen su valor. Al igual que en el parámetro anterior, los cambios mayores en la  ${}_nL_x$  se presentaron en las edades más grandes en

<sup>86</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

este rango de edad. Esto, se puede comprobar analizando los cambios porcentuales, los cuales se incrementan paulatinamente con la edad en todas las causas, los años analizados y ambos sexos.

También, se analizó si se ha modificado el impacto del parámetro sobre la mortalidad a lo largo del tiempo, y se encontró que para hombres *diabetes*, *enfermedades cardiovasculares* y *tumores*; y para mujeres en todas las causas de muerte, excepto para el *total de defunciones* el efecto del parámetro se incrementó con el paso del tiempo. Las causas en donde se redujo el impacto del parámetro fueron *total y resto de defunciones* en hombres, y *total* para mujeres.

En cuanto al cambio en la esperanza de vida al nacimiento, se tiene el mismo fenómeno que en el parámetro anterior, que es que a modificaciones de aproximadamente un 5% del valor del parámetro, la  $e_0$  varía en porcentajes significativamente mayores. Esto es, para el *total de defunciones* se tiene que en hombres cambia entre un 7.3% y un 18% aproximadamente, y en mujeres alcanza hasta valores entre 78.2% y 92.9%. En *diabetes* se distingue que la  $e_0$  cambia entre un 21% y un 29% para hombres; en mujeres los cambios son de más del 100% en la mayoría de los años. Para *enfermedades cardiovasculares* se tiene que en hombres llegan a verse cambios mayores a un 26% del valor del indicador, y en mujeres, superan hasta un 67%. En *tumores*, se tienen porcentajes que van desde un 23% hasta un 28% en hombres y entre 106% a un 111% en mujeres, con una gran variación entre los años. Para el resto de defunciones, se tiene que los cambios van entre un 13% y un 53% en ambos sexos, mostrando también una gran variación entre los años estudiados.

Entonces, el parámetro tiene un efecto importante en la mortalidad de las edades mayores, especialmente en las mujeres. Las modificaciones que provoca el parámetro en la mortalidad presentan una gran variabilidad en el tiempo, pero siempre con modificaciones significativas del nivel de la mortalidad.

### *Parámetro $c_3$* <sup>87</sup>

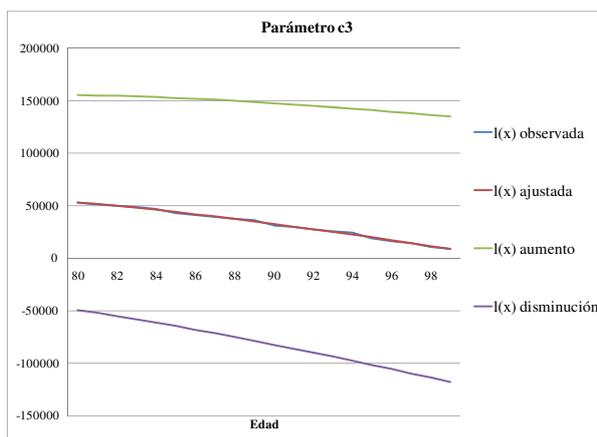
De la misma forma, para el parámetro  $c_3$  se tiene que al incrementar el valor, el efecto que tiene es que sube la curva, y al igual que con el parámetro anterior, si el cambio es muy grande cambia el signo de la pendiente de la curva. Del mismo modo, al disminuir su valor, se baja la curva de mortalidad, y cambia la pendiente de la curva. En ningún caso se modifica la

---

<sup>87</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

concavidad, y los cambios son menos sensibles en la pendiente. Esto es, aun que los cambios son más grandes en las edades mayores, es menos notorio en este caso que en los parámetros anteriores.

**Gráfica 72 - Parámetro  $c_3$  ajuste final, 1980 enfermedades cardiovasculares mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Ahora bien, cuando se estudia el efecto que tienen los cambios del parámetro en los años-persona vividos y en la esperanza de vida al nacimiento, se encuentra que al igual que en los parámetros anteriores, el aumentar el parámetro, también incrementa tanto la  ${}_nL_x$ , como la  $e_0$ . De igual modo, cuando se reduce el valor del parámetro, ambas series tienen un decremento en su valor. Es interesante notar, que los cambios mayores en la serie de  ${}_nL_x$  se dan en las edades más grandes en este rango de edad, algo que se observó también en los parámetros anteriores, lo cual implica que los parámetros de esta sección de la curva, tienen un mayor efecto en la mortalidad a edades mayores. Esto mismo se puede observar tanto en números absolutos como relativos.

En cuanto a si han existido cambios en el efecto del parámetro sobre la mortalidad con el paso del tiempo (es decir, sobre la  ${}_nL_x$  y la  $e_0$ ), se tiene que éste se aumenta para todas las causas de muerte en mujeres, aunque para *diabetes* y *tumores* lo hace a la mitad del periodo, para después reducirse. En el caso de los hombres, solamente en *tumores* y *resto de defunciones* se observa que disminuye el efecto.

Al igual que en los parámetros anteriores de este segmento de la curva, ante modificaciones ligeras del valor del parámetro (5%), las variaciones en el valor de la esperanza al nacimiento son significativamente mayores, lo cual indica que el parámetro tiene un efecto

fuerte en la mortalidad de los adultos mayores. Para el *total de defunciones*, los cambios en la esperanza de vida al nacimiento se dan desde un 5% a un 19% en hombres, y de un 67% a un 87% en mujeres. En cuanto a *diabetes* se tiene que el indicador cambia en porcentajes de hasta un 18.2% en hombres y en porcentajes superiores a un 99% en mujeres en los primeros años, para después aumentar a un 114%. Para *cardiovasculares*, también hay una gran variación entre los diferentes años en cuanto al cambio del indicador, que se encuentra entre un 2% a un 18% en hombres y de un 11.9% a 63% en mujeres. En tumores se observa el mismo fenómeno que en la causa anterior, con grandes variaciones de hasta un 20% en hombres y de 100% para mujeres en la  $e_0$ . Para el resto de defunciones se tiene que se alcanzan cambios desiguales entre los años, alcanzando porcentajes de hasta 46.8% en hombres y de 47.6% en mujeres.

Después de este análisis se puede apreciar que los primeros tres parámetros de esta sección, tienen un comportamiento similar entre los tres (variando solamente en la sensibilidad de los cambios, o lo que es lo mismo, el efecto que tiene sobre la mortalidad de los adultos mayores). Esto es, si se incrementa su valor, pero el cambio no es muy grande, se desplaza la curva hacia arriba modificando un poco la pendiente; si por el contrario el cambio, es fuerte, cambia el signo de la pendiente, volviéndola positiva, al mismo tiempo que se incrementa la función. En cambio, cuando se disminuye el valor de los parámetros, la función disminuye, y toma valores negativos en esta sección. Cabe mencionar que en ninguno de los parámetros se notó que cambiara la concavidad al modificarlos. Como se mencionó previamente, se distingue que estos parámetros tienen un mayor impacto en la mortalidad femenina que en la masculina, lo que relacionar con la mayor mortalidad de mujeres a estas edades (debido principalmente a que los hombres en promedio mueren antes de llegar a este rango de edades). Además el impacto sobre la mortalidad en estas edades tiene grandes variaciones de un año a otro, lo que se puede ligar con la menor calidad de los registros de muerte en estas edades.

### *Parámetro $d_3$* <sup>88</sup>

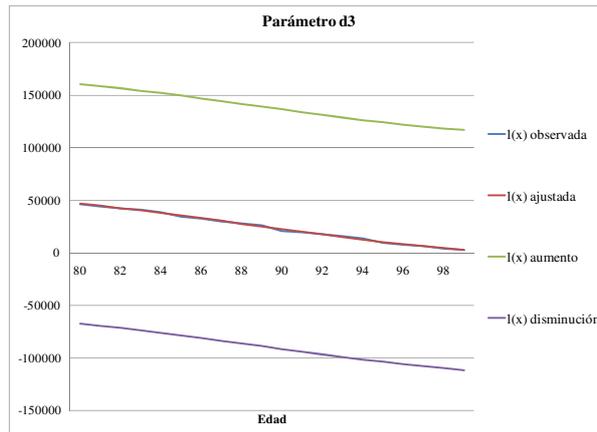
Al igual que con las secciones donde se ajustan polinomios, el parámetro  $d_3$  es el parámetro de localización, ya que sube o baja toda la curva con la misma forma, dependiendo la

---

<sup>88</sup> Las gráficas sobre el efecto que tienen las modificaciones sobre los parámetros sobre la curva de mortalidad en esta sección de la curva se encuentran en el Anexo XV.

dirección del cambio de valor del parámetro. Esto es, si se incrementa su valor, sube la curva, con la misma pendiente y en la misma proporción en cada edad; de forma análoga, si se disminuye su valor, baja toda la curva, con la misma pendiente, o lo que es lo mismo, el efecto en la mortalidad es de aproximadamente el mismo monto en todas las edades en este rango.

**Gráfica 73 - Parámetro  $d_3$  ajuste final, 1980 tumores mujeres**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

Aunado a esta descripción, se analizó el efecto del parámetro en las series de la tabla de vida, la  ${}_nL_x$  y en la  $e_0$ . Se encontró que cuando se incrementa el valor, se aumentan los años-persona vividos y la esperanza de vida al nacimiento; lo contrario sucede cuando se reduce el parámetro, ya que ambas series disminuyen su valor. Es interesante notar, que a pesar de que el cambio en términos absolutos sobre la  ${}_nL_x$  es el mismo en todas las edades del rango estudiado, el cambio porcentual se incrementa con la edad, lo cual se debe a que la serie se acerca a cero con el paso de la edad, y los cambios siguen siendo del mismo monto, por lo que el cambio relativo con respecto a la serie  ${}_nL_x$ , que disminuye de manera constante, se va incrementando.

Asimismo, se analizó si existe un cambio del efecto del parámetro con el paso del tiempo, sobre la  ${}_nL_x$  y la  $e_0$ . Se encontró que las causas en las cuales el impacto se incrementa con el tiempo es el *total de defunciones* para hombres y *enfermedades cardiovasculares y resto de defunciones* para mujeres; en cambio, las causas en las cuales el efecto disminuye es en las demás causas analizadas para hombres y en el *total de defunciones* para mujeres.

De la misma forma, se analizó el impacto del parámetro sobre la esperanza al nacimiento, y se encontró que en el caso de los hombres, los cambios del 5% en el parámetro implican una

variación menor a ese porcentaje en todas las causas y en la mayoría de los años; caso contrario a las mujeres, para las cuales modificaciones de la magnitud señalada tienen un efecto significativamente mayor en el indicador. Esto es, para hombres solamente en el *total de defunciones, cardiovasculares y resto de defunciones* tienen algún año en el cual el cambio de la esperanza de vida al nacimiento es mayor al cambio del parámetro. Caso contrario a las mujeres, ya que solamente para *enfermedades cardiovasculares y resto de defunciones* los cambios en la esperanza de vida son menores, en proporción a las modificaciones en el parámetro. Esto indica que el parámetro tiene un mayor efecto en la mortalidad femenina que en la masculina en este rango de edades.

#### **6.4. Simulación de las ganancias en esperanza de vida 2015 y 2020**

En este apartado se lleva a cabo una estimación de la mortalidad por causas futuras en los años 2015 y 2020. Con este procedimiento se tiene la finalidad de analizar las posibles ganancias en esperanza de vida futuras, si se llegara a eliminar alguna de las causas de muerte utilizadas a lo largo de esta investigación (*diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares, tumores y el resto de defunciones*). Esto provee un panorama que puede ayudar a identificar la magnitud futura de la mortalidad por causas en la población del país, así como a dar cuenta de las principales transformaciones que el perfil epidemiológico del país puede sufrir en los siguientes años. Aunado a esto, se pueden ver los alcances y limitaciones que tiene la aplicación del modelo propuesto en esta investigación.

Es importante mencionar que llevar a cabo una simulación se realiza para aproximar ciertos aspectos de un fenómeno, en este caso en particular la mortalidad por causas y que es utilizado para generar resultados del mismo. Esto puede permitir predecir y estudiar ciertos aspectos del comportamiento futuro del fenómeno. En general, la simulación se utiliza para reproducir y analizar un fenómeno evaluando un modelo propuesto sobre él mismo, de forma numérica. Cabe mencionar que el modelo propuesto en esta investigación es una representación de la mortalidad por causas que difiere del fenómeno mismo. En pocas palabras, lo que se hace es una abstracción de la realidad, representándose la mortalidad por medio de un modelo matemático o estadístico. En el caso de esta investigación el modelo es un conjunto de relaciones matemáticas con las cuales se intenta describir el comportamiento de la mortalidad general y por causas en el país en cierto periodo.

Los modelos surgen del análisis de todas las variables que intervienen en el fenómeno, así como de las relaciones que se existen entre ellas con la intención de generar una simplificación de la realidad. Como es de esperarse, a medida que se avanza en el estudio de un fenómeno, se incrementa el entendimiento sobre el modelo. Esto ayuda a crear modelos más cercanos a la realidad y que describan de manera más adecuada el fenómeno en estudio. Asimismo, es importante resaltar que el modelo evalúa numéricamente el fenómeno en estudio, lo cual permite generar distintos escenarios que cuentan con una base matemática o estadística fundamentada. Entonces, uno de los principales objetivos de una simulación, como la que aquí se propone, es realizar ensayos de modificaciones que puedan producirse en la mortalidad general y por causas probándolos de manera numérica en el modelo que representa tales fenómenos, que en este caso es la función final propuesta para cada una de las causas de muerte y ambos sexos. Esto se realiza, con el fin de elegir la mejor alternativa del nivel de la mortalidad futura estimado a partir de esta simulación. La simulación ofrece, sobre bases ciertas, una predicción del futuro, que está condicionada a supuestos realizados de forma previa, lo cual es una de las razones básicas para la construcción de modelos.

Como se comentó, en esta simulación se tiene un modelo (función final para cada causa de muerte) que intenta representar el comportamiento de un fenómeno específico (la mortalidad por causas). Entonces para llevar a cabo la simulación, se estimaron los parámetros futuros de la función, analizando su tendencia a lo largo del periodo de estudio (recordando que los años incluidos en el análisis abarcan de 1979 a 2008) y estimando el valor futuro de éstos hasta los años de 2015 y 2020. Para ello, se ajustó una función matemática a cada uno de los parámetros de las distintas funciones de las causas de muerte, para describir su comportamiento y tendencia a lo largo de los años en estudio. Las principales funciones utilizadas para este fin fueron el logaritmo natural, así como polinomios de primero, segundo y tercer grado, dependiendo del parámetro y la sección de la curva. Se ocuparon estas funciones, no solo porque fueron las que mejor describieron el comportamiento de los parámetros, sino porque al presentarse parámetros altamente sensibles a cambios de valor (es decir, parámetros que al modificar su valor en un pequeño porcentaje tienen un gran efecto en la función), es necesario que los valores futuros de los mismos, no sean muy disímiles a los observados en 2007.

En la primera sección de la función se utilizó en todos los casos una función logarítmica para estimar la serie de parámetros futuros, y en particular para los años 2015 y 2020. Se ocupó

esta función debido a que tiene un buen ajuste del comportamiento de los parámetros de esta sección que ajusta la mortalidad infantil y de la niñez. Aunado a esto, se cree que esta función describe de manera adecuada las ganancias que se tienen respecto a este indicador tan importante, en el sentido de que la disminución de la mortalidad infantil y la niñez cada vez es menor lo que sigue un comportamiento logarítmico<sup>89</sup>.

En la segunda sección de la curva, en las edades de la niñez, la adolescencia y las edades jóvenes, donde se utilizó el ajuste proporcionado por los splines, se ocupó también la función del logaritmo natural para describir el comportamiento de los parámetros. En este caso el ajuste no resultó ser tan adecuado como en la parte anterior puesto que el comportamiento de éstos es más errático a lo largo del periodo de estudio. Entonces, la elección de la función logarítmica se realizó con base en que la mortalidad en esas edades es la más baja de todo el rango de edades y por ello las ganancias en mortalidad son cada vez menores (si bien no dejan de existir ganancias), por lo que se cree que esta función describe de manera correcta este fenómeno.

En la tercera parte de la curva de mortalidad, donde se ajustó una función Lazarus, se ocuparon una variedad de funciones para describir el comportamiento de los parámetros de la función en esa sección. Como se comentó previamente se ocuparon funciones logarítmicas, y polinomios de primero, segundo y tercer grado. En el caso del logaritmo natural se ocupó en parámetros sensibles esta sección; y en particular en el parámetro  $f$  para evitar que tuviera valores muy disímiles a los observados en 2007 debido a que es el parámetro más sensible de la función. Para los demás parámetros, las funciones utilizadas varían de una causa de muerte a otra y se tuvo que realizar caso por caso.

Para las edades mayores a 80 años, en la sección de la curva donde se ajustó un polinomio de tercer grado para las últimas edades de la tabla, se utilizó un polinomio de segundo grado para describir el comportamiento de los parámetros en todas las causas de muerte, excepto para enfermedades cardiovasculares, para las cuales se ocupó una función logarítmica.

Una vez que se obtuvieron los distintos parámetros futuros, se procedió a calcular la serie de supervivientes futura con los valores para los años 2015 y 2020, esto para cada causa de muerte y por sexo. Se eligieron estos años, debido a que se considera que un periodo de 5 o 10 años es adecuado para realizar un ejercicio de simulación, puesto que periodos mayores

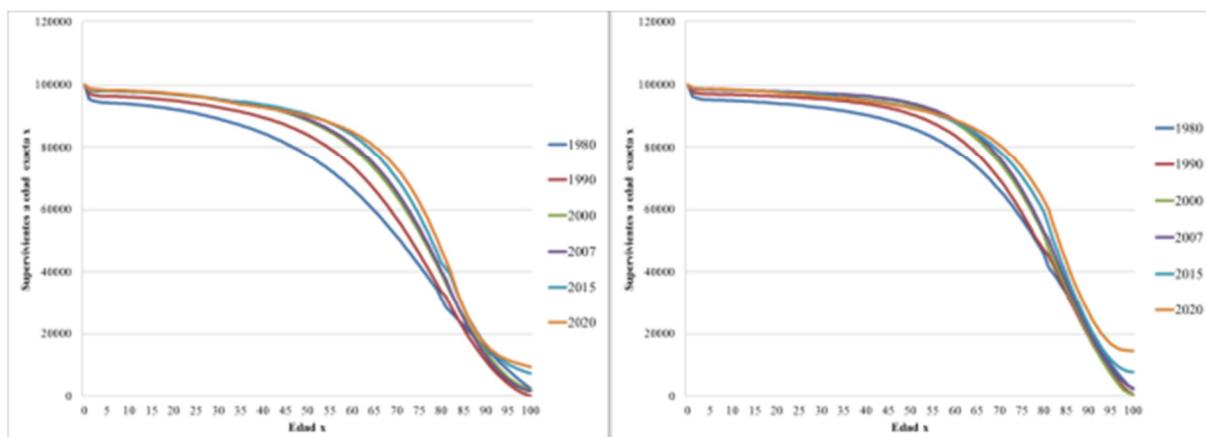
---

<sup>89</sup> Ver Anexo XIV

conllevan una mayor incertidumbre y por tanto resulta menos preciso estimar la mortalidad en un horizonte extenso.

Una vez que se cuenta con la serie de supervivientes futura para cada causa de muerte y por sexo, se procedió a calcular la mortalidad por eliminación por causas para diabetes, enfermedades cardiovasculares, tumores y el resto de defunciones aplicando el método de Cerisola expuesto previamente (Cerisola, 1968). De esta forma, se analiza el comportamiento futuro de las  $l_x$  de eliminación de causa, estimadas para cada causa de muerte. Para poder analizar el comportamiento y la evolución de la mortalidad futura por causas se presenta la siguiente gráfica (gráfica 74) de las series de supervivientes.

**Gráfica 74 - Serie supervivientes a edad exacta  $x$  estimada para diferentes años, Total de Defunciones hombres (izquierda) y mujeres (derecha), México**



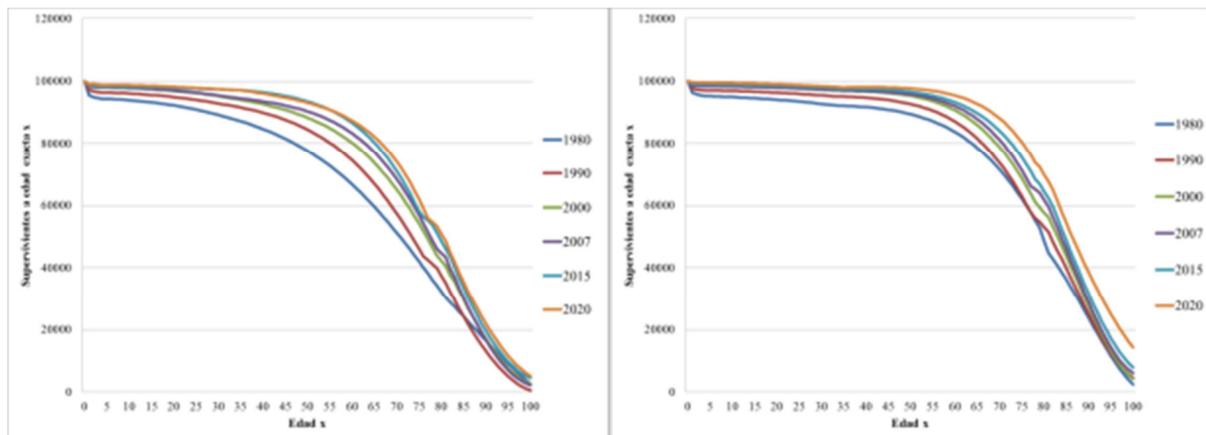
Fuente: Elaboración propia con base en datos de mortalidad INEGI 1979 a 2008

Para el *total de defunciones*, en el caso de los hombres se tiene que la serie de supervivientes tiende a la incrementarse con el paso del tiempo, aunque esto se ve más marcado en las edades mayores a 60 años, lo cual indica que principalmente en las edades jóvenes, no se tendrán ganancias significativas en cuanto a la disminución de la mortalidad en esas edades. De manera análoga para mujeres se observa cierta rectangularización de los supervivientes a edad  $x$ , lo que implica que se tiene una menor mortalidad general en cada grupo de edad y que es consistente con el paulatino incremento en la esperanza de vida en el país. Al igual que en los hombres, los principales incrementos en esta serie se presentan en las edades mayores. Es de resaltar también que se observa la sobremortalidad masculina en la mayoría de las edades puesto

que al mismo nivel de supervivientes, si se traza una línea recta que intersecte las curvas en ambas gráficas, se tiene que en hombres se alcanza en edades menores que para mujeres.

De igual forma, se presenta a continuación la gráfica de los supervivientes a edad exacta  $x$  para diabetes, de ambos sexos (gráfica 75).

**Gráfica 75 - Serie supervivientes a edad exacta  $x$  estimada para diferentes años, Diabetes hombres (izquierda) y mujeres (derecha), México**



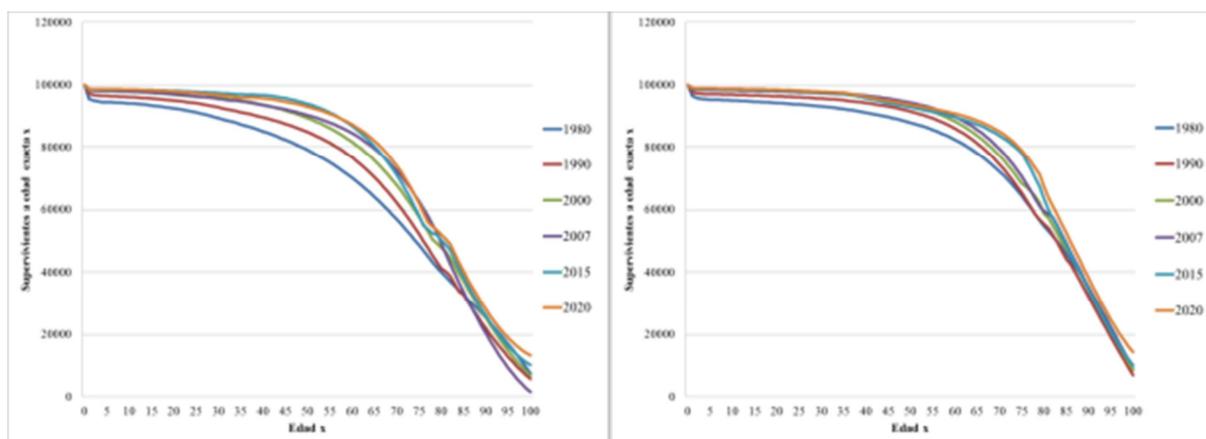
Fuente: Elaboración propia con base en datos de mortalidad INEGI 1979 a 2008

Del mismo modo que en el total de defunciones, para la *diabetes* se tienen comportamientos similares entre hombres y mujeres, aunque también se tienen distintos resultados. Para hombres se observa un aumento en la serie de supervivientes a medida que pasa el tiempo, lo cual es indicativo del incremento en la mortalidad por esta causa en el país en los últimos años; tendencia que se espera continúe en los próximos 10 años especialmente en las edades adultas. Cabe recordar que se está analizando la serie  $l_x$  si se llegar a eliminar la *diabetes*, por ello entre mayor sea el aumento de supervivientes en esta serie implica que la mortalidad se incrementa, aunque ese incremento está también relacionado con el aumento de la serie de supervivientes del *total de defunciones*. En el caso de mujeres también se observa una tendencia a acrecentarse el número de supervivientes a edad  $x$ , con el paso de los años. La mayor diferencia entre hombres y mujeres es los grupos de edad en los cuales la diabetes tendrá un mayor impacto. Después de observar las curvas de mortalidad, en hombres, como se comentó previamente, se espera que se presente este mayor impacto en las edades adultas, mientras que para mujeres este aumento se puede dar de manera más significativa en edades mayores a 55

años aproximadamente. Otra cuestión que es interesante analizar, es que el incremento relativo en la curva en hombres es mayor que el de las mujeres entre 1980 y 2020.

Para *enfermedades cardiovasculares* se presenta también la gráfica de los supervivientes a edad  $x$ , con la finalidad de analizar el comportamiento de la mortalidad en los últimos años y el de la mortalidad futura producto de la simulación realizada; esto tanto para hombres, como para mujeres (gráfica 76).

**Gráfica 76 - Serie supervivientes a edad exacta  $x$  estimada para diferentes años, Enfermedades Cardiovasculares (izquierda) y mujeres (derecha), México**

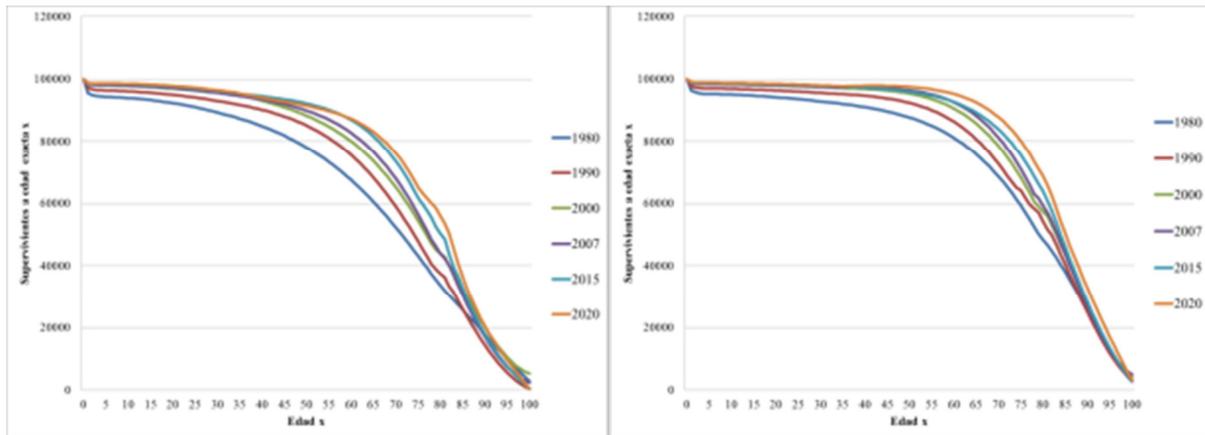


Fuente: Elaboración propia con base en datos de mortalidad INEGI 1979 a 2008

Como se puede observar en las gráficas, para *enfermedades cardiovasculares* se tiene una situación similar que para la causa anterior. Esto es, para hombres se observa un incremento en la curva de supervivientes, lo cual puede ser indicativo de un incremento en el impacto en la mortalidad por esta causa de muerte con el paso del tiempo. Esta tendencia se espera que continúe por los próximos años, aunque probablemente suceda a un ritmo menor como se observa en la curva de mortalidad. En el caso de mujeres se tiene un fenómeno similar en cuanto a un incremento en el nivel de la mortalidad futura por esta causa, sin embargo también presenta una marcada diferencia con respecto a los hombres puesto que el incremento relativo es menor que para los hombres. Asimismo, esta causa tiene un impacto distinto entre hombres y mujeres en cuanto a los grupos de edad se refiere. En el caso de los hombres se espera que impacte más en edades cada vez más jóvenes (entre los 35 y 60 años de edad), mientras que para mujeres podría incrementarse más la mortalidad en las edades mayores.

Asimismo, se muestra la gráfica siguiente (gráfica 77) con las curvas de supervivientes para *tumores* en hombres y mujeres.

**Gráfica 77 - Serie supervivientes a edad exacta  $x$  estimada para diferentes años, Tumores (izquierda) y mujeres (derecha), México**

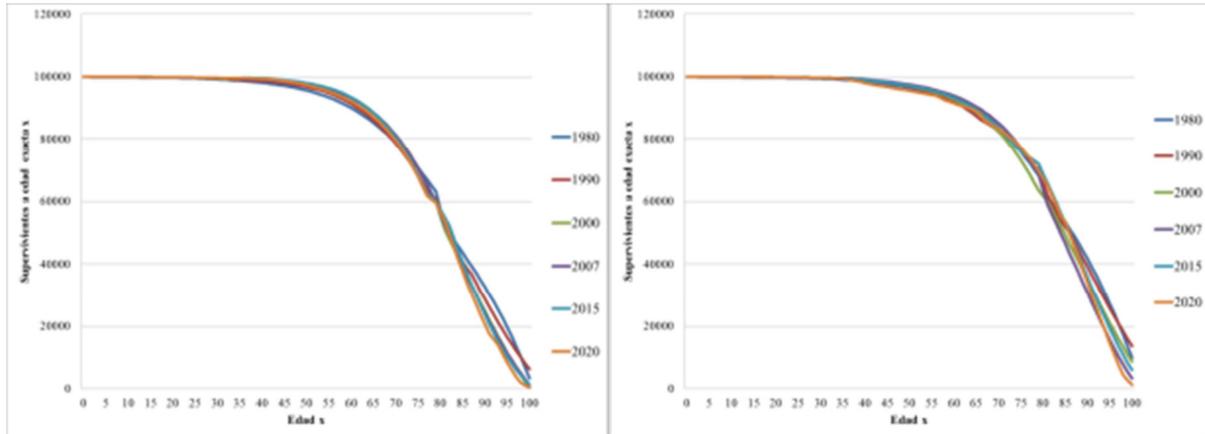


Fuente: Elaboración propia con base en datos de mortalidad INEGI 1979 a 2008

Como se observa, el comportamiento de las curvas  $l_x$  para hombres y mujeres presenta ciertos aspectos interesantes. En el caso de hombres se tiene un incremento en la curva de supervivientes a lo largo de todo el periodo de estudio, y el aumento se presentó en un mayor monto en los primeros años del estudio. Cabe recordar que este incremento está relacionado con el aumento en los supervivientes del total de defunciones. Esto es similar a lo que ocurre para mujeres, para las cuales la curva también se desplazó hacia la derecha en todos los años estudiados, aunque cada vez en menor monto. Al igual que en las causas anteriores, la curva de mortalidad tiene un monto y un impacto distinto entre hombres y mujeres. Esto es, para una edad seleccionada, el nivel de supervivientes es mayor en mujeres que en hombres.

Para el *resto de enfermedades* se presenta la gráfica siguiente (gráfica 77) de la curva de mortalidad tanto para hombres y mujeres para observar el comportamiento estimado de impacto, a lo largo del estudio, de este grupo de causas de muerte.

**Gráfica 78 - Serie supervivientes a edad exacta  $x$  estimada para diferentes años, Resto de Defunciones (izquierda) y mujeres (derecha), México**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de mortalidad INEGI 1979 a 2008

Entonces, como se puede ver, para el *resto de enfermedades* en hombres se tiene un impacto diferente al de las causas de muerte anteriores. En este caso la curva de supervivientes tiende a reducirse con el tiempo especialmente en las edades mayores, lo cual indica cierta disminución de la mortalidad por estas causas en edades avanzadas, pero no tan notorio en las primeras edades de la tabla de vida. Un efecto similar se observa en mujeres, aunque en ellas la tendencia a disminuir es menor que en hombres, probablemente debido a que la mortalidad en mujeres ya era más baja de inicio. Algo que sobresale en este análisis es que el impacto de la mortalidad por causas al eliminar de forma teórica una de ellas, visto desde este punto de la serie de supervivientes es incompleto, puesto que se ve afectado por el mismo cambio en el *total de defunciones* (el cambio en la mortalidad en su conjunto) por lo que se profundiza en este estudio al observar los cambios en las ganancias en la esperanza de vida al nacimiento.

Entonces, una vez analizados los cambios que se tienen en la serie de supervivientes a lo largo de los años, se procedió a realizar el cálculo de la esperanza de vida, presente y futura, si se llegara a eliminar alguna de estas causas de muerte. Esto se llevó a cabo para calcular las ganancias en esperanza de vida, las cuales se obtienen al realizar la diferencia entre la esperanza de vida a edad  $x$  si se eliminara cierta causa y aquella de la tabla de vida que incluye todas las causas de muerte (total de defunciones). Con este indicador se intenta profundizar en el análisis del impacto futuro que pueden llegar a tener las causas de muerte en la población, bajo el

ejercicio de la simulación expuesto previamente. Los principales resultados para la esperanza de vida del total de defunciones de hombres se pueden observar en la tabla siguiente (cuadro 11):

**Cuadro 11 - Esperanza de vida estimada por grupos quinquenales de edad, Total de Defunciones Hombres en México**

Edad	1980	1990	2000	2007	2015	2020
0	65.21	68.24	71.97	72.23	74.24	75.09
5	64.11	65.80	68.48	68.67	70.69	71.37
10	59.39	60.96	63.58	63.77	65.76	66.40
15	54.81	56.25	58.79	58.98	60.95	61.54
20	50.37	51.64	54.10	54.28	56.26	56.79
25	46.07	47.12	49.48	49.66	51.68	52.17
30	41.89	42.68	44.93	45.11	47.20	47.66
35	37.82	38.30	40.35	40.54	42.59	43.73
40	33.87	34.01	35.89	36.07	37.97	39.17
45	30.09	29.88	31.55	31.70	33.49	34.64
50	26.49	25.93	27.39	27.48	29.11	30.18
55	23.09	22.20	23.44	23.45	24.90	25.83
60	19.92	18.73	19.75	19.66	20.92	21.66
65	16.98	15.54	16.35	16.15	17.26	17.74
70	14.30	12.67	13.29	12.98	14.00	14.21
75	11.86	10.12	10.58	10.19	11.29	11.22
80	9.66	7.88	8.25	7.81	9.36	9.00
85	7.98	5.82	6.51	6.08	7.77	8.21
90	5.66	4.02	4.84	4.59	6.78	7.57
95	3.31	2.18	3.23	3.11	4.58	4.92
100	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

Como se observa, la esperanza de vida estimada para el *total de defunciones* en los diferentes periodos para hombres muestra una tendencia hacia el incremento en todo el periodo de estudio, y hasta cierto punto se puede corroborar el relativo estancamiento en el cual se encuentran los avances respecto a este indicador, puesto que entre los primeros periodos aquí mostrados, se tiene un aumento de aproximadamente 5% entre un año y otro, pero entre el 2007 y los periodos futuros estimados se tienen ganancias de 2.7% y 1.1% de un periodo a otro.

Las estimaciones realizadas a partir de este método de *simulación* utilizando la función de mortalidad propuesta, se consideran relativamente buenas, sobre todo si se comparan con las estimaciones de la esperanza de vida al nacimiento realizadas por CONAPO para estos mismos años. Éstas son: 64 años en 1980, 67.7 años en 1990, 71.3 en el año 2000 y 72.6 en 2007; además, proyectan una esperanza de vida de 73.9 años en 2015 y de 74.8 años en 2020 (CONAPO, 2011).

Para mujeres, también se presentan los valores estimados de la esperanza de vida al nacimiento en la siguiente tabla (cuadro 12) para el total de defunciones:

**Cuadro 12 - Esperanza de vida estimada por grupos quinquenales de edad, Total de Defunciones Mujeres en México**

x	1980	1990	2000	2007	2015	2020
0	72.06	74.23	76.71	77.45	78.21	79.55
5	70.65	71.53	73.02	73.73	74.32	75.59
10	65.83	66.65	68.08	68.80	69.46	70.78
15	61.08	61.80	63.18	63.91	64.64	66.05
20	56.40	56.98	58.32	59.04	59.87	61.38
25	51.76	52.19	53.48	54.20	55.13	56.75
30	47.17	47.43	48.67	49.38	50.42	52.17
35	42.64	42.73	43.83	44.54	45.73	47.33
40	38.22	38.11	39.08	39.78	41.16	42.78
45	33.92	33.60	34.44	35.12	36.60	38.23
50	29.76	29.25	29.95	30.58	32.11	33.72
55	25.77	25.11	25.65	26.22	27.73	29.28
60	21.98	21.22	21.58	22.08	23.48	24.94
65	18.45	17.63	17.79	18.22	19.43	20.76
70	15.20	14.40	14.31	14.71	15.63	16.83
75	12.26	11.55	11.15	11.57	12.13	13.22
80	9.64	9.15	8.29	8.86	8.96	10.01
85	7.40	6.42	6.22	6.63	7.31	8.37
90	5.09	4.39	4.11	4.78	5.82	7.09
95	2.97	2.46	2.17	3.08	4.20	5.00
100	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

Entonces como se puede observar, en el caso de las mujeres también se muestra una tendencia hacia el aumento del indicador a lo largo de los años que aquí se presentan, y al igual que en hombres se tiene un ritmo menor de ganancias con el paso del tiempo. Esto se refleja en que entre los primeros periodos, se tiene un aumento de aproximadamente 3% entre un año y otro (incremento menor al de hombres), pero entre el 2007 y los periodos futuros estimados se tienen ganancias de .98% y 1.7% de un periodo a otro. De la misma manera que para hombres, estas estimaciones, hasta cierto punto se pueden considerar adecuadas, cuando se comparan con las estimaciones del indicador realizadas por CONAPO para estos mismos años. Éstas son: 70 años en 1980, 73.5 años para 1990, 76.5 en el año 2000, y 77.4 en 2007, y de igual manera proyectan una esperanza de vida al nacimiento de 78.4 años en 2015 y de 79.4 años en 2020 (CONAPO, 2011).

Del mismo modo, para la *diabetes* se presenta la estimación de las ganancias en esperanza de vida tanto para hombres como mujeres en las tablas siguientes (cuadro 13 y cuadro 14), con la finalidad de ahondar en el estudio de la estimación futura de la mortalidad por causas.

**Cuadro 13 - Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Diabetes  
Hombres, México**

x	1980	1990	2000	2007	2015	2020
0	0.23	0.52	0.67	1.51	1.64	1.77
5	0.24	0.55	0.69	1.55	1.51	1.44
10	0.21	0.58	0.72	1.57	1.47	1.47
15	0.21	0.59	0.74	1.58	1.38	1.47
20	0.23	0.59	0.74	1.58	1.21	1.40
25	0.24	0.58	0.73	1.58	0.94	1.22
30	0.25	0.57	0.75	1.58	0.55	0.93
35	0.24	0.54	0.86	1.60	0.27	0.04
40	0.24	0.50	0.93	1.48	0.17	0.05
45	0.24	0.47	0.96	1.34	0.08	0.08
50	0.24	0.45	0.96	1.20	0.04	0.11
55	0.26	0.44	0.94	1.07	0.04	0.17
60	0.29	0.45	0.92	0.97	0.10	0.25
65	0.34	0.50	0.90	0.91	0.21	0.38
70	0.43	0.60	0.90	0.91	0.41	0.60
75	0.55	0.78	0.95	1.01	0.75	0.97
80	0.73	0.59	0.76	0.82	0.27	0.89
85	0.07	0.29	0.24	0.34	0.00	0.00
90	0.02	0.28	0.13	0.17	0.00	0.00
95	0.00	0.34	0.04	0.04	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

Como se puede observar, la estimación de las ganancias en esperanza de vida de *diabetes* para hombres indica que se tienen incrementos a lo largo de todo el periodo de estudio, aunque estos se presentan de manera diferente. Esto es, de 1980 a 1990 el aumento se estimó en un 126%, pero posteriormente no fue tan marcado. En cuanto a las ganancias futuras del indicador los incrementos son del orden del 8% aproximadamente. Es importante resaltar que los cambios muestran, hasta cierto punto, el aumento paulatino de la mortalidad por esta causa en los últimos años, y se espera que esta tendencia continúe; es decir, se estima que en este periodo de 40 años que abarca la estimación presente y futura, las ganancias en esperanza de vida aumentan en casi 7 veces su valor.

**Cuadro 14 - Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Diabetes  
Mujeres, México**

x	1980	1990	2000	2007	2015	2020
0	2.08	2.39	2.49	2.73	3.53	4.78
5	2.19	2.45	2.54	2.77	3.28	4.19
10	2.23	2.43	2.54	2.77	3.21	4.07
15	2.23	2.44	2.55	2.78	3.13	3.92
20	2.23	2.45	2.56	2.78	3.05	3.74
25	2.22	2.47	2.56	2.79	2.95	3.53
30	2.22	2.49	2.56	2.79	2.85	3.31
35	2.05	2.38	2.59	2.77	2.75	3.36
40	1.67	2.18	2.41	2.63	2.35	2.89
45	1.32	1.97	2.23	2.45	2.02	2.47
50	1.01	1.77	2.05	2.24	1.75	2.11
55	0.73	1.60	1.88	2.02	1.52	1.81
60	0.50	1.46	1.76	1.83	1.36	1.59
65	0.31	1.37	1.69	1.69	1.28	1.45
70	0.16	1.36	1.69	1.62	1.29	1.41
75	0.04	1.45	1.82	1.67	1.42	1.51
80	0.25	0.91	1.81	1.25	1.49	1.55
85	0.13	0.99	1.11	0.84	0.59	0.70
90	0.07	0.98	1.09	0.68	0.03	0.00
95	0.02	0.95	1.06	0.48	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

Del mismo modo, para mujeres la tendencia de las ganancias en esperanza de vida si eliminara la *diabetes* es hacia el aumento del indicador a lo largo del periodo de estudio. Los resultados muestran un nivel mayor del indicador que en hombres en la estimación del indicador, y se espera que al llegar al año 2020, éste haya duplicado su nivel en este periodo de 40 años en los cuales se ha llevado a cabo el análisis. Esto indica que el impacto de la mortalidad por esta causa se ha incrementado en los últimos años y continuará esa tendencia en los próximos años.

Para *enfermedades cardiovasculares* se presentan los siguientes resultados en cuanto a las ganancias en esperanza de vida para hombres (cuadro 15).

**Cuadro 15 - Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad,  
Enfermedades Cardiovasculares Hombres, México**

x	1980	1990	2000	2007	2015	2020
0	3.35	3.16	2.97	2.90	2.84	2.79
5	3.44	3.26	3.03	2.94	2.60	2.62
10	3.41	3.30	3.07	2.97	2.56	2.66
15	3.42	3.32	3.08	2.99	2.45	2.69
20	3.45	3.32	3.09	2.99	2.28	2.67
25	3.48	3.32	3.08	2.98	2.03	2.60
30	3.60	3.45	2.83	2.96	1.70	2.46
35	3.65	3.55	2.81	2.92	1.54	1.78
40	3.65	3.59	2.86	2.93	1.26	1.44
45	3.59	3.56	2.92	2.86	1.12	1.40
50	3.49	3.47	2.96	2.72	1.10	1.44
55	3.36	3.35	2.96	2.51	1.17	1.53
60	3.23	3.24	2.94	2.24	1.31	1.67
65	3.10	3.15	2.93	1.95	1.55	1.89
70	3.00	3.13	2.95	1.65	1.94	2.27
75	2.93	3.23	3.06	1.33	2.64	2.98
80	2.79	2.89	2.81	1.10	2.41	2.95
85	1.67	2.42	1.84	0.82	0.89	0.99
90	1.11	2.10	1.31	0.30	0.00	0.00
95	0.54	1.59	0.57	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

Como se puede ver, las ganancias para hombres indican una tendencia a disminuir con el paso de los años. La disminución del en los primeros periodos es del orden del 6% con respecto al año previo; en cambio, el cambio relativo de las ganancias futuras estimadas es del orden de 1.8% aproximadamente con respecto al periodo previo. Se puede observar también que el nivel de este indicador es mayor en este caso que para la causa de muerte anterior. Sin embargo, se tiene una disminución del 17% aproximadamente en los 40 años que se estudian.

Esto indica que la mortalidad por esta causa tiene cierta tendencia a disminuir, o tiene un menor impacto en la población masculina, aunque esa disminución se espera sea cada vez menor. Asimismo, se presenta este indicador para mujeres durante los mismos años (cuadro 16).

**Cuadro 16 - Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad,  
Enfermedades Cardiovasculares Mujeres, México**

x	1980	1990	2000	2007	2015	2020
0	4.05	3.49	3.13	3.10	3.04	2.95
5	4.17	3.57	3.18	3.13	3.02	2.88
10	4.23	3.59	3.21	3.13	2.94	2.75
15	4.23	3.59	3.22	3.12	2.85	2.58
20	4.19	3.59	3.21	3.12	2.75	2.38
25	4.14	3.57	3.20	3.11	2.64	2.16
30	4.10	3.55	3.18	3.11	2.54	1.92
35	4.06	3.53	3.20	3.08	2.43	1.96
40	4.04	3.56	3.33	3.12	2.77	2.15
45	3.97	3.54	3.43	3.18	2.98	2.26
50	3.85	3.47	3.49	3.20	3.04	2.28
55	3.69	3.37	3.51	3.18	2.94	2.21
60	3.51	3.24	3.52	3.13	2.72	2.04
65	3.32	3.11	3.53	3.08	2.41	1.82
70	3.15	3.00	3.60	3.06	2.03	1.60
75	3.01	2.94	3.76	3.12	1.62	1.43
80	2.84	2.46	3.67	3.12	1.80	1.63
85	1.95	2.20	2.59	2.15	1.40	0.88
90	1.36	1.72	2.12	1.57	0.52	0.00
95	0.70	1.10	1.50	0.76	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

De la misma forma, para mujeres se tiene que el indicador también disminuye a lo largo del periodo de estudio; y en los 40 años lo hace en un 27% aproximadamente. En este sentido, en los primeros años del estudio se tienen las principales disminuciones del indicador, aproximadamente del 10%; sin embargo, en los años futuros estimados, la disminución de las ganancias en esperanza de vida es menor (3.1% de 2015 a 2020).

Estos resultados son indicativos de que la mortalidad por esta causa tiene cierta tendencia a una disminución relativa de su nivel en estos últimos años; de la misma forma, se espera cierta reducción en los próximos años, lo que implica un menor impacto en la población femenina en el país en el futuro cercano.

Asimismo, se calcularon las ganancias en esperanza de vida si se llegaran a eliminar *tumores* para hombres. Los resultados de estos cálculos en los años que se ha realizado esta estimación, se muestran en la siguiente tabla (cuadro 17).

**Cuadro 17 - Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Tumores  
Hombres, México**

x	1980	1990	2000	2007	2015	2020
0	0.82	1.24	1.41	1.43	1.49	1.52
5	0.84	1.28	1.44	1.45	1.25	1.32
10	0.81	1.31	1.47	1.47	1.25	1.37
15	0.80	1.31	1.47	1.47	1.24	1.40
20	0.80	1.29	1.45	1.44	1.20	1.41
25	0.81	1.27	1.41	1.41	1.12	1.37
30	0.82	1.25	1.22	1.38	1.00	1.28
35	0.80	1.20	1.16	1.41	1.05	0.72
40	0.78	1.14	1.41	1.38	1.02	0.90
45	0.76	1.06	1.57	1.31	0.89	0.94
50	0.74	0.99	1.66	1.22	0.73	0.88
55	0.73	0.93	1.71	1.13	0.55	0.76
60	0.73	0.89	1.74	1.05	0.38	0.63
65	0.76	0.89	1.77	1.00	0.24	0.52
70	0.82	0.93	1.84	1.01	0.12	0.46
75	0.92	1.05	2.01	1.12	0.05	0.49
80	1.01	0.78	1.79	1.08	0.00	0.00
85	0.22	0.39	1.02	0.46	0.00	0.00
90	0.10	0.29	0.87	0.26	0.00	0.00
95	0.02	0.26	0.58	0.08	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

Como se puede observar, las ganancias para esta causa en hombres indican una tendencia a incrementarse a lo largo de los 40 años del estudio. Con respecto a esto, el aumento total del indicador es de aproximadamente un 85% entre 1980 y el 2020. Cabe mencionar que el incremento de este indicador ha sido menor con el paso del tiempo, y como lo reflejan las cifras será cada vez menor en un futuro ya que crecerá en menos de un 2% entre el 2015 y 2020. Estos resultados muestran un incremento de la mortalidad por esta causa en los últimos años para hombres, y un ligero aumento futuro del impacto que este grupo de causas de muerte tendrá en el país para este sexo.

Del mismo modo, se presentan los resultados para mujeres (cuadro 18) de las ganancias si se llegaran a eliminar los *tumores*. Estas se estimaron en los 6 periodos en los cuales se centró este ejercicio de simulación.

**Cuadro 18 - Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Tumores  
Mujeres, México**

x	1980	1990	2000	2007	2015	2020
0	1.47	2.21	2.46	2.51	2.64	3.23
5	1.51	2.25	2.48	2.52	2.59	3.15
10	1.47	2.23	2.48	2.51	2.52	3.02
15	1.46	2.23	2.48	2.50	2.43	2.86
20	1.46	2.23	2.47	2.49	2.32	2.65
25	1.46	2.23	2.45	2.48	2.19	2.41
30	1.45	2.21	2.42	2.46	2.04	2.13
35	1.38	2.11	2.41	2.37	1.88	2.11
40	1.27	1.97	2.26	2.14	1.60	1.59
45	1.14	1.82	2.10	1.89	1.36	1.15
50	1.02	1.67	1.94	1.66	1.12	0.78
55	0.91	1.55	1.79	1.44	0.91	0.48
60	0.83	1.46	1.68	1.26	0.74	0.25
65	0.78	1.44	1.63	1.13	0.60	0.08
70	0.77	1.50	1.66	1.07	0.52	0.00
75	0.83	1.69	1.82	1.11	0.51	0.00
80	0.83	0.62	1.82	0.95	0.51	0.00
85	0.21	0.75	1.11	0.59	0.00	0.00
90	0.12	0.71	1.09	0.49	0.00	0.00
95	0.05	0.69	1.07	0.36	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

En el caso de mujeres para esta causa de muerte, se tiene que las ganancias en esperanza de vida tienen una tendencia a aumentar con el paso del tiempo. De esta manera el indicador se incrementó en poco más de 50% de 1980 a 1990, para después frenar este aumento y crecer solamente en un 11% de 1990 a 2000.

En cuanto a la estimación futura de esta causa de muerte se tiene un aumento del 5% aproximadamente de 2007 a 2015, y uno de mayor monto hacia el 2020 del 22.5%, lo cual es indicativo de un paulatino incremento de esta causa de muerte para las mujeres del país en los últimos años, y se estima que la tendencia continuará en los próximos diez años.

Finalmente, para el *resto de enfermedades* se calcularon también las ganancias en esperanza de vida, y los valores para hombres se pueden ver en la tabla (cuadro 19).

**Cuadro 19 - Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Resto de defunciones Hombres, México**

x	1980	1990	2000	2007	2015	2020
0	15.39	12.13	8.29	8.03	6.01	4.34
5	11.62	9.63	6.82	6.64	4.60	3.10
10	11.39	9.48	6.74	6.57	4.55	3.09
15	11.01	9.22	6.55	6.40	4.39	2.98
20	10.50	8.86	6.29	6.13	4.12	2.76
25	9.87	8.44	5.95	5.80	3.75	2.43
30	9.25	8.08	5.68	5.43	3.29	2.01
35	8.54	7.64	5.25	5.10	2.93	1.00
40	7.77	7.11	4.85	4.71	2.60	0.62
45	6.95	6.51	4.38	4.27	2.28	0.42
50	6.08	5.87	3.85	3.80	1.97	0.32
55	5.21	5.22	3.29	3.32	1.67	0.27
60	4.33	4.60	2.71	2.84	1.39	0.25
65	3.47	4.03	2.15	2.40	1.16	0.24
70	2.61	3.54	1.64	1.99	0.98	0.26
75	1.69	3.12	1.18	1.63	0.85	0.30
80	1.28	2.39	0.99	1.37	0.00	0.00
85	0.80	2.67	0.59	0.97	0.00	0.00
90	0.23	1.95	0.00	0.32	0.00	0.00
95	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

Entonces para hombres se tiene que las ganancias en esperanza de vida al nacimiento para este grupo de causas de muerte siguen una tendencia a disminuir con el paso del tiempo. Las reducciones en el nivel del indicador son del orden del 20% al 30% en la mayoría de los casos. Esto es indicativo de la disminución de la mortalidad por este gran grupo de causas, en el cual se encuentran inmersas la mayoría de las causas de muerte en el país. Cabe resaltar que en el futuro se estima que continúe la reducción de las ganancias, como se observa con los resultados, lo cual no excluye que existan repuntes en la mortalidad por ciertas causas. El cambio esperado en estos 40 años que se toman en esta investigación es una reducción de cerca del 70% en el indicador.

De forma análoga, se presentan los valores del indicador para mujeres si se eliminaran el *resto de las enfermedades* (cuadro 20).

**Cuadro 20 - Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Resto de defunciones Mujeres, México**

x	1980	1990	2000	2007	2015	2020
0	11.36	9.13	5.71	5.29	4.90	4.11
5	7.90	6.89	4.44	4.06	3.82	3.09
10	7.78	6.79	4.40	4.00	3.70	2.91
15	7.57	6.66	4.32	3.91	3.53	2.67
20	7.29	6.51	4.21	3.80	3.34	2.38
25	6.99	6.34	4.08	3.69	3.13	2.05
30	6.68	6.18	3.95	3.57	2.91	1.71
35	6.38	6.00	3.87	3.44	2.70	1.64
40	6.09	5.87	3.87	3.43	2.52	1.90
45	5.75	5.70	3.82	3.37	2.39	2.02
50	5.37	5.50	3.72	3.26	2.27	2.01
55	4.94	5.29	3.57	3.09	2.18	1.89
60	4.48	5.08	3.39	2.85	2.12	2.08
65	4.00	4.90	3.22	2.55	2.12	1.92
70	3.52	4.30	3.10	2.20	2.21	2.28
75	3.04	3.49	3.12	1.80	2.27	2.19
80	2.77	2.73	3.18	1.59	1.62	1.74
85	2.16	3.14	2.49	1.47	0.67	0.00
90	1.45	2.43	2.10	0.99	0.00	0.00
95	0.67	1.61	1.52	0.36	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

En el caso de mujeres se puede observar que al igual que en hombres las ganancias tienen una tendencia a disminuir a lo largo del periodo de estudio, lo cual es indicativo de que el impacto de la mortalidad por este amplio grupo de causas de muerte se ha reducido en los últimos años y se espera que lo continúe haciendo en el futuro próximo. Es interesante notar que el cambio total del indicador en los 40 años de este ejercicio es de casi un 64%. Es también de resaltar que el nivel de las ganancias es mayor para mujeres que para hombres, sin embargo, el monto de éstas tiende a acercarse con el paso del tiempo.

### 6.5. Conclusiones del Capítulo

En este capítulo se presentaron los principales resultados del ajuste final seleccionado sobre las causas de muerte elegidas en esta investigación. Se recuerda que la estimación final se realizó ajustando un polinomio de tercer grado en las primeras cuatro edades de la tabla de mortalidad; para las edades de la niñez, adolescencia y adultos jóvenes se utilizó el ajuste de los splines, tomando el primer nodo (ubicado en todos los casos en los 4 años) y el segundo nodo (el cual varía entre las causas y distintos años). Del mismo modo, en las edades posteriores al segundo nodo, y hasta los 80 años se tomó el ajuste realizado por la función Lazarus, después de

compararlo contra las funciones Gompertz y Gompertz-Makeham como se mostró en este capítulo. Para las edades mayores a los 80 años se calculó un polinomio de tercer grado. Con esta metodología combinada, se pretendía ocupar las diferentes ventajas que tienen los distintos ajustes analizados.

Los resultados de este ajuste se considera que fueron satisfactorios debido a que presentan ajustes similares o superiores en algunas causas de muerte, a técnicas que ocupan una gran cantidad de parámetros como el método de splines o el ajuste de corrección polinómico. Estos resultados convierten a esta combinación de métodos en un ajuste relativamente parsimonioso de la mortalidad general y de la mortalidad por causas.

Del mismo modo, se analizó la tendencia de los parámetros de la función seleccionada para observar su comportamiento y analizar si existe la necesidad de realizar alguna corrección sobre la función. Se concluyó que no existía la necesidad de realizar ajuste alguno a pesar de que en ciertas causas y secciones específicas de la curva, se tiene un comportamiento que se podría describir como errático. Además, con el conocimiento de este comportamiento se obtuvo un primer acercamiento del significado teórico de los parámetros.

Se profundizó también en el análisis de los parámetros por medio de una interpretación teórica mediante el efecto que tienen sobre la curva de mortalidad, en los años persona vividos y en la esperanza de vida al nacimiento. Esto se hizo al modificar en un porcentaje cada parámetro de la curva en cada causa de muerte, dejando los demás fijos y analizando el impacto que tienen sobre los indicadores de mortalidad. El resultado de este análisis fue interesante y en general se pudo describir de manera satisfactoria el efecto demográfico de los parámetros.

Finalmente, se presentaron los resultados principales obtenidos a partir de una simulación de la mortalidad futura en los años 2015 y 2020, para analizar las posibles ganancias en la esperanza de vida futura, si se llegara a eliminar alguna de las causas de muerte estudiadas a lo largo de esta investigación utilizando la estimación o ajuste de la función final. Como resultados más interesantes se tiene que los valores simulados futuros son similares a los oficiales proyectados por CONAPO; para *diabetes* existe una tendencia hacia el aumento del indicador; para *enfermedades cardiovasculares*, en ambos sexos, hay una cierta tendencia a disminuir las ganancias; en *tumores*, se tiene un incremento del indicador; para el *resto de defunciones* se continúa con la disminución de las ganancias en cuanto a los niveles de este indicador, lo que indica que cada vez es más difícil reducir la mortalidad por las causas incluidas en ese grupo.

## *Conclusiones Generales*

La mortalidad en México ha disminuido de manera constante desde los años 40, y la esperanza de vida ha continuado aumentando durante ese periodo. Sin embargo, esto se ha presentado a ritmos diferentes y se refleja en que a finales del siglo XX y principios del siglo XXI ha habido una disminución considerable del ritmo de ganancias en esperanza de vida de la población en general. Esto es, si bien continúan registrándose ganancias en este indicador, el ritmo al que actualmente se presentan éstas es menor al que se presentaba en los años cincuenta y sesenta; lo que se debe en gran parte a que en ese periodo del siglo pasado se controlaron con éxito las causas de muerte más susceptibles, como las *enfermedades infecciosas y parasitarias*.

Empero, debido al avance que ha tenido el país dentro del proceso de la transición epidemiológica, las enfermedades crónico-degenerativas (como enfermedades cardiovasculares, *diabetes*, tumores, etc.), y en últimas fechas en particular, las muertes provocadas por la acción del hombre (como accidentes y muertes violentas), tienen una mayor presencia relativa dentro del perfil epidemiológico del país. Esto es relevante ya que, al ser estas causas de muerte las más difíciles de controlar debido a que requieren de una mayor infraestructura médica y de salud pública, mayores avances técnicos, y una cultura de prevención, el ritmo de descenso en la esperanza de vida se ha vuelto paulatinamente más lento.

El enfoque principal de la investigación se basó en analizar la tendencia de las principales causas de muerte en México en los últimos 30 años; y a partir de éstas, resumir y ajustar estos patrones por medio de la estimación de una función propuesta, para cada una de las causas. Las causas de muerte elegidas para este análisis son los grupos de causas de muerte que tienen un mayor impacto en la mortalidad de la población en el país, los cuales son *enfermedades cardiovasculares, la diabetes y tumores*.

Para cumplir los objetivos planteados en la investigación, en primera instancia se estudiaron las pirámides de defunciones para las distintas causas de muerte para analizar su estructura por edad y sexo; y a partir de éstas tener un panorama inicial de las edades desde las cuales, las causas de muerte comienzan a afectar a la población de manera significativa; además, para realizar comparaciones por edad y sexo del nivel de la mortalidad a lo largo del tiempo que abarca este estudio. Del mismo modo, se continuó con la evaluación de los datos al calcular los

índices de Whipple y Myers aplicándolos a la información de la mortalidad, y se obtuvo que la calidad de la declaración de información ha mejorado con el paso del tiempo.

Asimismo, se calcularon las medidas de tendencia central con la finalidad de llevar a cabo un análisis descriptivo del comportamiento de las defunciones, tanto generales, como por las diferentes causas aquí analizadas; para ello se analizaron la media, la mediana, la moda y la varianza de las defunciones. Entre los principales resultados que se encontraron a partir de este análisis descriptivo se tiene que la edad media a la muerte presenta un incremento paulatino a lo largo del periodo de estudio, para todas las causas analizadas. De la misma forma, los resultados para la edad mediana indican que ha existido un incremento de esta medida en todas las causas de muerte analizadas. Puesto que las edades medias y medianas se han desplazado hacia edades más avanzadas, se puede mencionar que los resultados, hasta cierto punto, corroboran el aumento en esperanza de vida que se ha presentado en el país en los últimos años. En cuanto a la edad moda, se pudo constatar que no existió un patrón de comportamiento definido con el indicador a diferencia de las anteriores medidas de tendencia central.

La varianza de las defunciones es importante analizar por aparte, puesto que es un indicador de dispersión, lo que significa que un mayor valor de éste puede indicar que la mortalidad por una causa se extiende a un grupo mayor de edades, mientras que una disminución, puede ser indicativo de una concentración de defunciones por una causa en ciertas edades, lo cual provoca que las políticas de salud se tienen que enfocar en población con edades más homogéneas, lo cual facilita la aplicación de las mismas. Respecto a esto, se encontraron patrones distintos en las causas de muerte: para los *totales de defunciones* (general, hombres y mujeres), así como para el *resto de enfermedades* (en ambos sexos) se puede ver que la varianza disminuye paulatinamente; para *diabetes* y *tumores* se muestra el patrón contrario lo cual es indicativo de que estas causas de muerte están afectando cada vez a grupos de edad distintos; y para las *enfermedades cardiovasculares* se observó que no hay un patrón definido en cuanto a los valores de este indicador. Esto indica que para el *total* y el *resto de defunciones*, la mortalidad se está concentrando paulatinamente en ciertas edades, y en este caso en particular, en edades más avanzadas, mientras que para *diabetes* y *tumores* sucede lo contrario.

Posteriormente, se analizaron las tasas específicas de mortalidad y las probabilidades de fallecimiento para las distintas causas con la finalidad de realizar una descripción más completa de la tendencia de las causas analizadas en la investigación. Como resultado se obtuvo que para

todas las causas, excepto *diabetes*, las tasas de mortalidad han disminuido de forma paulatina a lo largo del periodo de estudio para edades menores a los 70 años, y han aumentado para los mayores de 80 años (aunque para *tumores*, el comportamiento en las primeras edades se puede considerar sin una tendencia definida). En cambio, para la *diabetes* las tasas de mortalidad han tendido a aumentar en estos últimos 30 años, especialmente para edades mayores a 35 años.

Estos resultados obtenidos a partir del análisis descriptivo amplio de los datos de defunciones por las causas seleccionadas proporcionan un panorama más completo del impacto de las causas de muerte, en la población. Otro de los principales objetivos de este análisis descriptivo fue estudiar la calidad de los datos de mortalidad en el periodo, y con base en ello tomar una decisión sobre aplicar o no una corrección a los datos; esto no se consideró necesario dados los resultados del análisis. Esto es, se concluyó que la calidad de las estadísticas ha mejorado con el paso del tiempo y por tanto no se consideró necesario realizar tal corrección.

Después, se procedió a calcular las tablas de mortalidad para obtener la serie de supervivientes para todas las causas, así como las respectivas tablas de vida con eliminación de causa. Esto se realizó para llevar a cabo el ajuste de las causas de muerte por medio de distintos métodos, y a partir de éstos se tomó la decisión sobre cuál es el mejor ajuste posible utilizando una combinación de ellos. Primero, se ajustaron funciones Gompertz, Gompertz-Makeham y Lazarus sobre los datos; segundo, se obtuvieron los parámetros óptimos de cada una de las funciones, para tener la mejor estimación posible de las funciones de supervivencia sobre los datos; tercero, se realizó una corrección lineal sobre el ajuste de las funciones de supervivencia anteriores, que tiene como motivación ser un primer acercamiento a la corrección de la estimación matemática de la mortalidad; cuarto, se realizó una corrección polinómica para obtener ajustes más adecuados que respetaran la concavidad de la curva de mortalidad para las primeras edades y las edades mayores; quinto, se ajustaron *splines* cúbicos sobre los datos.

Este procedimiento de ajuste y análisis de diferentes y variadas técnicas, probando hasta cierto punto sus alcances y limitaciones, se considera que es una de las principales ventajas que se derivan de esta investigación. Esto permitió a su vez que el ajuste fuera relativamente sencillo en cuanto a su cálculo, comprensión y su aplicación de manera adecuada a las causas de muerte y la mortalidad general. El procedimiento ajusta todo el rango de edad, analizando la evolución de los parámetros en el tiempo y de las causas de muerte lo que puede servir de base para proyecciones de la mortalidad por éstas u otras causas ocupando técnicas más avanzadas.

El principal resultado de estos múltiples ajustes, es que se obtuvo una elección fundamentada del mejor método para realizar el ajuste *final* de los datos de mortalidad, el cual incluye la unión de un polinomio de tercer grado en las primeras edades de la curva de supervivencia; se utilizó un spline ajustando las edades de la niñez, adolescencia y adultos jóvenes, hasta un nodo ubicado entre los 27 y los 35 años (dependiendo del año y la causa de muerte). Posteriormente, se ocupó una función de supervivencia Lazarus en las edades adultas hasta la edad 80, debido al buen ajuste que presenta en esas edades; finalmente se seleccionó un polinomio de tercer grado para estimar la mortalidad en las últimas edades de la tabla de vida.

Entre los principales alcances que se tienen del uso de la función propuesta para ajustar la mortalidad es que ésta presenta una buena bondad de ajuste y por tanto una buena descripción de la mortalidad por causas. Estos resultados convierten a esta combinación de métodos en un ajuste relativamente parsimonioso de la mortalidad general y de la mortalidad por causas (lo que significa obtener el mejor ajuste posible, es decir, el que mejor represente el comportamiento del fenómeno demográfico utilizando el menor número de parámetros posibles, la cual es la noción estadística conocida como parsimonia). Esto es importante, puesto que existe un intercambio entre la bondad de ajuste y el número de parámetros ocupados en la estimación, debido a que si el número de parámetros utilizado se incrementa, entonces el ajuste de los datos mejora también; pero, a medida que se incrementa el número de parámetros, la estabilidad estadística se va perdiendo (Congdon, 1993).

La función presenta un buen ajuste ocupando 17 parámetros para describir la curva de mortalidad general y por las principales causas de muerte. En este sentido se tienen otros intentos en la literatura para describir matemáticamente el comportamiento de la mortalidad, en una sola función. Entre los principales, se expuso previamente la función que propuso Gompertz (con sus variaciones posteriores de Gompertz-Makeham y Lazarus) cuya hipótesis quedó planteada como *la resistencia que tiene el hombre para evitar la muerte disminuye a una tasa proporcional a ella misma, en el tiempo* (Mina, 2001) y que ocupa solamente 3 parámetros. Por otro lado, Helligman y Pollard (1981) proponen una función de 8 parámetros que reproduce de manera adecuada tres características de la mortalidad: el descenso de mortalidad en la niñez y los primeros años de vida por la adaptación del infante a su nuevo ambiente; el envejecimiento; y la mortalidad por accidentes en las edades adultas jóvenes. Ambas propuestas, si bien ocupan menos parámetros que la función aquí mostrada, solamente ajustan la mortalidad general, no las

causas de muerte por lo que se considera que el análisis aquí realizado es novedoso y relevante en el acervo de conocimiento del ajuste matemático de los fenómenos demográficos.

El resultado de esta estimación *final* es en general satisfactorio, puesto que presenta una buena bondad de ajuste que es similar o superior, en algunas causas de muerte, a técnicas que ocupan una gran cantidad de parámetros como el método de splines o el ajuste de corrección polinómico utilizados también en esta investigación. Otro punto a favor de la estimación propuesta es que se trabajó con causas de muerte crónico-degenerativas, lo que implica que en general presentan un comportamiento similar, en cuanto a una mortalidad relativamente baja en las primeras edades, para después irse incrementando con el paso de los años. Esto es relevante puesto que el comportamiento de estas causas de muerte es similar al observado en la mortalidad general, por ello el uso de una misma función resulta sensato para conseguir obtener un ajuste adecuado para las distintas causas de muerte, así como para el *total de defunciones*.

Con la finalidad de analizar más a detalle esta función propuesta, se estudió además la tendencia de los parámetros en todo el periodo de estudio, para cada causa de muerte; esto también se realizó para obtener un primer acercamiento al significado teórico de los parámetros y al mismo tiempo analizar si existe la necesidad de realizar alguna corrección sobre la función. Se concluyó que los parámetros del primer segmento, en general siguen un comportamiento estable y similar entre las causas; esto se presentó también en la última sección de la curva. En cambio, para los demás parámetros existen tendencias diversas y en algunos casos erráticas, pero se cree que no existió la necesidad de realizar una corrección sobre la función propuesta.

Una vez realizado esto, se procedió a interpretar los parámetros desde una perspectiva demográfica analizando el efecto que tienen en la curva de mortalidad, en los años persona-vividos y en la esperanza de vida, si se modifica el valor de uno de ellos y se deja fijo el de los demás. En la primera sección de la curva, los parámetros tienen relativamente el mismo comportamiento para todas las causas de muerte; se caracterizan por tener poco efecto en la curva de mortalidad, el cuál además, disminuye con el paso del tiempo, lo cual es consistente con la disminución paulatina de la mortalidad infantil en el país en este periodo analizado.

En el segmento ajustado por el polinomio del *spline*, al igual que con los parámetros previos, cada uno tiene relativamente el mismo impacto para todas las causas de muerte. Los parámetros de esta parte de la curva, se caracterizan por tener relativamente poco impacto en la mortalidad en la niñez y la adolescencia. Asimismo, se pudo observar que tienen en general un

mayor efecto en la mortalidad en las edades adultas jóvenes, que en las edades menores de este rango; también se caracterizan por que su impacto en la mortalidad se ha incrementado con el paso de los años en la mayoría de las causas, y en ambos sexos.

En las edades adultas, los parámetros de la función Lazarus tienen comportamientos diversos que varían de parámetro en parámetro, y en algunas causas, el efecto del parámetro estudiado depende del valor de otro. El efecto del primer parámetro de esta sección, el  $d$ , varía entre las causas de muerte y aún dentro de las mismas causas de muerte, ya que su impacto en la mortalidad está ligado al valor de otros parámetros de la función (el  $b$  y el  $k$ ), pero en general afecta la pendiente y la forma de la curva en esa sección.

El parámetro  $b$ , es sensible a cambios y su característica principal es que para todas las causas de muerte (excepto para el total de defunciones) una disminución de su valor, tiene como efecto incrementar la curva de mortalidad, o lo que es equivalente, disminuye la mortalidad en ese rango de edades. Este efecto es diferente en monto entre las distintas causas. Para el parámetro  $f$  se encontró que cuando se incrementa su valor, sube la curva y por tanto disminuye la mortalidad, y tiene la particularidad que con modificaciones ligeras a su valor, tiende a crecer de forma exponencial. Esto significa que es el parámetro más sensible a cambios en la función propuesta. Asimismo, el efecto que tiene sobre la mortalidad en las edades adultas, reflejado en los cambios en la esperanza de vida, disminuye con el paso del tiempo

El efecto asociado al parámetro  $a$  provoca que cuando se incrementa su valor, baja la curva de mortalidad, teniendo como consecuencia un aumento en la mortalidad adulta. Esto sucede para todas las causas de muerte de la investigación (pero no para el *total de defunciones*, en el cual tiene un efecto contrario en ambos sexos). En este sentido, tiene un comportamiento similar al parámetro anterior (parámetro  $f$ ), sin embargo, tiene un menor efecto en la mortalidad adulta. Del parámetro  $k$  se tiene un comportamiento similar al parámetro anterior ya que la dirección del impacto que tiene sobre la curva de mortalidad es análoga al parámetro  $a$ .

De la misma forma, en las edades mayores se ajustó un polinomio de tercer grado, y se pudo observar que los parámetros tienen un comportamiento similar para todas las causas de muerte y tienen un mayor impacto en la mortalidad femenina que en la masculina, lo que se puede relacionar con la mayor mortalidad de mujeres a estas edades (debido principalmente a que los hombres en promedio mueren antes de llegar a este rango de edades). Además el impacto sobre la mortalidad en estas edades tiene grandes variaciones de un año a otro, lo que se puede

ligar con una menor calidad de los registros de muerte en estas edades. En cuanto al efecto demográfico de los parámetros, cuando se disminuye el valor de los parámetros, la función disminuye, lo que implica un aumento de la mortalidad en esas edades. ///

Después de este análisis, se observa el ajuste propuesto presenta un significado demográfico fundamentado ya que toma en cuenta las propiedades intrínsecas de las curvas de mortalidad como son: el cambio de concavidad en la curva en las primeras edades de la tabla de vida al utilizar un polinomio de tercer grado que ajuste perfectamente las primeras cuatro edades de la tabla de vida, especialmente en los países en vías de desarrollo como México, donde la mortalidad infantil y de la niñez es todavía alta, si se compara con otros países del mundo; el crecimiento exponencial de las tasas de mortalidad en edades adultas, lo cual se cumple a partir del uso de la función de supervivencia Lazarus que ajusta ese gran grupo de edad; y la desaceleración de la mortalidad que se presenta en las edades extremas de la tabla de vida, también a través del uso de un polinomio de tercer grado para respetar este cambio de concavidad en la curva de mortalidad. Esto es de suma importancia puesto que los parámetros tienen una interpretación demográfica relativamente clara, lo cual permite que sea posible replicar este *ejercicio* en otros contextos y para otras causas de muerte.

Del mismo modo, se cree que es importante relacionar los parámetros con las funciones utilizadas para proporcionar una idea más clara del significado demográfico de los mismos. Respecto a esto, en la primera sección de la curva donde se ajustaron perfectamente las primeras edades de la tabla de vida, los parámetros del polinomio de tercer grado tienen una relación específica con la forma y nivel de la curva. Así por ejemplo, los primeros 3 parámetros del polinomio ( $a_1$ ,  $b_1$  y  $c_1$ ) los tres le dan la forma y la pendiente a la función, aunque lógicamente con un monto distinto; y el parámetro  $d_1$  es el parámetro de localización lo que significa que no modifica la pendiente de la función, solo la traslada, y del mismo modo indica el punto por el cual la función inicia en la edad 0. Una situación análoga sucede con la última sección de la curva en la cual se ajusta otro polinomio de tercer grado para las edades mayores de la tabla de mortalidad, y la relación de los parámetros es similar a la descrita para la primera sección.

En la segunda sección si bien la función utilizada es también un polinomio de tercer grado (por el *spline* cúbico) para ajustar esta parte de la curva, el comportamiento no es análogo a los otros polinomios puesto que los parámetros del *spline* tienen otra propiedad que cumplir,

que es que la función tenga una unión suave entre las distintas secciones del spline o en este caso en particular con la función de supervivencia Lazarus y el primer polinomio de la función.

Finalmente, se realizó una simulación de la mortalidad futura en los años 2015 y 2010, para analizar las posibles ganancias en esperanza de vida futuras, si se llegara a eliminar alguna de las causas de muerte utilizando el ajuste de la función final. Las ganancias en esperanza de vida de la población después de eliminar ciertas causas de muerte se calcularon por medio del método de Cerisola (1968). El principal objetivo de estimar este indicador en un escenario futuro es intentar proveer un panorama que pueda ayudar a identificar, hasta cierto punto, la magnitud futura de la mortalidad por causas en la población del país, así como dar cuenta de las principales transformaciones que el perfil de estas causas de muerte puede sufrir en los siguientes años. Aunado a esto, con esta estimación de la mortalidad futura, se pueden ver ciertos alcances y limitaciones que tiene la aplicación del modelo propuesto en esta investigación.

Entre los resultados más importantes de esta simulación para los años 2015 y 2020, se tiene que: para *diabetes* existe una tendencia hacia el aumento de las ganancias en esperanza de vida en ambos sexos lo que se relaciona con cierto incremento en la mortalidad por esta causa; para *enfermedades cardiovasculares*, en ambos sexos, hay una cierta tendencia a disminuir las ganancias, y que a diferencia de la causa de muerte anterior, habla de una ligera disminución del impacto futuro de la mortalidad por esta causa; en *tumores*, se tiene un ligero incremento del indicador; y para el *resto de defunciones* se continúa con la disminución de las ganancias en cuanto a los niveles de este indicador, lo que indica que cada vez es más difícil reducir la mortalidad por las causas incluidas en ese grupo.

Por otro lado, del ajuste propuesto tiene ciertas limitaciones. La primera está relacionada con la calidad de los datos de mortalidad provenientes de estadísticas vitales, especialmente en las edades mayores. Estos datos tienen ciertas deficiencias, como problemas de cobertura, sobre todo en lo que respecta a estadísticas de defunciones y, particularmente en las zonas rurales y para defunciones infantiles; el subregistro de defunciones infantiles y maternas ha conservado niveles importantes, aunque con una cierta tendencia a disminuir (Camposortega, 1992); otro problema se relaciona con la persistencia de un número importante de muertes por causas mal definidas o por causas inespecíficas (como por ejemplo insuficiencia cardíaca), o por edad no especificada. Esto es relevante, puesto que una baja calidad de estadísticas vitales provoca que las estimaciones realizadas no sean del todo certeras y tengan una mayor variabilidad en cuanto a

los resultados de las mismas. A pesar de estos problemas se considera que, en fechas recientes, ha habido un aumento en la confiabilidad de los datos provenientes de estos registros administrativos (Cárdenas, 2001). Esto es relevante en esta investigación por las causas de muerte que se seleccionaron que afectan en mayor medida a la población adulta y adulta mayor, donde la información tiende a ser menos certera que en otros grupos de edad. Por ello se realizó un análisis de las medidas de tendencia central, de la estructura por edad por medio de las pirámides de defunciones, de la declaración por edad de las defunciones y del cálculo y descripción de las tasas específicas de mortalidad; y como resultado de ello y se puede concluir que la calidad de las estadísticas han mejorado con el paso del tiempo. Esta mejor calidad de información en todo el rango de edades se puede distinguir en el comportamiento de los parámetros de la función puesto que a medida que pasan los años, los parámetros presentan una menor variabilidad en su comportamiento, especialmente en las secciones extremas (donde se ajustaron polinomios de tercer grado).

Otra de las principales desventajas que se tienen en esta investigación resalta el que la función propuesta no es una sola función a lo largo de todo el rango de edad, sino la combinación o unión de varias funciones en varios segmentos de la curva de mortalidad. Esto provoca que se tengan en primera instancia una mayor cantidad de parámetros que si solamente se ocupara una sola función para describir el fenómeno en todas las edades (como ejemplo la función de Helligman y Pollard de 1980). Otra desventaja de realizar el ajuste por segmentos es que los parámetros de una sección no tienen un efecto directo en la curva en otra sección diferente a la cual pertenecen; esto limita hasta cierto punto su interpretación demográfica (aunque por otro lado, al acotarla, se clarifica y vuelve específica al segmento al que pertenece).

Otra de las limitaciones que se presentan en este modelo es la complejidad de ajustar la tendencia de los parámetros, debido a que en algunos casos presentan un comportamiento que se podría catalogar como errático (especialmente en las edades ajustadas por el spline y por la función Lazarus). Esto provoca que extrapolar el valor de los parámetros de esas secciones de la curva de mortalidad se vuelva complicado y en ciertos casos no sea tan satisfactorio. Por ello, los resultados de este ejercicio de simulación se deben tomar como una primera aproximación y aplicación del modelo en el cual no se profundizó porque escapa de los objetivos del estudio.

Una desventaja más que se presenta es que el método propuesto obliga a realizar los ajustes de manera artesanal, lo que significa que para cada causa de muerte, cada año de estudio

y por sexo, el ajuste se tiene que realizar por cada sección de la curva de mortalidad y obtener los parámetros uno por uno lo cual provoca que el procedimiento no sea del todo eficiente. A pesar de ello, con las computadoras actuales este método se puede llegar a programar de manera que el procedimiento sea más eficiente.

Asimismo, la función tiene ciertos parámetros sensibles, que al modificar su valor tienen un gran impacto en la curva de mortalidad que hacen la curva cero o exponencial y por ello se tienen que simular su comportamiento de manera asintótica, a pesar de que ese no sea el comportamiento esperado del parámetro. Esto es una complicación del estudio, puesto que con el método de extrapolación de los parámetros (ocupada en la simulación de la mortalidad futura) se tuvo que realizar una estimación hasta cierto punto imputada del valor futuro de los parámetros, lo cual complejiza la aplicación del modelo en otros contextos y en otras causas de muerte.

A pesar de los alcances y limitaciones de la investigación se considera que este estudio puede ser de ayuda a futuras investigaciones que se realicen en la búsqueda de una sola función que ajuste la mortalidad por causas en todo el rango de edad, así como a aquellas que lo hagan por medio de la combinación de varias técnicas. Como se ha visto, este tipo de investigaciones han estado presentes desde hace muchos años, con diferentes aportes al tema y con un mayor enfoque en la mortalidad general, no tanto en la mortalidad por causas. Los principales aportes al ajuste de la mortalidad se comentaron previamente, pero han existido este tipo de investigaciones en otros fenómenos demográficos. En este aspecto, destaca, la investigación de Rogers y Castro (1981) quienes realizaron un análisis de patrones migratorios para desarrollar una familia de patrones migratorios hipotéticos (para usarse donde los datos de migración sean de mala calidad o inexistentes), y con base en estos patrones modelo, propusieron una función matemática que describe el comportamiento del fenómeno migratorio en todas las edades.

Este tipo de investigaciones son importantes ya que permiten realizar la manipulación matemática de los fenómenos demográficos, lo que puede posibilitar proyecciones de éstos. Esto es, encontrar las leyes que rigen los fenómenos demográficos para describirlos matemáticamente, permite plantear de forma fundamentada escenarios futuros que sean posibles, probables o deseables si ocurriesen una serie de condiciones específicas. Los modelos son útiles también para desarrollar investigaciones sobre efectos posibles de niveles específicos y cambios en los determinantes demográficos, y el impacto que tendrán estos sobre la política, el crecimiento y la estructura de la población (Halli y Rao, 1992).

Uno de los siguientes pasos que se podrían tomar a partir de los resultados entregados por esta investigación sería realizar un ajuste, utilizando el modelo propuesto, con otras causas de muerte, como causas infecciosas o causas externas, con la motivación de analizar más a profundidad su flexibilidad y precisión. Como ese tipo de causas tienen un comportamiento distinto a las ocupadas en este estudio, es decir, tienen un mayor o menor impacto en otras edades, esto puede ayudar a reforzar el conocimiento sobre los alcances y limitaciones de este método de ajuste de la mortalidad.

Otro camino es realizar un ajuste de las mismas causas de muerte utilizando el modelo en otros contextos, como pudiera ser a nivel nacional en otros países, o en México a nivel regional o estatal. Esto sería interesante puesto que estas causas de muerte no son necesariamente las principales a lo largo de todas las entidades federativas del país o en las distintas regiones en las cuales se agrupan. Aún más, asumiendo que el método de ajuste resulte exitoso con otras causas de muerte (se esperaría que así fuera por la flexibilidad intrínseca del uso de polinomios para el ajuste de curvas), se podría aplicar el ajuste también a nivel estatal o regional con esas, lo que ayudaría todavía más a estudiar los alcances y limitantes de esta estimación de la mortalidad.

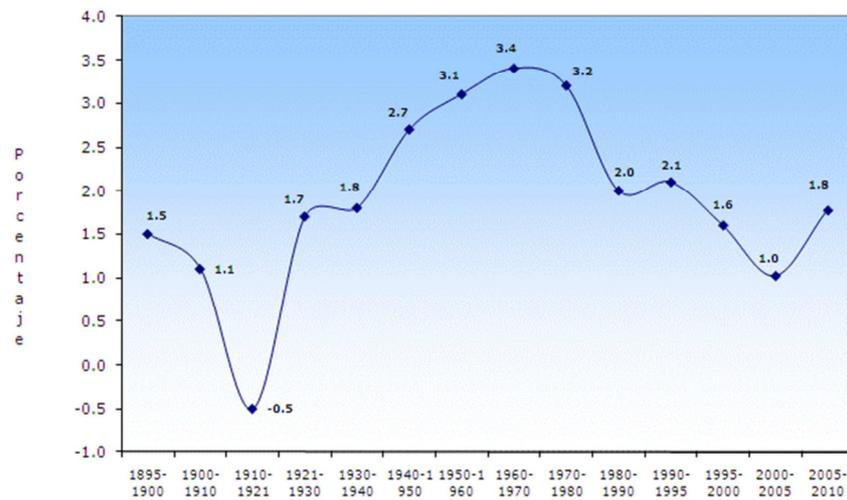
Un camino adicional a seguir, sería utilizar este ajuste de las causas de muerte como base para proyecciones de la mortalidad por causas ocupando técnicas avanzadas, dado que aquí se realizó una aplicación sencilla por medio de la extrapolación de la tendencia de los parámetros. Del mismo modo, un camino futuro se puede centrar en llevar a cabo una conciliación de los datos de mortalidad por causas estimados por medio del método propuesto, con la finalidad de estudiar más a fondo la precisión del ajuste. Esto se puede ver ya que si los datos ajustados por medio de la función coinciden, en un margen relativamente cercano a los datos observados, después de realizar una estimación prospectiva de un año ya observado utilizando datos previos (digamos datos de 1980 a 2000), se puede concluir que la función y el ajuste que da es preciso y adecuado para su uso en proyecciones de mortalidad.

Es necesario continuar con la búsqueda de una sola función parsimoniosa que ajuste todo el rango de edad, y que cumpla con ser flexible, para estimar de manera adecuada la mortalidad por distintas causas. Esto entraña un desafío de gran magnitud, puesto que la función debe estimar de manera correcta distintos cambios de concavidad presentados a lo largo de la curva de mortalidad general y de las distintas causas a las cuales se aplique dicha función. Asimismo, debe poder aplicarse en diferentes contextos, periodos y niveles de agregación.



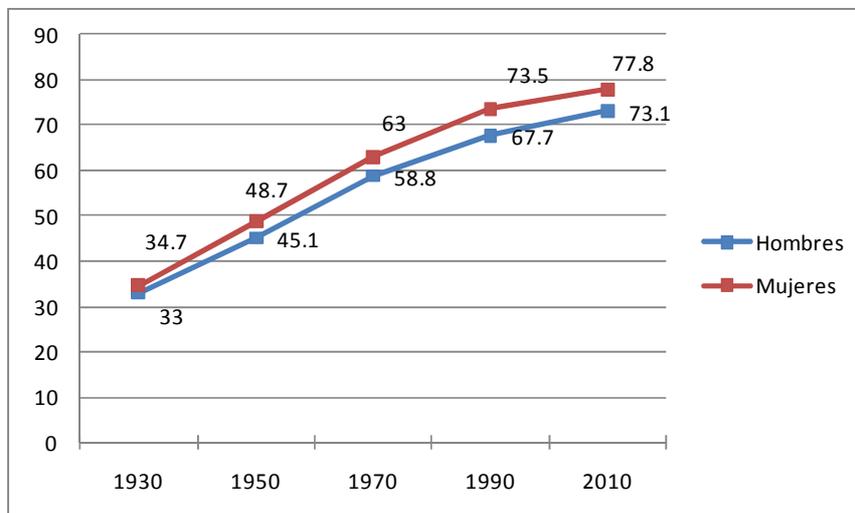
## Anexo I - Tasa de crecimiento y esperanza de vida nacional.

### Evolución de la tasa de crecimiento media anual México 1895 a 2010



Fuente: INEGI. Censos de Población y Vivienda, 1895 a 2010; INEGI. Conteos de Población y Vivienda, 1995 y 2005.

### Evolución de la esperanza de vida al nacimiento por sexo, México 1930 a 2010



FUENTE: INEGI. Indicadores Sociodemográficos de México (1930-2000); INEGI. Esperanza de vida por entidad federativa según sexo, 2005 a 2009.

**Anexo II –Índices de Whipple, Myers total y Myers para el análisis exploratorio de la preferencia por dígito.**

**Índice de Whipple para defunciones, México 1979 a 2008**

	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
1979	149.43	147.61	126.88	134.23	118.77	153.92	152.46	131.15	144.06	127.70	165.80
1980	154.38	151.97	117.68	138.25	126.30	158.62	158.36	136.34	151.66	134.61	170.86
1981	145.04	143.79	109.30	134.32	119.41	149.65	146.51	126.94	144.84	124.07	156.99
1982	135.90	135.62	105.99	124.71	110.64	141.70	136.14	117.05	130.56	115.71	148.29
1983	135.59	135.06	118.80	125.06	117.26	139.93	136.16	118.56	134.82	117.86	146.28
1984	129.04	129.08	108.52	118.20	107.04	135.05	128.94	112.35	127.39	111.59	139.16
1985	140.53	139.82	123.44	129.33	118.59	145.49	141.53	126.25	141.54	125.75	150.91
1986	133.68	133.30	111.02	123.02	110.60	139.80	134.24	118.36	130.59	122.11	144.72
1987	126.62	125.75	103.93	118.58	107.52	131.21	127.99	116.00	128.86	111.29	138.25
1988	125.26	125.24	114.57	118.08	107.49	130.02	125.19	114.17	128.73	112.60	132.59
1989	121.26	121.22	105.47	116.97	110.68	125.05	121.27	111.28	123.10	112.63	127.37
1990	125.07	124.43	105.83	117.43	111.72	129.47	126.14	122.75	126.07	112.08	134.04
1991	121.38	121.36	103.55	114.27	106.94	126.69	121.41	114.87	119.43	114.19	127.80
1992	113.40	114.98	102.33	109.61	103.16	119.02	110.59	107.36	111.06	101.89	115.94
1993	112.71	114.60	102.15	110.26	102.30	118.56	109.42	107.24	110.65	104.43	112.15
1994	109.88	111.07	99.14	104.85	104.55	114.72	107.80	105.89	107.73	103.50	110.82
1995	115.76	116.08	108.76	113.42	101.50	119.75	115.19	109.80	114.50	111.32	119.53
1996	114.40	114.89	106.19	111.51	105.94	118.17	113.53	113.47	116.38	108.29	115.19
1997	105.95	108.38	103.61	102.03	101.04	111.79	101.84	101.14	103.53	98.28	103.31
1998	107.16	109.29	99.57	105.85	102.43	112.64	103.58	103.60	103.57	101.67	104.73
1999	106.86	108.42	104.35	105.91	102.97	110.60	104.28	102.40	102.10	100.42	108.70
2000	108.88	110.10	103.78	106.24	103.13	113.32	106.86	105.56	105.75	102.55	110.86
2001	109.49	109.50	104.58	103.56	103.33	113.01	109.43	109.63	110.54	105.29	111.48
2002	102.42	104.07	97.64	100.88	100.58	106.89	99.75	98.39	101.46	97.78	100.94
2003	103.06	104.20	96.19	101.04	99.01	107.67	101.17	97.91	99.06	101.45	103.79
2004	101.70	103.45	97.01	100.42	99.17	106.51	98.80	97.79	97.52	99.69	99.39
2005	105.30	106.79	101.90	104.23	103.11	109.32	102.87	102.35	102.53	102.75	103.41
2006	104.83	105.91	101.88	104.21	101.72	108.11	103.05	101.74	106.37	100.01	104.32
2007	101.37	102.96	96.83	101.27	100.30	105.39	98.75	98.49	96.95	97.61	100.47
2008	102.81	104.60	101.70	103.35	102.35	106.06	99.76	97.70	98.23	99.65	101.72

## Índice de Myers para defunciones, México 1979 a 2008

	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
1979	23.82	21.90	12.36	18.97	14.07	24.54	26.41	18.75	23.14	17.26	31.53
1980	27.34	25.24	13.59	22.59	16.44	27.64	30.17	19.70	29.46	20.39	34.32
1981	21.28	19.42	8.06	16.14	11.39	22.05	23.73	14.12	22.03	15.32	28.20
1982	22.16	21.04	11.74	18.98	12.98	23.14	23.72	16.46	21.95	16.09	27.84
1983	21.93	20.42	14.09	18.77	14.82	22.08	23.93	17.47	24.64	18.87	25.99
1984	16.49	15.43	11.90	15.16	11.09	16.98	18.10	14.24	18.08	13.16	21.25
1985	19.98	18.53	12.94	18.93	12.68	20.53	22.47	16.06	24.44	15.98	25.99
1986	19.81	17.98	10.56	17.71	13.50	19.61	22.33	14.24	23.32	15.23	25.88
1987	14.29	12.76	8.54	13.33	9.22	14.07	16.66	12.70	17.10	10.53	19.65
1988	15.27	14.05	9.35	13.70	8.86	15.82	16.89	12.21	18.04	11.12	20.11
1989	12.71	11.68	5.65	11.41	7.98	13.08	14.06	11.58	15.10	9.32	16.41
1990	13.76	12.81	6.62	12.98	8.19	14.56	15.11	11.22	16.11	9.23	18.16
1991	11.36	10.26	5.59	9.37	6.08	12.13	12.83	10.07	12.88	8.61	15.41
1992	10.54	10.29	6.41	9.44	6.24	11.83	10.86	8.26	10.83	6.63	13.32
1993	12.14	11.42	7.18	11.75	9.28	12.15	13.09	11.40	13.56	9.76	14.48
1994	8.61	7.81	6.16	8.59	7.03	8.52	9.67	8.00	10.62	6.93	11.15
1995	10.70	9.81	8.06	10.77	7.26	10.27	12.14	9.64	13.55	8.58	13.26
1996	8.82	7.70	7.98	7.99	6.00	8.78	10.28	7.95	11.91	6.36	11.37
1997	6.23	5.66	5.79	6.10	5.40	6.26	6.95	6.58	8.02	3.94	8.15
1998	6.93	6.51	5.95	7.07	4.73	7.35	7.51	6.57	8.89	5.53	8.63
1999	5.79	5.47	4.87	5.69	4.34	6.23	6.51	5.14	7.45	4.41	8.02
2000	5.59	5.18	3.92	5.41	3.96	6.34	6.39	5.87	6.93	3.58	7.97
2001	5.28	4.52	2.98	4.06	2.97	5.66	6.23	5.42	7.65	4.04	6.59
2002	3.12	2.74	3.38	3.95	2.64	4.10	3.84	4.03	4.80	3.55	3.68
2003	5.13	4.80	4.63	5.35	4.44	5.31	5.61	5.28	6.41	3.61	6.38
2004	4.06	3.59	3.95	4.63	1.38	3.81	5.02	4.96	5.79	3.87	5.04
2005	4.53	4.24	3.29	4.55	3.35	4.67	5.12	4.85	6.28	3.27	5.62
2006	3.81	3.29	2.51	4.19	3.18	3.71	4.48	4.17	5.19	3.05	5.07
2007	3.11	2.31	3.09	3.84	2.45	2.41	4.14	3.53	5.05	2.90	4.56
2008	3.47	2.77	2.46	3.89	2.58	2.93	4.51	3.95	5.07	3.81	4.66

## Índice de Myers, preferencia por dígito para defunciones, México 1979 a 2008

Año	Dígito	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
1979	0	5.24	4.68	0.94	3.41	1.88	5.54	6.00	2.44	5.07	3.13	7.59
	1	-4.09	-3.90	-2.15	-3.51	-3.28	-4.17	-4.33	-2.92	-4.24	-3.80	-4.67
	2	-0.67	-0.49	-0.80	-1.00	-0.80	-0.29	-0.91	-0.86	-0.76	-0.19	-1.16
	3	-2.08	-1.99	-0.98	-1.76	-1.36	-2.18	-2.21	-1.01	-2.06	-1.44	-2.62
	4	-1.36	-1.32	0.16	-0.96	-0.08	-1.63	-1.42	-1.37	-0.99	-0.36	-1.90
	5	4.64	4.15	2.70	3.49	1.96	4.65	5.30	3.02	4.60	3.31	6.42
	6	-1.16	-1.07	-0.59	-0.54	-0.12	-1.34	-1.28	-1.04	-0.97	-0.62	-1.62
	7	-2.15	-1.89	-1.66	-1.72	-1.40	-2.00	-2.50	-2.17	-2.36	-2.21	-2.68
	8	2.04	2.12	2.26	2.19	2.34	2.07	1.90	3.12	1.91	1.91	1.75
	9	-0.41	-0.30	0.12	0.39	0.86	-0.65	-0.56	0.79	-0.20	0.28	-1.11
1980	0	7.89	7.16	3.64	7.22	5.23	7.53	8.90	6.25	8.71	5.65	10.09
	1	-4.34	-4.08	-3.23	-3.94	-3.25	-4.26	-4.68	-3.68	-4.72	-4.00	-4.95
	2	-0.39	-0.22	0.62	-0.10	-0.22	-0.29	-0.62	0.14	-0.76	0.28	-0.86
	3	-2.15	-1.95	-1.28	-2.14	-1.40	-1.99	-2.42	-2.00	-2.40	-1.47	-2.71
	4	-1.93	-1.84	-0.72	-1.61	-0.97	-2.06	-2.04	-0.92	-1.76	-1.38	-2.40
	5	4.84	4.35	1.74	3.26	2.14	5.04	5.49	2.78	5.46	3.60	6.38
	6	-1.09	-1.09	-0.92	-0.74	-0.19	-1.29	-1.08	-0.25	-0.96	-0.50	-1.39
	7	-2.00	-1.79	-0.64	-1.54	-1.06	-2.00	-2.27	-1.57	-2.39	-1.83	-2.41
	8	0.94	1.11	0.65	0.81	0.85	1.25	0.69	0.68	0.56	0.65	0.77
	9	-1.78	-1.65	0.14	-1.21	-1.15	-1.92	-1.97	-1.43	-1.75	-1.01	-2.37
1981	0	6.03	5.53	3.14	5.18	3.41	6.00	6.70	4.16	6.14	4.01	8.03
	1	-1.22	-1.25	-0.33	-0.27	0.36	-1.75	-1.16	-0.11	-0.82	-0.32	-1.70
	2	-0.65	-0.37	-0.06	-0.62	-0.20	-0.33	-1.05	-0.72	-1.30	-0.14	-1.18
	3	-1.93	-1.83	-1.33	-1.92	-1.18	-1.91	-2.04	-1.01	-2.14	-1.22	-2.33
	4	-2.06	-1.92	-1.31	-1.79	-1.52	-2.04	-2.24	-1.47	-1.98	-1.77	-2.61
	5	3.90	3.36	0.36	2.65	1.38	3.96	4.61	2.26	4.60	2.26	5.53
	6	-0.53	-0.57	0.44	0.04	-0.50	-0.81	-0.47	-0.10	-0.29	0.30	-0.81
	7	-1.84	-1.61	-0.02	-1.59	-0.79	-1.80	-2.16	-1.62	-1.92	-2.06	-2.38
	8	0.71	0.81	0.09	0.19	0.55	1.06	0.55	0.63	0.28	1.08	0.54
	9	-2.40	-2.16	-0.97	-1.87	-1.51	-2.39	-2.75	-2.04	-2.56	-2.15	-3.09
1982	0	4.38	3.97	0.55	3.50	1.65	4.60	4.95	2.45	4.40	2.44	6.31
	1	-2.48	-2.42	-1.38	-2.10	-1.01	-2.74	-2.56	-1.16	-1.97	-2.21	-3.19
	2	2.90	2.85	3.91	3.43	3.54	2.54	3.00	4.18	3.31	3.39	2.54
	3	-2.29	-2.16	-0.90	-2.23	-1.89	-2.25	-2.48	-1.68	-2.41	-1.87	-2.82
	4	-1.65	-1.51	-0.32	-1.39	-0.80	-1.71	-1.83	-1.14	-1.75	-1.04	-2.20
	5	3.00	2.67	0.26	2.06	0.46	3.25	3.44	0.94	2.83	2.07	4.53
	6	-0.88	-0.99	-0.84	-0.81	-0.60	-1.10	-0.72	-0.57	-0.45	-0.19	-1.03
	7	-1.45	-1.29	-1.01	-1.01	-0.67	-1.46	-1.68	-1.54	-1.71	-1.29	-1.79
	8	0.80	1.03	1.15	0.50	0.84	1.19	0.47	0.66	0.44	0.14	0.55
	9	-2.33	-2.14	-1.42	-1.94	-1.53	-2.31	-2.58	-2.15	-2.69	-1.45	-2.90
1983	0	4.09	3.61	0.44	2.99	1.88	4.24	4.72	2.45	4.51	2.22	5.89
	1	-3.53	-3.33	-2.45	-3.00	-2.83	-3.56	-3.78	-2.86	-3.98	-3.30	-3.95
	2	1.31	1.43	2.28	1.62	1.74	1.27	1.14	1.58	1.53	1.72	0.71
	3	1.42	1.35	2.26	1.93	2.22	1.00	1.52	2.31	1.94	2.39	0.92
	4	-2.19	-2.02	-1.67	-2.02	-1.27	-2.14	-2.40	-1.85	-2.46	-1.66	-2.67
	5	3.14	2.72	1.01	2.02	1.26	3.24	3.69	1.09	3.86	1.96	4.49
	6	-1.30	-1.26	-0.94	-0.99	-0.59	-1.45	-1.34	-0.98	-1.27	-0.84	-1.57
	7	-1.68	-1.56	-0.90	-1.66	-1.28	-1.62	-1.83	-1.51	-2.02	-1.26	-1.94
	8	1.01	1.10	1.05	0.83	0.30	1.28	0.90	1.30	0.48	1.15	0.99
	9	-2.28	-2.03	-1.09	-1.72	-1.44	-2.27	-2.61	-1.53	-2.59	-2.38	-2.87
1984	0	4.05	3.60	1.73	2.95	1.50	4.21	4.64	2.39	4.16	2.54	5.90
	1	-3.31	-3.10	-2.30	-3.04	-1.61	-3.37	-3.58	-2.81	-3.58	-3.10	-3.85
	2	0.05	0.22	0.24	0.35	-0.06	0.21	-0.13	0.30	-0.33	0.38	-0.23
	3	-0.06	0.08	1.36	0.50	1.20	-0.29	-0.22	0.51	0.17	0.66	-0.81
	4	1.57	1.48	2.63	2.50	2.72	0.92	1.72	2.97	2.14	1.63	1.30
	5	2.06	1.84	-0.26	1.17	0.10	2.43	2.36	0.68	2.35	0.75	3.12
	6	-1.01	-1.08	-0.93	-0.92	-1.00	-1.16	-0.88	-0.98	-0.72	-0.40	-1.09
	7	-1.99	-1.76	-1.36	-1.98	-1.38	-1.78	-2.27	-2.10	-2.35	-1.50	-2.47
	8	0.52	0.50	-0.05	0.11	0.02	0.73	0.33	0.27	0.23	0.62	0.31
	9	-1.87	-1.77	-1.05	-1.64	-1.50	-1.90	-1.97	-1.23	-2.06	-1.57	-2.17

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Año	Dígito	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
1985	0	4.05	3.58	1.24	2.84	1.35	4.31	4.65	2.38	4.33	2.78	5.82
	1	-3.23	-2.97	-2.44	-2.57	-2.35	-3.22	-3.56	-3.05	-3.59	-2.78	-3.87
	2	-0.04	0.14	0.37	-0.08	0.32	0.17	-0.30	0.13	-0.52	0.51	-0.50
	3	-1.21	-1.10	-0.07	-0.93	-0.37	-1.33	-1.36	-0.69	-1.68	-0.75	-1.49
	4	0.15	0.19	0.97	1.09	0.90	-0.25	0.10	1.14	0.71	0.33	-0.51
	5	5.73	5.14	3.89	5.54	3.78	5.31	6.49	4.38	7.18	4.17	7.18
	6	-1.70	-1.61	-1.30	-1.54	-1.19	-1.72	-1.82	-1.05	-1.94	-1.74	-1.91
	7	-1.71	-1.50	-1.05	-1.55	-0.65	-1.65	-1.96	-1.28	-1.96	-1.45	-2.24
	8	0.06	0.20	-0.01	-0.45	-0.14	0.47	-0.13	-0.21	-0.35	0.20	-0.09
	9	-2.10	-2.08	-1.59	-2.35	-1.64	-2.09	-2.10	-1.75	-2.19	-1.28	-2.37
1986	0	3.29	2.90	0.69	1.99	1.14	3.63	3.80	1.03	3.39	2.31	5.12
	1	-2.90	-2.84	-2.27	-2.49	-2.10	-3.11	-2.96	-2.24	-3.00	-2.46	-3.24
	2	-0.24	0.04	0.63	-0.27	0.83	-0.03	-0.61	-0.24	-0.69	0.17	-0.90
	3	-1.13	-1.00	0.01	-0.81	-0.10	-1.28	-1.31	-0.29	-1.55	-0.29	-1.73
	4	-1.04	-1.00	-0.21	-0.65	-0.55	-1.24	-1.08	0.02	-1.07	-1.09	-1.32
	5	4.26	3.86	2.26	3.82	2.17	4.26	4.79	3.35	4.89	3.32	5.52
	6	1.94	1.68	1.70	2.85	2.61	1.19	2.28	2.66	2.91	1.78	1.99
	7	-2.35	-2.09	-1.22	-2.38	-1.96	-2.09	-2.71	-2.51	-2.71	-2.15	-2.93
	8	0.41	0.50	-0.02	0.18	-0.03	0.73	0.29	0.06	0.47	0.04	0.31
	9	-2.25	-2.06	-1.56	-2.25	-2.00	-2.06	-2.49	-1.84	-2.64	-1.62	-2.82
1987	0	2.85	2.44	0.60	1.48	0.74	3.17	3.39	1.47	3.32	1.28	4.56
	1	-3.15	-2.97	-2.14	-3.20	-2.31	-3.07	-3.38	-3.01	-3.58	-2.54	-3.62
	2	-0.01	0.14	-0.17	-0.16	0.13	0.27	-0.20	0.23	-0.10	0.06	-0.43
	3	-1.09	-0.87	-0.15	-0.89	-0.22	-1.03	-1.37	-0.93	-1.42	-0.65	-1.69
	4	-0.78	-0.64	0.72	-0.13	0.10	-1.03	-0.97	-0.17	-0.72	-0.45	-1.47
	5	2.84	2.44	0.50	2.42	1.14	2.81	3.38	1.87	3.20	2.06	4.26
	6	0.64	0.54	1.08	1.57	1.25	0.07	0.77	1.57	0.90	0.77	0.51
	7	0.81	0.81	1.38	1.20	1.24	0.58	0.79	1.22	1.13	1.09	0.40
	8	-0.11	-0.05	-0.47	-0.50	-0.11	0.14	-0.18	-0.69	-0.37	-0.30	0.10
	9	-2.02	-1.85	-1.34	-1.78	-1.98	-1.90	-2.24	-1.56	-2.36	-1.32	-2.62
1988	0	2.49	2.13	0.54	1.44	0.41	2.79	2.96	1.26	2.48	1.26	4.22
	1	-3.11	-2.76	-2.23	-2.77	-2.05	-2.92	-3.58	-2.74	-3.77	-3.05	-3.84
	2	-0.23	-0.12	-0.27	-0.55	-0.17	0.05	-0.37	-0.38	-0.47	0.15	-0.49
	3	-0.93	-0.94	-0.13	-0.92	0.08	-1.18	-0.92	-0.38	-1.21	-0.05	-1.16
	4	-0.55	-0.54	0.01	-0.15	0.26	-0.85	-0.57	0.29	-0.62	-0.11	-0.90
	5	2.58	2.28	1.39	2.04	1.15	2.63	2.98	1.37	3.26	2.05	3.50
	6	-0.68	-0.71	-0.23	-0.40	-0.32	-0.92	-0.62	-0.62	-0.32	-0.59	-0.82
	7	0.18	0.25	0.81	0.81	0.75	-0.08	0.09	0.54	0.44	0.36	-0.33
	8	2.39	2.37	1.92	2.55	1.78	2.44	2.42	2.64	2.84	1.75	2.33
	9	-2.14	-1.96	-1.81	-2.06	-1.89	-1.96	-2.38	-1.99	-2.63	-1.75	-2.52
1989	0	1.91	1.80	0.18	1.42	0.52	2.30	2.06	0.61	1.70	1.23	2.92
	1	-2.70	-2.50	-1.59	-2.35	-2.05	-2.72	-2.95	-2.66	-3.00	-2.31	-3.21
	2	-0.60	-0.49	-0.17	-0.85	-0.52	-0.39	-0.74	-0.59	-1.10	0.17	-0.85
	3	-1.23	-1.13	-0.55	-1.28	-0.79	-1.19	-1.36	-0.75	-1.61	-1.05	-1.45
	4	-0.24	-0.33	0.14	-0.25	0.06	-0.46	-0.12	0.56	0.15	0.27	-0.59
	5	2.45	2.15	0.81	1.81	1.18	2.56	2.86	1.60	3.01	1.71	3.46
	6	-0.47	-0.43	0.03	-0.17	0.12	-0.66	-0.52	-0.63	-0.37	-0.41	-0.63
	7	-1.12	-0.97	-0.52	-0.81	-0.63	-1.12	-1.34	-1.16	-1.47	-0.88	-1.46
	8	1.73	1.73	1.39	1.92	1.87	1.67	1.74	2.16	1.93	1.06	1.76
	9	0.26	0.17	0.28	0.56	0.25	0.01	0.38	0.85	0.77	0.21	0.06
1990	0	3.83	3.51	1.72	3.41	1.81	4.01	4.25	2.73	4.54	2.37	5.11
	1	-2.95	-2.73	-2.07	-2.74	-2.08	-2.90	-3.25	-2.80	-3.51	-2.60	-3.40
	2	-0.53	-0.40	0.11	-0.73	-0.10	-0.39	-0.71	-0.09	-0.91	-0.13	-0.92
	3	-1.38	-1.24	-1.00	-1.32	-0.91	-1.30	-1.57	-1.30	-1.69	-0.80	-1.83
	4	-0.83	-0.91	-0.24	-1.05	-0.39	-1.02	-0.72	-0.27	-0.56	-0.19	-1.12
	5	2.62	2.20	0.77	2.13	1.43	2.50	3.19	2.31	3.19	1.95	3.84
	6	-0.43	-0.44	0.24	0.05	-0.30	-0.71	-0.42	-0.42	-0.29	-0.09	-0.64
	7	-0.75	-0.64	0.04	-0.65	-0.31	-0.77	-0.89	-0.72	-0.85	-0.41	-1.13
	8	0.41	0.69	0.43	0.64	0.51	0.77	0.05	0.12	-0.24	0.29	0.14
	9	0.02	-0.03	0.00	0.25	0.34	-0.19	0.07	0.45	0.33	-0.39	-0.04

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Año	Dígito	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
1991	0	3.29	3.00	1.04	2.97	1.82	3.42	3.69	2.29	4.03	2.27	4.33
	1	-0.42	-0.43	0.34	0.17	0.02	-0.81	-0.40	-0.72	0.06	-0.55	-0.58
	2	-0.70	-0.46	0.18	-0.92	-0.46	-0.36	-1.02	-0.64	-1.18	-0.45	-1.21
	3	-1.18	-1.06	-0.74	-1.03	-0.55	-1.19	-1.34	-0.92	-1.41	-0.53	-1.70
	4	-1.08	-0.97	-0.42	-0.94	-0.58	-1.11	-1.22	-0.61	-1.51	-0.70	-1.37
	5	1.94	1.56	0.25	1.32	0.35	2.00	2.43	1.72	2.31	1.52	3.02
	6	-0.11	-0.19	0.04	0.06	0.11	-0.35	-0.02	0.47	-0.05	0.11	-0.18
	7	-0.80	-0.71	-0.94	-0.32	-0.26	-0.90	-0.93	-0.82	-0.87	-0.67	-1.10
	8	0.45	0.57	0.95	0.16	0.74	0.65	0.29	0.55	0.04	0.40	0.35
9	-1.38	-1.31	-0.69	0.17	-1.47	-1.20	-1.34	-1.48	-1.34	-1.42	-1.40	-1.58
1992	0	1.53	1.40	0.14	0.91	0.09	1.94	1.71	0.38	1.71	0.45	2.53
	1	-0.79	-0.77	-0.40	-0.31	-0.25	-1.06	-0.81	-0.64	-0.49	-0.83	-1.08
	2	2.06	2.04	2.25	2.58	2.09	1.81	2.10	2.28	2.38	2.06	1.87
	3	-1.49	-1.35	-0.76	-1.42	-1.04	-1.45	-1.67	-1.14	-1.90	-1.11	-1.86
	4	-0.88	-0.83	-0.48	-0.94	-0.17	-0.94	-0.95	-0.77	-1.00	-0.26	-1.22
	5	1.19	1.02	-0.21	0.82	-0.05	1.42	1.42	1.02	1.26	0.43	2.01
	6	-0.57	-0.69	-0.88	-0.44	-0.47	-0.79	-0.41	0.02	-0.38	-0.23	-0.62
	7	-0.45	-0.53	-0.48	-0.58	-0.57	-0.51	-0.34	-0.51	-0.33	0.17	-0.50
	8	0.48	0.69	0.68	0.41	0.94	0.75	0.21	0.43	0.07	0.19	0.26
9	-1.09	-0.98	0.14	-1.03	-0.58	-1.15	-1.25	-1.07	-1.30	-0.89	-1.39	
1993	0	1.69	1.62	0.75	1.23	0.25	2.10	1.80	0.89	1.79	0.70	2.47
	1	-2.17	-2.06	-1.77	-1.89	-1.84	-2.20	-2.32	-2.49	-2.19	-2.02	-2.48
	2	1.64	1.55	1.54	2.02	2.00	1.30	1.76	1.99	1.90	1.64	1.64
	3	1.11	0.99	0.98	1.63	1.58	0.65	1.26	1.50	1.58	1.32	0.95
	4	-1.31	-1.21	-0.91	-1.23	-0.75	-1.32	-1.45	-0.98	-1.67	-1.15	-1.53
	5	1.14	1.05	0.26	0.88	0.38	1.33	1.26	0.87	1.17	0.78	1.60
	6	-0.80	-0.82	-0.49	-1.01	-0.53	-0.83	-0.77	-0.25	-0.86	-0.42	-0.98
	7	-0.77	-0.74	-0.31	-0.78	-0.89	-0.75	-0.80	-0.78	-0.78	-0.40	-0.96
	8	0.49	0.50	0.05	0.13	0.43	0.70	0.47	0.45	0.34	0.44	0.58
9	-1.02	-0.88	-0.11	-0.96	-0.62	-0.99	-1.21	-1.20	-1.27	-0.88	-1.29	
1994	0	1.44	1.42	0.21	1.08	1.03	1.76	1.46	0.45	1.42	1.03	1.93
	1	-1.74	-1.52	-0.46	-1.33	-1.26	-1.77	-2.02	-1.80	-2.09	-1.63	-2.18
	2	-0.10	-0.02	0.61	-0.05	0.03	-0.08	-0.21	0.18	-0.20	-0.32	-0.28
	3	0.96	0.88	1.21	1.38	0.97	0.63	1.07	0.86	1.43	1.25	0.79
	4	1.39	1.09	1.03	1.83	1.49	0.75	1.78	1.81	2.02	1.13	1.86
	5	0.44	0.39	-0.45	0.01	-0.37	0.78	0.51	0.35	0.45	-0.09	0.84
	6	-0.70	-0.77	-0.35	-0.83	-0.56	-0.83	-0.61	-0.51	-0.70	-0.09	-0.78
	7	-1.11	-1.02	-0.78	-1.21	-0.78	-1.02	-1.22	-1.02	-1.25	-0.85	-1.39
	8	0.08	0.12	0.02	-0.20	-0.35	0.34	0.02	0.34	-0.31	0.05	0.16
9	-0.67	-0.58	-1.05	-0.68	-0.19	-0.56	-0.78	-0.67	-0.76	-0.49	-0.95	
1995	0	1.40	1.33	0.44	0.98	0.21	1.79	1.50	0.75	1.47	0.99	1.94
	1	-1.70	-1.52	-1.20	-1.41	-1.05	-1.70	-1.94	-1.83	-2.08	-1.57	-2.01
	2	0.13	0.35	0.29	0.51	0.72	0.22	-0.15	0.05	-0.16	-0.02	-0.24
	3	-0.51	-0.47	-0.06	-0.36	-0.07	-0.64	-0.57	-0.52	-0.65	-0.29	-0.64
	4	1.20	0.96	1.78	1.46	1.50	0.56	1.50	1.77	1.76	1.18	1.35
	5	2.62	2.27	1.52	2.44	1.21	2.50	3.07	2.24	3.54	2.12	3.34
	6	-1.15	-1.14	-1.08	-1.39	-1.02	-1.08	-1.16	-0.65	-1.34	-0.84	-1.30
	7	-0.73	-0.74	-0.36	-0.85	-0.60	-0.77	-0.73	-0.75	-0.68	-0.47	-0.85
	8	-0.34	-0.14	-0.37	-0.46	-0.47	0.07	-0.59	-0.51	-0.81	-0.24	-0.59
9	-0.91	-0.89	-0.98	-0.92	-0.43	-0.95	-0.94	-0.55	-1.05	-0.85	-1.00	
1996	0	0.94	0.87	0.07	0.27	-0.13	1.42	1.01	0.75	1.02	0.45	1.31
	1	-1.16	-1.08	-1.00	-0.97	-0.76	-1.19	-1.27	-0.65	-1.43	-0.73	-1.54
	2	-0.09	0.01	0.91	-0.24	0.00	-0.01	-0.22	-0.08	-0.30	0.03	-0.31
	3	-0.21	-0.15	0.36	0.16	0.39	-0.45	-0.28	0.05	-0.25	-0.27	-0.39
	4	-0.38	-0.41	-0.40	-0.08	-0.16	-0.60	-0.34	-0.47	-0.34	-0.19	-0.36
	5	2.47	2.11	1.59	2.40	1.52	2.17	2.95	2.09	3.47	2.19	3.21
	6	1.00	0.86	1.06	1.18	1.10	0.66	1.18	1.08	1.46	0.75	1.17
	7	-1.21	-1.14	-1.20	-1.39	-0.79	-1.10	-1.31	-1.07	-1.66	-0.98	-1.25
	8	-0.17	0.00	-0.29	-0.18	-0.13	0.13	-0.39	-0.55	-0.53	-0.23	-0.31
9	-1.18	-1.07	-1.11	-1.13	-1.02	-1.05	-1.33	-1.15	-1.44	-0.78	-1.52	

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Año	Dígito	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
1997	0	0.55	0.66	-0.26	0.19	0.00	1.11	0.40	0.36	0.37	-0.21	0.68
	1	-1.41	-1.34	-1.00	-1.29	-1.18	-1.44	-1.49	-1.43	-1.67	-0.88	-1.63
	2	0.08	0.12	0.21	0.09	0.15	0.12	0.02	0.41	-0.11	0.21	-0.08
	3	-0.26	-0.19	0.25	0.00	0.10	-0.38	-0.36	0.01	-0.59	0.19	-0.52
	4	0.06	0.00	0.47	0.22	0.62	-0.29	0.14	0.18	0.17	0.34	0.03
	5	0.66	0.64	0.35	0.40	0.18	0.86	0.68	0.08	0.83	0.17	0.96
	6	1.08	0.87	0.98	1.38	1.00	0.62	1.35	1.69	1.30	0.70	1.54
	7	0.69	0.54	0.64	0.76	0.65	0.42	0.89	0.56	1.35	0.35	0.87
	8	-0.53	-0.49	-0.47	-1.07	-0.61	-0.22	-0.59	-0.65	-0.56	-0.49	-0.62
9	-0.91	-0.81	-1.16	-0.68	-0.90	-0.80	-1.04	-1.21	-1.07	-0.39	-1.23	
1998	0	0.39	0.43	-0.23	-0.09	0.00	0.83	0.33	0.22	0.19	-0.16	0.68
	1	-1.68	-1.55	-1.38	-1.46	-1.64	-1.59	-1.85	-1.66	-1.99	-1.51	-1.96
	2	-0.18	-0.22	-0.35	-0.31	-0.08	-0.20	-0.14	-0.25	-0.45	-0.05	0.09
	3	-0.12	-0.23	0.18	-0.35	0.01	-0.29	0.02	0.66	-0.27	0.37	-0.13
	4	-0.10	-0.03	0.26	0.28	0.26	-0.27	-0.18	-0.01	-0.06	-0.04	-0.39
	5	0.99	1.02	0.75	0.97	0.52	1.19	0.96	0.50	1.22	0.73	1.02
	6	-0.34	-0.36	-0.42	-0.07	-0.04	-0.52	-0.32	-0.06	-0.25	-0.42	-0.43
	7	0.86	0.63	0.93	1.20	0.53	0.38	1.15	0.81	1.46	0.77	1.20
	8	1.22	1.17	0.85	1.09	1.05	1.28	1.29	1.10	1.57	0.90	1.32
9	-1.04	-0.87	-0.60	-1.26	-0.60	-0.81	-1.26	-1.31	-1.44	-0.59	-1.40	
1999	0	0.10	0.28	-0.07	-0.04	-0.24	0.58	-0.12	-0.30	-0.19	-0.32	0.08
	1	-1.43	-1.36	-1.17	-1.25	-1.00	-1.52	-1.52	-1.31	-1.56	-1.10	-1.74
	2	-0.52	-0.46	-0.04	-0.67	-0.80	-0.36	-0.60	-0.28	-0.88	-0.22	-0.68
	3	-0.39	-0.39	-0.39	-0.63	0.12	-0.41	-0.38	0.09	-0.72	0.31	-0.61
	4	0.30	0.21	0.66	0.44	0.13	0.06	0.41	0.38	0.41	0.71	0.29
	5	0.73	0.77	0.60	0.60	0.55	0.91	0.68	0.41	0.64	0.15	1.05
	6	-0.03	-0.08	0.46	-0.22	0.29	-0.20	0.04	0.09	0.29	0.00	-0.14
	7	-0.53	-0.44	-0.77	-0.03	-0.14	-0.62	-0.64	-0.68	-0.37	-0.57	-0.84
	8	1.18	1.01	0.57	1.06	0.68	1.14	1.38	1.19	1.51	0.62	1.68
9	0.59	0.47	0.15	0.75	0.39	0.43	0.74	0.41	0.87	0.42	0.91	
2000	0	1.31	1.23	0.67	0.99	0.49	1.59	1.42	1.27	1.52	0.67	1.74
	1	-1.49	-1.43	-1.08	-1.64	-1.14	-1.47	-1.57	-1.28	-1.78	-1.05	-1.77
	2	-0.30	-0.22	-0.32	-0.23	-0.15	-0.22	-0.38	-0.33	-0.35	-0.03	-0.59
	3	-0.75	-0.67	-0.32	-0.66	-0.29	-0.81	-0.85	-1.05	-0.89	-0.15	-1.05
	4	-0.06	-0.15	0.12	-0.17	0.49	-0.34	0.06	0.34	-0.19	0.45	-0.04
	5	0.94	0.87	0.22	0.76	0.38	1.15	1.02	0.76	0.92	0.52	1.41
	6	-0.12	-0.12	-0.24	0.10	0.24	-0.27	-0.13	-0.17	0.07	-0.07	-0.29
	7	-0.01	0.05	0.42	0.14	0.04	-0.05	-0.08	-0.11	0.04	-0.21	-0.11
	8	-0.07	0.01	0.11	0.06	-0.40	0.07	-0.18	0.01	-0.26	-0.28	-0.15
9	0.55	0.43	0.41	0.65	0.35	0.36	0.70	0.55	0.91	0.15	0.84	
2001	0	1.22	1.15	0.40	1.01	0.35	1.54	1.31	0.76	1.60	0.73	1.57
	1	0.16	0.01	0.36	0.03	0.10	-0.10	0.36	0.72	0.66	0.46	-0.04
	2	-0.62	-0.53	-0.54	-0.73	-0.44	-0.46	-0.72	-0.67	-0.91	-0.44	-0.73
	3	-0.51	-0.46	0.07	-0.38	-0.29	-0.63	-0.56	-0.11	-0.76	-0.40	-0.66
	4	-0.62	-0.55	-0.53	-0.26	-0.36	-0.72	-0.70	-0.63	-0.87	-0.25	-0.80
	5	0.70	0.60	0.37	0.22	0.12	0.91	0.84	0.97	0.68	0.68	0.97
	6	0.25	0.24	0.15	0.57	0.33	0.09	0.27	-0.03	0.60	0.12	0.23
	7	-0.25	-0.13	0.14	-0.15	-0.09	-0.19	-0.39	-0.42	-0.50	-0.20	-0.38
	8	0.30	0.27	-0.09	0.21	0.58	0.30	0.33	0.26	0.29	0.03	0.53
9	-0.65	-0.58	-0.33	-0.51	-0.29	-0.73	-0.75	-0.85	-0.79	-0.72	-0.69	
2002	0	-0.20	-0.04	-0.68	-0.56	-0.36	0.40	-0.40	-0.43	-0.49	-0.44	-0.29
	1	0.22	0.14	0.08	0.31	0.01	0.11	0.33	0.27	0.38	0.23	0.35
	2	1.06	0.96	1.12	1.02	0.59	0.98	1.18	1.40	1.28	0.96	1.11
	3	-0.75	-0.69	-0.43	-0.65	-0.23	-0.87	-0.83	-0.76	-1.00	-0.43	-0.91
	4	-0.42	-0.44	-0.20	-0.39	-0.22	-0.57	-0.40	-0.16	-0.53	-0.29	-0.44
	5	-0.04	-0.04	-0.31	-0.37	-0.31	0.22	-0.03	-0.24	-0.05	-0.15	0.12
	6	0.03	-0.07	0.21	0.28	-0.19	-0.24	0.15	-0.11	0.36	0.18	0.09
	7	0.13	0.03	0.15	0.19	0.27	-0.13	0.27	0.32	0.28	0.41	0.17
	8	0.12	0.25	-0.06	0.17	0.31	0.34	-0.05	-0.31	0.10	-0.14	-0.01
9	-0.15	-0.09	0.13	0.00	0.14	-0.24	-0.22	0.03	-0.32	-0.33	-0.20	

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

Año	Dígito	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
2003	0	0.28	0.43	0.34	0.23	0.04	0.63	0.09	0.10	-0.15	0.17	0.22
	1	-1.13	-1.09	-1.31	-0.98	-1.05	-1.11	-1.19	-1.15	-1.17	-0.99	-1.30
	2	1.05	0.97	0.85	1.30	0.64	0.94	1.16	0.97	1.42	0.86	1.18
	3	0.72	0.57	0.69	0.78	0.92	0.36	0.91	0.98	1.07	0.53	0.94
	4	-0.66	-0.64	-0.39	-0.63	-0.67	-0.70	-0.67	-0.54	-0.85	-0.21	-0.81
	5	0.09	0.07	-0.43	0.02	-0.10	0.24	0.11	-0.12	0.01	0.08	0.29
	6	-0.57	-0.53	-0.08	-0.66	-0.41	-0.61	-0.62	-0.57	-0.67	-0.29	-0.76
	7	0.07	-0.02	0.25	-0.41	0.18	0.03	0.19	0.27	0.26	0.12	0.13
	8	0.36	0.36	0.17	0.32	0.22	0.45	0.35	0.32	0.45	0.04	0.43
9	-0.20	-0.10	-0.10	0.03	0.23	-0.24	-0.32	-0.27	-0.37	-0.32	-0.32	
Año	Dígito	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
2004	0	0.18	0.49	0.17	0.54	-0.04	0.67	-0.20	-0.12	-0.41	-0.30	-0.03
	1	-0.58	-0.48	-0.35	-0.23	0.05	-0.75	-0.71	-0.52	-0.65	-0.57	-0.90
	2	-0.29	-0.23	-0.47	-0.37	-0.09	-0.14	-0.37	-0.34	-0.50	-0.25	-0.33
	3	0.79	0.47	0.74	0.75	0.24	0.35	1.17	1.02	1.30	1.03	1.22
	4	0.63	0.49	0.81	0.70	0.25	0.39	0.80	0.65	1.14	0.44	0.79
	5	-0.33	-0.23	-0.46	-0.57	-0.41	0.01	-0.46	-0.62	-0.37	-0.35	-0.49
	6	-0.35	-0.41	-0.20	-0.44	-0.01	-0.54	-0.27	-0.38	-0.23	-0.12	-0.31
	7	-0.48	-0.45	-0.40	-0.66	-0.02	-0.47	-0.51	-0.51	-0.70	-0.34	-0.46
	8	0.16	0.14	-0.08	-0.06	0.16	0.28	0.17	0.33	-0.03	0.08	0.28
9	0.27	0.20	0.25	0.32	-0.11	0.21	0.36	0.49	0.45	0.38	0.23	
Año	Dígito	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
2005	0	0.35	0.54	0.26	0.24	0.32	0.80	0.12	0.11	-0.01	0.19	0.18
	1	-0.66	-0.53	-0.09	-0.58	-0.15	-0.71	-0.83	-0.92	-1.02	-0.45	-0.81
	2	0.13	0.18	0.38	0.47	0.40	-0.06	0.07	0.07	0.20	0.16	-0.06
	3	-0.32	-0.26	-0.23	-0.20	-0.11	-0.32	-0.40	-0.31	-0.62	0.11	-0.50
	4	0.86	0.56	0.58	0.71	0.39	0.52	1.24	0.98	1.61	0.66	1.35
	5	0.92	0.84	0.42	0.85	0.57	1.01	1.01	0.60	1.30	0.50	1.24
	6	-0.64	-0.61	-0.42	-0.79	-0.60	-0.58	-0.69	-0.82	-0.63	-0.55	-0.73
	7	-0.31	-0.36	-0.39	-0.29	-0.35	-0.38	-0.24	0.17	-0.17	-0.59	-0.32
	8	-0.31	-0.22	-0.37	-0.24	-0.34	-0.15	-0.41	-0.37	-0.69	-0.05	-0.40
9	-0.02	-0.14	-0.14	-0.17	-0.11	-0.13	0.12	0.50	0.03	0.01	0.05	
Año	Dígito	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
2006	0	0.19	0.30	0.18	0.09	-0.10	0.52	0.05	0.30	0.08	-0.02	-0.07
	1	-0.30	-0.33	-0.19	-0.21	-0.26	-0.43	-0.26	0.01	-0.29	-0.27	-0.36
	2	-0.09	0.02	-0.02	0.16	0.10	-0.06	-0.21	0.01	-0.20	-0.09	-0.39
	3	0.12	0.11	0.36	0.23	0.44	-0.09	0.13	0.41	0.08	0.30	-0.06
	4	-0.34	-0.33	-0.19	-0.38	-0.50	-0.29	-0.36	-0.23	-0.34	-0.26	-0.49
	5	0.85	0.66	0.33	0.84	0.23	0.77	1.09	0.39	1.47	0.48	1.44
	6	0.74	0.56	0.39	0.58	0.81	0.53	0.98	0.97	0.96	0.75	1.09
	7	-0.57	-0.48	-0.28	-0.77	-0.22	-0.46	-0.69	-0.93	-0.74	-0.25	-0.73
	8	-0.09	0.00	-0.33	0.21	-0.16	0.03	-0.21	-0.36	-0.30	-0.29	-0.02
9	-0.51	-0.51	-0.24	-0.73	-0.35	-0.52	-0.52	-0.56	-0.73	-0.35	-0.42	
Año	Dígito	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
2007	0	-0.38	-0.13	-0.24	-0.56	-0.21	0.12	-0.71	-0.60	-0.95	-0.55	-0.66
	1	-0.47	-0.52	-0.38	-0.58	-0.14	-0.62	-0.42	-0.28	-0.65	0.07	-0.52
	2	0.21	0.14	-0.13	0.22	-0.05	0.21	0.29	0.62	0.29	0.21	0.18
	3	0.01	0.02	0.48	0.15	0.13	-0.19	0.00	0.10	-0.05	0.12	-0.06
	4	0.18	0.20	0.18	0.56	0.23	0.03	0.16	0.14	0.06	0.14	0.24
	5	-0.07	0.01	-0.28	-0.19	-0.03	0.19	-0.18	-0.08	-0.10	-0.32	-0.24
	6	0.64	0.42	0.50	0.64	0.35	0.31	0.92	0.59	1.35	0.40	1.00
	7	0.52	0.37	0.39	0.35	0.52	0.34	0.70	0.31	0.83	0.52	0.87
	8	-0.40	-0.33	-0.28	-0.48	-0.38	-0.25	-0.50	-0.44	-0.55	-0.47	-0.51
9	-0.22	-0.18	-0.23	-0.12	-0.43	-0.14	-0.26	-0.37	-0.23	-0.12	-0.30	
Año	Dígito	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
2008	0	-0.18	0.06	0.03	-0.19	-0.21	0.25	-0.49	-0.41	-0.64	-0.29	-0.51
	1	-0.81	-0.69	-0.17	-0.96	-0.57	-0.74	-0.96	-0.71	-1.06	-0.70	-1.12
	2	0.20	0.05	0.14	0.10	0.15	-0.03	0.39	0.68	0.29	0.52	0.25
	3	0.12	0.01	-0.03	0.13	0.00	-0.04	0.27	0.42	0.34	0.08	0.23
	4	0.16	0.17	0.55	0.55	-0.14	-0.02	0.15	0.05	0.19	0.38	0.06
	5	0.22	0.29	0.37	0.25	0.41	0.26	0.14	0.04	0.07	0.15	0.23
	6	-0.22	-0.23	-0.53	-0.17	-0.01	-0.24	-0.20	-0.23	-0.23	-0.30	-0.11
	7	0.39	0.24	-0.05	0.37	0.27	0.25	0.58	0.35	0.81	0.32	0.64
	8	0.64	0.57	0.14	0.55	0.47	0.70	0.73	0.43	0.82	0.46	0.92
9	-0.52	-0.46	-0.44	-0.63	-0.36	-0.41	-0.61	-0.63	-0.61	-0.62	-0.59	

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

### Anexo III - Tablas de medidas de tendencia central

#### Edad media a la muerte, México 1979 a 2008

	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
1979	39.06	37.32	63.45	62.33	59.67	30.47	41.48	65.73	66.33	58.40	31.01
1980	39.99	38.16	63.14	62.81	59.72	31.34	42.52	66.30	66.84	58.32	32.11
1981	41.00	38.99	63.29	63.20	60.20	31.97	43.84	66.40	66.93	58.61	33.18
1982	42.48	40.44	63.76	64.40	59.98	33.31	45.38	66.74	68.30	59.07	34.37
1983	43.87	41.66	63.93	65.24	60.50	34.27	46.92	66.74	69.37	59.12	36.02
1984	44.76	42.56	64.25	65.83	60.68	34.98	47.79	67.04	70.03	59.37	36.51
1985	45.93	43.59	64.22	66.72	61.01	35.77	49.16	66.94	70.93	59.81	37.74
1986	47.18	44.74	64.47	67.19	61.11	36.82	50.73	67.27	71.30	59.90	39.10
1987	47.56	44.90	65.00	67.55	61.45	36.74	51.18	67.69	71.76	59.79	39.46
1988	48.82	46.15	65.09	68.61	61.54	37.71	52.46	67.24	72.62	59.79	40.74
1989	48.09	45.54	64.41	68.65	61.78	36.77	51.52	67.26	72.68	59.72	39.03
1990	48.42	45.97	64.65	68.89	62.08	37.07	51.69	67.76	72.91	59.88	38.88
1991	50.66	47.79	64.62	69.08	62.34	38.92	54.51	67.59	73.40	60.32	42.45
1992	51.80	48.87	64.89	69.42	62.51	40.03	55.75	67.72	73.49	60.37	43.97
1993	52.58	49.56	64.52	69.24	62.54	40.85	56.56	67.44	73.56	60.60	45.11
1994	53.04	49.92	64.78	69.36	62.87	40.95	57.15	67.53	73.92	60.51	45.46
1995	53.92	50.76	64.76	69.65	62.87	41.77	58.00	67.51	74.26	60.56	46.75
1996	54.92	51.75	64.98	70.27	62.92	42.78	58.98	67.60	74.56	60.41	48.32
1997	55.34	52.20	65.05	70.05	62.50	43.36	59.38	67.61	74.40	60.82	48.85
1998	55.93	52.88	65.03	70.44	62.84	44.08	59.83	67.70	74.90	60.52	49.47
1999	56.68	53.62	65.43	70.42	63.21	44.88	60.56	67.69	74.92	60.68	50.72
2000	56.99	54.02	65.44	70.35	63.39	45.24	60.75	67.79	74.77	60.85	50.80
2001	57.77	54.75	65.48	70.50	63.51	45.98	61.57	67.94	74.97	61.17	52.15
2002	58.18	55.21	65.55	70.49	63.61	46.34	61.93	68.20	75.28	61.30	52.37
2003	59.15	56.17	65.74	70.77	63.83	47.58	62.88	68.38	75.61	61.48	53.95
2004	59.46	56.55	65.82	70.84	64.04	47.91	63.07	68.40	75.71	61.58	54.18
2005	59.95	57.06	65.91	70.94	64.17	48.58	63.52	68.61	75.79	61.56	55.23
2006	60.12	57.25	66.06	70.75	64.11	48.83	63.70	68.61	75.68	61.80	55.52
2007	60.52	57.57	65.99	70.43	64.35	49.30	64.20	68.88	75.69	61.96	56.33
2008	60.87	57.85	66.07	70.65	64.62	49.59	64.69	69.02	75.89	61.94	57.12

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

### Edad mediana a la muerte, México 1979 a 2008

	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
1979	39.51	36.63	64.47	67.24	64.76	24.24	45.59	67.08	71.63	60.32	15.19
1980	41.32	37.80	64.12	67.73	64.99	25.55	47.96	67.59	72.34	60.56	17.99
1981	43.38	39.16	64.05	68.04	65.33	26.70	50.33	67.55	71.99	60.55	21.68
1982	45.77	41.41	64.28	69.11	64.79	29.02	53.28	67.77	73.42	61.30	24.46
1983	48.86	44.18	64.38	69.44	65.00	30.40	55.68	67.92	74.19	61.25	27.95
1984	50.22	45.46	64.63	69.99	64.96	31.50	57.08	67.88	74.60	61.41	29.40
1985	51.90	46.92	64.49	70.83	65.38	32.73	58.71	67.40	74.97	61.80	32.57
1986	53.71	48.45	64.63	71.40	65.36	34.12	59.96	67.34	75.53	61.82	35.99
1987	54.37	48.85	65.22	71.66	65.80	33.69	60.98	67.79	76.07	61.67	37.06
1988	56.00	50.96	65.20	72.19	65.71	34.99	62.39	67.52	76.78	61.87	39.85
1989	55.31	50.21	64.76	71.96	65.92	33.97	61.66	67.71	76.93	61.66	35.49
1990	55.70	50.79	65.25	71.97	66.24	34.44	61.83	67.85	77.00	62.09	34.91
1991	58.13	53.09	65.10	71.95	66.29	37.00	64.18	67.87	77.27	62.31	44.83
1992	59.16	54.03	65.32	71.89	66.60	38.26	64.73	67.79	77.28	62.22	48.85
1993	59.79	54.78	65.05	71.80	66.60	39.58	65.28	67.45	77.24	62.51	51.55
1994	60.23	55.12	65.31	72.01	66.78	39.61	65.77	67.68	77.36	62.57	52.12
1995	61.32	56.30	64.91	72.25	66.84	40.67	66.41	67.69	77.49	62.59	54.52
1996	62.43	57.66	65.45	72.71	66.75	42.20	67.25	67.71	77.59	62.61	57.35
1997	62.69	58.05	65.44	72.43	66.59	43.12	67.37	67.60	77.10	62.85	58.08
1998	63.05	58.60	65.61	72.64	66.76	44.02	67.61	67.54	77.52	62.59	58.77
1999	63.73	59.52	65.75	72.67	67.19	45.18	68.07	67.87	77.41	62.70	60.74
2000	63.91	59.82	65.97	72.50	67.29	45.75	68.18	67.98	77.10	63.03	60.40
2001	64.46	60.58	65.97	72.60	67.59	46.85	68.68	68.18	77.26	63.25	62.08
2002	64.88	61.13	65.82	72.56	67.53	47.41	69.04	68.47	77.61	63.02	62.44
2003	65.63	61.94	66.16	72.93	67.62	48.99	69.58	68.47	77.98	63.53	64.26
2004	65.86	62.31	66.21	73.07	67.88	49.48	69.73	68.58	78.11	63.40	64.47
2005	66.31	62.75	66.29	73.36	68.13	50.18	70.13	68.88	78.29	63.49	65.90
2006	66.26	62.78	66.42	73.19	68.03	50.46	70.08	68.98	78.24	63.59	65.78
2007	66.52	62.91	66.21	72.95	68.15	51.04	70.52	69.26	78.25	63.70	66.42
2008	66.76	62.99	66.32	73.27	68.24	50.92	70.87	69.34	78.47	63.57	67.21

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

### Edad moda a la muerte, México 1979 a 2008

	Total*	Total Hombres*	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres*	Total Mujeres*	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres*
1979	70	70	65	78	70	70	70	65	75	70	70
1980	80	80	70	80	70	80	80	70	80	70	80
1981	80	70	70	80	70	70	80	70	80	70	80
1982	70	70	72	82	72	70	80	72	82	72	80
1983	80	70	72	83	72	70	80	73	80	70	80
1984	80	70	74	84	74	70	80	70	80	70	80
1985	85	75	65	85	75	75	85	75	85	65	85
1986	75	75	65	85	76	75	85	65	85	65	85
1987	80	75	65	75	75	70	80	65	80	65	80
1988	80	78	65	78	78	78	80	78	85	65	80
1989	80	75	65	78	78	75	85	68	85	65	85
1990	80	80	67	80	70	80	80	65	80	65	80
1991	80	80	68	80	70	80	80	70	80	65	80
1992	82	72	72	82	72	22	82	65	82	65	80
1993	82	70	63	82	72	70	80	63	82	63	80
1994	84	70	70	84	70	30	84	65	84	70	84
1995	85	75	65	85	72	75	85	65	85	65	85
1996	85	75	72	85	75	85	85	65	85	75	85
1997	76	76	74	76	72	75	86	67	86	67	86
1998	75	75	67	75	72	75	85	67	87	68	87
1999	78	75	68	78	73	78	78	68	88	65	88
2000	70	70	70	75	74	70	80	70	80	70	80
2001	80	75	65	80	71	80	80	65	80	70	80
2002	72	72	72	72	72	72	82	72	82	72	82
2003	73	72	73	80	72	72	82	72	82	72	83
2004	74	74	70	80	74	74	83	74	84	73	83
2005	75	75	70	80	75	75	84	74	84	74	85
2006	76	76	71	76	76	76	76	76	85	76	85
2007	77	77	70	76	77	77	77	76	86	77	86
2008	78	78	72	78	78	78	78	74	83	74	82

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

\* Estos casos presentan una bimodalidad, con el otro valor de la moda en las edades menores a 1 año.

\*\* Se presentan los valores de la edad moda para años cumplidos.

### Desviación estándar de defunciones, México 1979 a 2008

	Total	Total Hombres	Diabetes Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Enfermedades Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Enfermedades Mujeres
1979	2117.61	1523.72	110.21	425.56	242.74	1290.85	1457.17	125.83	434.29	247.16	1192.73
1980	2133.97	1532.73	117.59	429.14	242.41	1300.86	1471.77	127.64	440.98	250.19	1210.18
1981	2089.31	1506.65	120.65	423.21	248.54	1272.52	1430.89	130.91	433.07	253.60	1173.83
1982	2050.97	1479.42	122.30	405.60	256.98	1250.10	1402.99	132.58	414.41	258.48	1150.24
1983	2071.80	1487.88	131.89	395.85	260.89	1261.77	1423.05	144.44	410.67	262.54	1177.30
1984	2060.49	1479.81	132.08	400.07	263.10	1251.26	1413.76	147.87	410.03	266.18	1163.34
1985	2054.33	1474.84	135.72	395.51	273.34	1240.75	1406.53	151.35	401.15	274.40	1157.91
1986	2001.94	1436.63	142.10	389.50	277.05	1205.24	1363.33	157.58	395.41	277.86	1119.45
1987	2029.24	1462.72	142.75	391.68	282.58	1224.91	1382.13	161.19	397.81	282.59	1136.13
1988	2032.85	1480.38	146.89	386.35	292.37	1239.41	1371.78	169.66	390.29	291.31	1128.28
1989	2075.55	1506.12	151.00	387.69	294.02	1254.58	1408.70	170.15	390.26	292.60	1148.57
1990	2072.25	1504.11	152.56	385.73	293.64	1252.01	1408.92	165.92	390.22	294.16	1143.38
1991	1984.52	1447.22	156.91	386.45	293.47	1200.99	1337.75	172.92	383.63	294.92	1095.66
1992	1940.86	1422.77	158.48	381.44	298.06	1178.84	1300.23	174.97	381.81	297.75	1064.74
1993	1935.95	1414.87	161.24	389.62	304.15	1172.84	1300.87	176.31	389.45	304.14	1067.65
1994	1934.56	1416.46	163.65	393.11	307.15	1168.59	1296.23	180.93	390.64	305.43	1059.55
1995	1947.76	1426.28	170.47	401.14	314.74	1177.61	1304.55	188.05	394.62	312.74	1070.73
1996	1944.61	1427.40	174.05	400.14	318.83	1181.16	1298.44	189.98	392.42	321.19	1071.93
1997	1928.98	1416.74	174.99	399.32	326.49	1173.35	1286.77	192.96	392.15	319.95	1062.67
1998	1909.85	1399.86	188.03	381.05	328.73	1160.73	1277.74	203.30	376.07	326.53	1056.11
1999	1882.58	1385.32	191.97	374.05	331.13	1152.17	1253.08	211.12	362.28	325.00	1041.96
2000	1850.09	1361.92	196.68	370.91	333.09	1129.24	1231.76	211.99	360.94	330.66	1018.10
2001	1833.44	1349.98	204.32	373.46	336.31	1116.76	1217.87	223.18	362.34	331.19	1006.65
2002	1860.12	1371.60	214.29	386.50	342.42	1133.03	1233.72	227.77	368.04	330.28	1019.15
2003	1845.33	1363.72	222.21	391.95	347.05	1126.58	1219.95	235.17	369.27	336.63	1006.47
2004	1837.35	1356.53	226.74	389.22	348.74	1119.72	1217.63	243.47	367.21	342.59	1001.92
2005	1861.18	1371.10	237.62	397.32	354.04	1132.24	1237.04	251.86	373.65	346.06	1023.51
2006	1838.40	1360.48	239.11	403.21	354.57	1120.01	1214.53	250.56	372.67	344.23	1001.63
2007	1855.70	1374.08	246.50	423.21	355.35	1129.55	1223.12	254.29	388.59	348.01	1005.56
2008	1876.83	1396.47	254.45	435.29	357.02	1144.65	1227.30	261.77	395.48	347.64	1007.76

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

## Anexo IV - Tasas específicas de mortalidad y gráficas de las probabilidades de muerte

### Tasas específicas de mortalidad, México 1980

1980	Total de defunciones *		Diabetes Mellitus		Cardiovasculares		Tumores (Neoplasias)		Resto de defunciones *	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Menores a 1 año	45.76	37.03	0.76	0.96	95.01	79.75	9.15	8.74	44.71	36.14
1 - 4	3.35	3.17	0.14	0.25	10.76	11.39	5.00	4.89	3.19	3.00
5 - 9	0.99	0.77	0.22	0.10	3.58	3.49	4.89	3.94	0.90	0.69
10 - 14	0.89	0.57	0.35	0.25	4.71	5.38	4.77	4.59	0.79	0.47
15 - 19	1.93	0.90	0.34	0.89	9.60	8.69	6.12	5.58	1.77	0.74
20 - 24	3.38	1.30	1.25	1.28	17.09	14.97	8.75	6.94	3.11	1.06
25 - 29	4.08	1.60	1.92	1.65	25.26	24.01	8.36	10.86	3.72	1.23
30 - 34	4.51	1.97	5.87	3.38	33.08	30.01	11.83	18.21	4.00	1.45
35 - 39	6.21	2.92	8.97	6.44	56.69	48.64	18.07	38.91	5.37	1.98
40 - 44	7.35	3.71	18.10	17.13	88.79	72.24	28.84	66.25	6.00	2.15
45 - 49	9.78	5.23	37.71	29.70	142.39	105.20	47.75	109.39	7.50	2.79
50 - 54	12.17	7.24	69.89	61.71	226.23	161.92	87.02	148.20	8.34	3.52
55 - 59	16.76	10.10	113.09	109.31	353.20	240.91	148.26	196.72	10.61	4.63
60 - 64	21.53	14.38	153.19	166.85	532.98	378.88	224.10	252.35	12.42	6.40
65 - 69	29.22	20.66	198.28	233.23	788.67	585.24	357.39	333.27	15.78	9.14
70 - 74	40.31	29.76	248.12	302.25	1171.41	918.57	481.06	405.01	21.30	13.51
75 - 79	58.28	44.79	305.59	382.86	1743.53	1516.13	609.98	503.94	31.69	20.76
80 - 84	68.03	61.80	249.76	372.80	2191.19	2228.54	607.95	522.54	37.54	30.56
85 - 89	82.15	88.60	261.97	352.38	2709.51	3359.80	598.60	542.86	46.45	46.05
90 - 94	114.82	139.84	199.14	364.52	3982.72	5391.98	543.91	599.38	67.56	76.28
95 - 99	253.40	315.46	296.87	486.46	8418.44	11963.73	752.78	1080.12	158.72	180.16
100 +	157.48	157.48	136.46	197.18	5253.89	5941.66	382.10	289.20	99.76	93.20

\* Cifras por 1000 habitantes

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

### Tasas específicas de mortalidad, México 1985

1985	Total de defunciones *		Diabetes Mellitus		Cardiovasculares		Tumores (Neoplasias)		Resto de defunciones *	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Menores a 1 año	31.67	26.40	0.41	0.52	59.98	47.35	7.13	6.70	30.99	25.86
1 - 4	2.41	2.27	0.06	0.24	5.71	5.23	5.90	4.29	2.29	2.17
5 - 9	0.72	0.54	0.20	0.15	2.43	2.03	4.84	4.05	0.65	0.48
10 - 14	0.69	0.42	0.23	0.25	3.25	2.76	5.40	4.47	0.60	0.35
15 - 19	1.47	0.64	0.25	0.81	5.65	5.66	6.88	4.90	1.34	0.53
20 - 24	2.51	0.94	0.76	1.40	9.58	9.93	8.37	6.08	2.32	0.77
25 - 29	3.14	1.15	2.50	2.06	14.54	13.55	10.02	10.16	2.87	0.89
30 - 34	3.65	1.50	5.71	3.02	23.44	19.30	12.19	20.62	3.23	1.07
35 - 39	4.91	2.20	9.31	6.89	36.25	30.22	19.00	39.62	4.26	1.43
40 - 44	5.91	2.85	21.09	15.96	64.32	48.97	27.15	62.66	4.79	1.58
45 - 49	7.97	4.31	43.06	38.80	105.58	83.45	53.75	103.16	5.94	2.06
50 - 54	10.74	6.50	79.61	78.98	193.66	131.85	96.93	157.47	7.04	2.82
55 - 59	14.56	9.62	128.42	137.30	291.82	204.86	163.40	226.80	8.73	3.93
60 - 64	21.00	14.29	200.11	218.99	492.64	345.17	272.45	292.57	11.35	5.73
65 - 69	27.89	20.04	263.15	290.68	730.64	552.34	399.09	368.36	13.96	7.93
70 - 74	40.20	29.75	310.99	367.57	1154.41	892.36	576.67	483.69	19.78	12.31
75 - 79	56.13	42.29	386.42	465.77	1704.42	1396.14	737.64	548.75	27.85	18.19
80 - 84	84.56	70.59	429.48	556.23	2768.86	2604.78	883.18	692.52	43.75	32.06
85 - 89	97.56	93.31	387.74	519.96	3379.89	3686.42	873.71	716.36	51.15	44.08
90 - 94	105.21	127.71	268.00	417.64	3714.87	5122.93	618.26	713.56	59.20	65.16
95 - 99	244.16	310.59	385.84	727.11	8389.87	12375.14	1112.67	1133.44	145.27	168.23
100 +	157.48	157.48	158.46	186.57	5765.34	6495.12	414.42	349.83	94.10	87.17

\* Cifras por 1000 habitantes

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

## Tasas específicas de mortalidad, México 1990

1990	Total de defunciones *		Diabetes Mellitus		Cardiovasculares		Tumores (Neoplasias)		Resto de defunciones *	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Menores a 1 año	30.04	24.07	0.41	0.34	35.63	28.39	6.46	8.31	29.62	23.70
1 - 4	2.04	1.87	0.29	0.26	4.08	3.79	5.43	4.35	1.95	1.79
5 - 9	0.61	0.48	0.19	0.15	1.68	1.86	4.60	4.19	0.55	0.42
10 - 14	0.59	0.39	0.27	0.23	2.22	2.05	4.96	4.05	0.52	0.32
15 - 19	1.37	0.58	0.53	0.72	4.47	4.38	7.70	5.10	1.24	0.48
20 - 24	2.11	0.73	1.33	1.41	7.15	6.92	8.98	5.75	1.94	0.59
25 - 29	2.57	0.89	2.77	2.07	12.26	10.90	9.83	10.20	2.32	0.66
30 - 34	3.09	1.16	5.56	2.77	19.46	15.59	14.67	20.41	2.69	0.77
35 - 39	4.12	1.79	9.33	6.18	33.17	26.43	21.00	40.25	3.48	1.06
40 - 44	5.01	2.43	19.52	13.74	55.66	38.68	28.71	65.56	3.97	1.25
45 - 49	7.05	3.65	39.98	34.70	103.79	69.20	50.83	103.51	5.10	1.58
50 - 54	9.34	5.50	80.36	73.25	171.15	116.88	96.53	145.59	5.86	2.14
55 - 59	13.66	8.73	136.12	147.91	287.27	189.98	176.51	207.36	7.67	3.28
60 - 64	19.55	13.46	207.05	249.84	479.26	341.07	294.82	289.65	9.73	4.66
65 - 69	28.44	19.91	307.77	354.21	768.96	562.30	477.77	383.91	12.90	6.91
70 - 74	39.73	28.36	366.26	420.77	1160.54	905.59	658.41	489.74	17.88	10.20
75 - 79	57.98	42.83	441.95	522.20	1842.56	1511.18	853.59	609.51	26.60	16.40
80 - 84	81.53	65.32	489.11	607.72	2678.72	2551.85	1001.54	678.12	39.83	26.94
85 - 89	123.13	107.99	512.17	735.51	4504.22	4479.39	1177.98	839.66	61.18	47.45
90 - 94	129.80	129.55	321.88	537.72	4830.45	5660.07	812.37	693.94	70.16	60.63
95 - 99	198.67	238.58	364.83	622.57	7344.21	10383.77	896.22	839.61	112.62	120.12
100 +	157.48	157.48	231.25	237.15	6012.46	6858.12	485.62	371.75	90.19	82.81

\* Cifras por 1000 habitantes

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

## Tasas específicas de mortalidad, México 1995

1995	Total de defunciones *		Diabetes Mellitus		Cardiovasculares		Tumores (Neoplasias)		Resto de defunciones *	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Menores a 1 año	22.89	18.12	0.08	0.26	34.79	26.76	6.89	6.21	22.47	17.79
1 - 4	1.20	1.09	0.08	0.22	2.69	2.40	6.30	5.13	1.11	1.01
5 - 9	0.41	0.31	0.11	0.22	1.64	1.32	5.00	3.94	0.35	0.25
10 - 14	0.45	0.30	0.15	0.27	2.05	2.06	4.88	4.82	0.38	0.23
15 - 19	1.20	0.50	0.47	1.05	4.17	3.36	8.17	6.09	1.08	0.40
20 - 24	1.97	0.63	1.28	1.32	6.82	5.68	8.79	6.16	1.80	0.50
25 - 29	2.30	0.72	2.75	2.34	10.21	7.70	10.78	9.97	2.06	0.52
30 - 34	2.83	0.98	5.71	3.47	18.21	11.95	13.89	19.04	2.45	0.64
35 - 39	3.69	1.48	11.55	7.76	32.10	21.96	19.10	36.23	3.06	0.82
40 - 44	4.66	2.18	22.37	16.52	56.46	36.79	31.96	65.18	3.55	1.00
45 - 49	6.31	3.36	45.03	38.30	96.42	65.14	51.80	97.08	4.38	1.35
50 - 54	8.66	5.17	89.50	80.91	163.47	106.77	91.45	139.93	5.21	1.89
55 - 59	12.41	8.26	144.98	154.51	279.87	183.38	159.85	202.18	6.57	2.86
60 - 64	18.54	13.33	241.09	266.72	470.10	333.17	297.76	288.20	8.45	4.45
65 - 69	26.81	19.93	331.22	382.16	736.81	557.45	445.57	385.72	11.67	6.67
70 - 74	41.61	29.63	452.64	490.90	1267.12	944.07	718.93	516.12	17.23	10.12
75 - 79	57.20	42.35	496.51	584.90	1863.49	1531.26	911.55	615.09	24.48	15.04
80 - 84	85.52	67.98	541.30	663.98	3007.43	2713.38	1165.53	744.18	38.37	26.76
85 - 89	120.07	102.63	573.42	734.45	4347.11	4398.64	1295.89	844.53	57.90	42.85
90 - 94	168.77	163.27	564.00	748.35	6638.74	7229.48	1173.04	873.98	85.01	74.75
95 - 99	204.72	232.94	519.27	688.67	8295.30	10656.51	1032.04	1019.59	106.26	109.29
100 +	157.48	157.48	229.69	138.57	6172.88	7150.01	717.78	367.20	86.28	80.92

\* Cifras por 1000 habitantes

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

## Tasas específicas de mortalidad, México 2000

2000	Total de defunciones *		Diabetes Mellitus		Cardiovasculares		Tumores (Neoplasias)		Resto de defunciones *	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Menores a 1 año	18.08	14.48	0.33	0.09	16.43	11.83	7.05	6.22	17.84	14.30
1 - 4	0.83	0.73	0.13	0.09	1.48	1.65	5.99	6.08	0.76	0.65
5 - 9	0.36	0.26	0.07	0.17	0.82	0.81	5.91	5.08	0.29	0.20
10 - 14	0.41	0.28	0.20	0.38	1.18	1.26	6.00	5.20	0.34	0.21
15 - 19	1.03	0.46	0.60	0.94	3.50	2.67	8.55	5.57	0.90	0.37
20 - 24	1.61	0.55	1.30	1.39	5.78	4.29	9.65	6.31	1.44	0.43
25 - 29	1.97	0.66	3.12	2.35	8.78	5.52	10.66	10.20	1.74	0.48
30 - 34	2.32	0.84	5.27	3.49	13.35	8.62	13.75	18.64	2.00	0.54
35 - 39	3.03	1.23	11.05	7.50	24.28	15.66	19.39	33.44	2.48	0.67
40 - 44	3.94	1.89	24.67	18.45	44.70	27.27	29.33	59.31	2.95	0.84
45 - 49	5.60	3.05	52.34	45.40	81.12	50.66	50.43	97.49	3.76	1.11
50 - 54	7.97	4.92	102.79	97.11	146.14	92.42	94.24	143.44	4.54	1.59
55 - 59	11.53	7.69	177.63	179.45	246.86	158.51	156.96	189.41	5.72	2.42
60 - 64	17.13	12.37	283.97	305.91	403.51	287.91	281.36	273.78	7.45	3.70
65 - 69	26.09	19.32	405.98	469.18	686.39	511.77	472.70	390.57	10.44	5.60
70 - 74	38.84	29.02	556.07	596.53	1103.76	882.87	708.91	524.39	15.16	8.98
75 - 79	59.98	43.48	725.70	759.58	1873.78	1474.16	1004.22	646.97	23.94	14.68
80 - 84	82.64	65.19	727.33	838.63	2708.57	2466.23	1221.42	796.26	36.07	24.18
85 - 89	122.04	103.88	786.53	929.53	4227.40	4224.21	1384.23	891.67	58.06	43.42
90 - 94	156.64	144.67	645.60	817.03	5620.44	5994.06	1385.28	877.00	80.13	67.79
95 - 99	236.03	243.94	715.98	877.54	7989.10	9940.25	1414.05	968.05	134.84	126.08
100 +	157.48	157.48	123.15	282.37	5403.28	5574.74	615.76	419.52	96.06	94.71

\* Cifras por 1000 habitantes

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

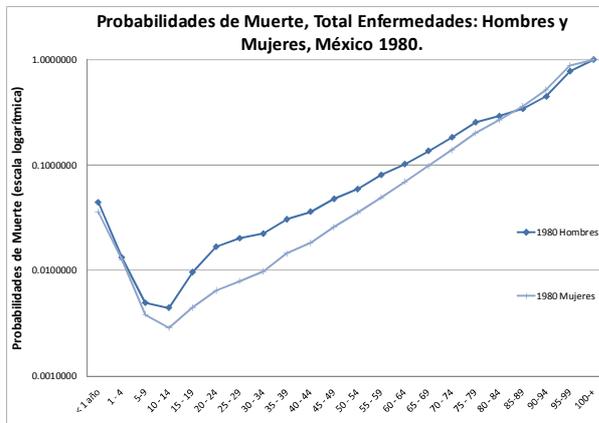
## Tasas específicas de mortalidad, México 2005

2005	Total de defunciones *		Diabetes Mellitus		Cardiovasculares		Tumores (Neoplasias)		Resto de defunciones *	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Menores a 1 año	17.51	14.19	0.19	0.00	15.96	15.07	7.88	8.03	17.27	13.96
1 - 4	0.80	0.70	0.14	0.09	1.50	1.18	6.64	6.43	0.71	0.62
5 - 9	0.31	0.25	0.10	0.12	0.94	0.74	5.93	4.66	0.24	0.19
10 - 14	0.39	0.27	0.16	0.43	1.43	1.12	5.82	5.02	0.31	0.20
15 - 19	0.99	0.45	0.46	0.90	3.67	2.37	9.07	6.00	0.86	0.36
20 - 24	1.50	0.55	1.62	1.85	6.21	3.25	9.59	7.11	1.33	0.43
25 - 29	1.84	0.64	3.32	2.52	9.43	5.72	11.85	9.44	1.60	0.46
30 - 34	2.24	0.79	7.61	4.80	15.69	8.10	14.02	17.09	1.87	0.49
35 - 39	2.72	1.09	12.69	7.88	23.85	12.61	18.66	30.21	2.16	0.58
40 - 44	3.59	1.68	28.51	19.91	42.18	24.03	30.12	51.28	2.58	0.73
45 - 49	5.08	2.83	61.56	47.63	74.22	45.26	50.31	86.81	3.21	1.03
50 - 54	7.55	4.61	127.97	104.52	136.63	75.83	87.64	131.04	4.03	1.50
55 - 59	11.13	7.41	222.50	201.98	228.55	136.41	151.54	182.06	5.10	2.20
60 - 64	16.36	11.74	332.27	341.46	371.64	243.55	267.39	254.51	6.65	3.35
65 - 69	24.73	17.94	477.16	503.80	631.57	419.12	423.27	343.24	9.41	5.28
70 - 74	38.58	28.26	677.96	684.65	1047.35	766.74	690.16	495.73	14.43	8.79
75 - 79	58.51	44.17	840.55	918.59	1757.67	1393.24	993.68	640.90	22.59	14.64
80 - 84	93.44	70.73	1098.42	1102.38	3022.35	2518.34	1352.48	811.04	38.71	26.41
85 - 89	127.63	106.49	1071.97	1233.13	4334.66	4112.98	1464.57	847.27	58.92	44.55
90 - 94	174.43	161.43	895.96	1134.44	6211.31	6478.38	1521.00	910.97	88.14	76.19
95 - 99	233.43	233.75	824.86	1172.77	8175.01	9669.66	1450.07	865.84	128.93	116.66
100 +	157.48	157.48	375.22	474.48	5844.40	6060.17	636.74	390.40	88.92	88.23

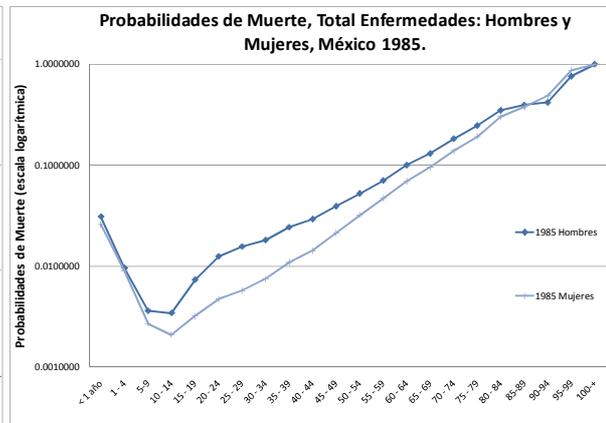
\* Cifras por 1000 habitantes

Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

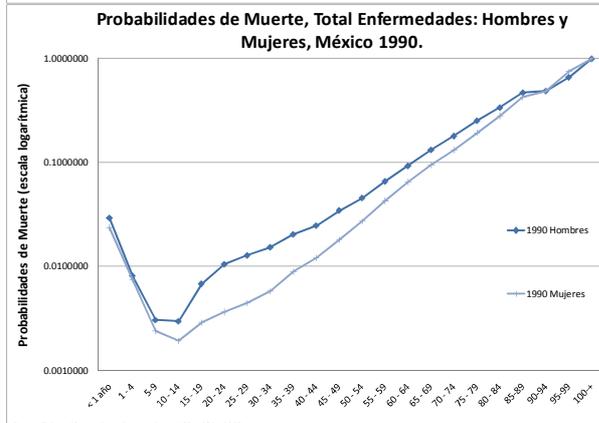
## Total de Enfermedades



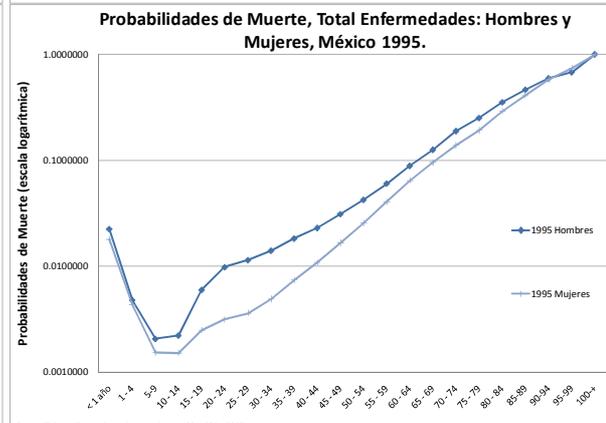
Fuente: Elaboración propia con base en datos INEGI 1979 a 2007



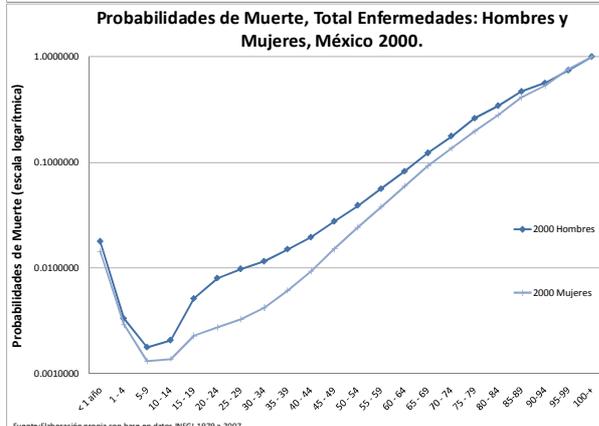
Fuente: Elaboración propia con base en datos INEGI 1979 a 2007



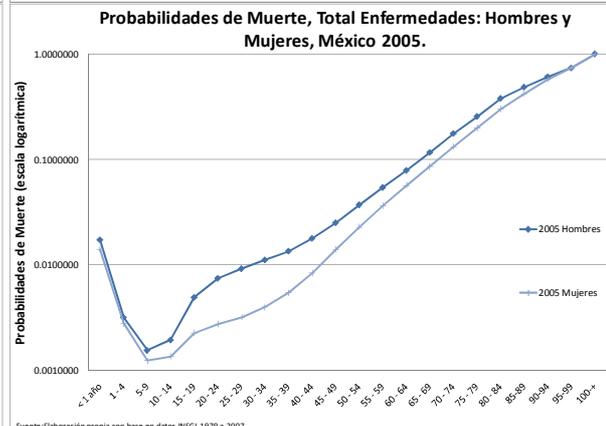
Fuente: Elaboración propia con base en datos INEGI 1979 a 2007



Fuente: Elaboración propia con base en datos INEGI 1979 a 2007



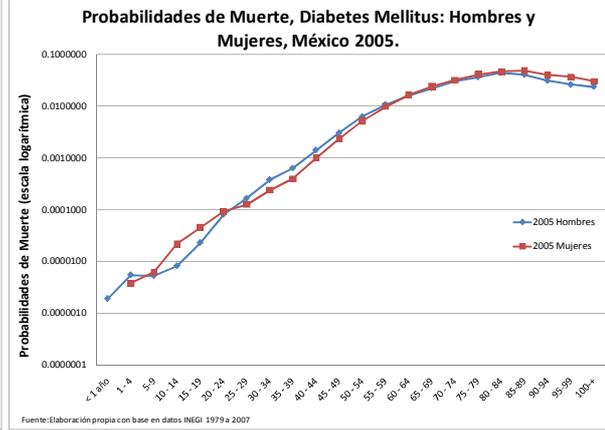
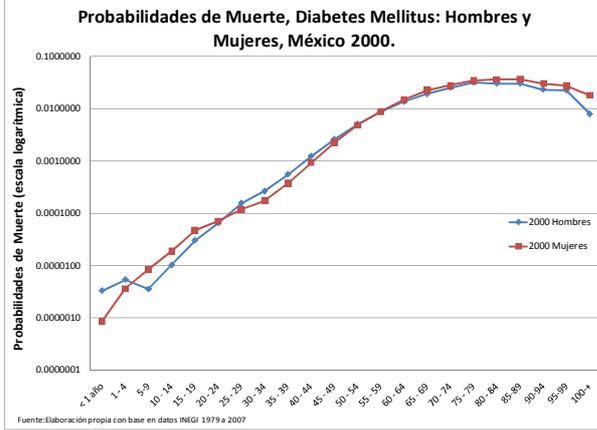
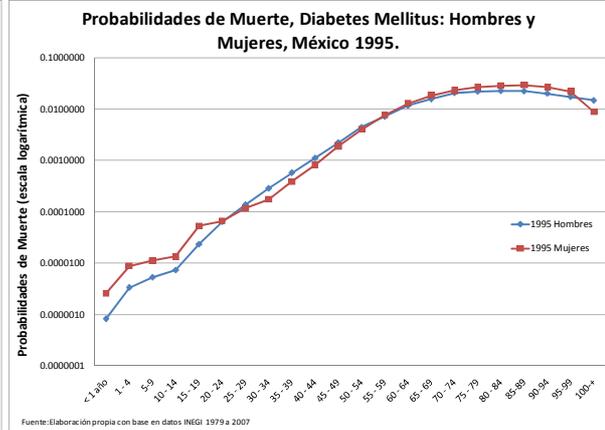
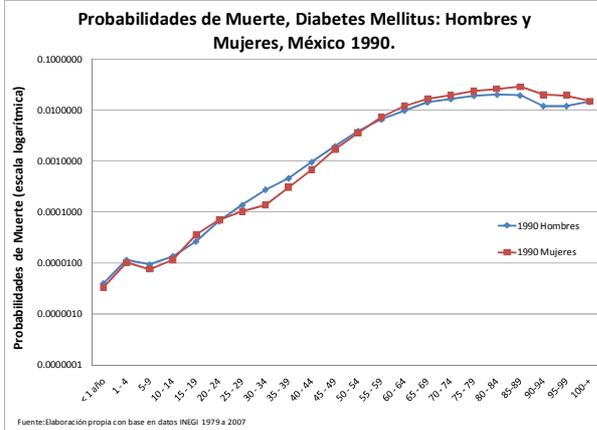
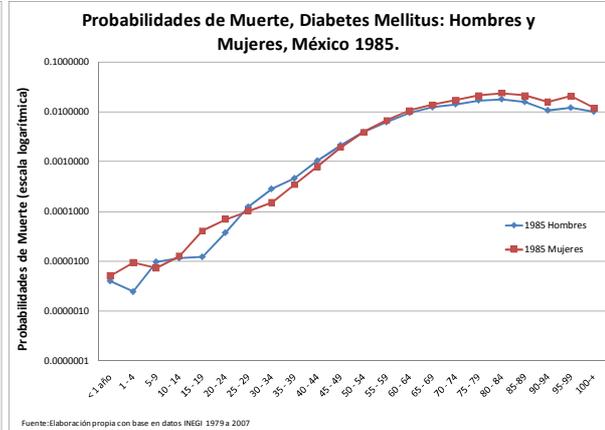
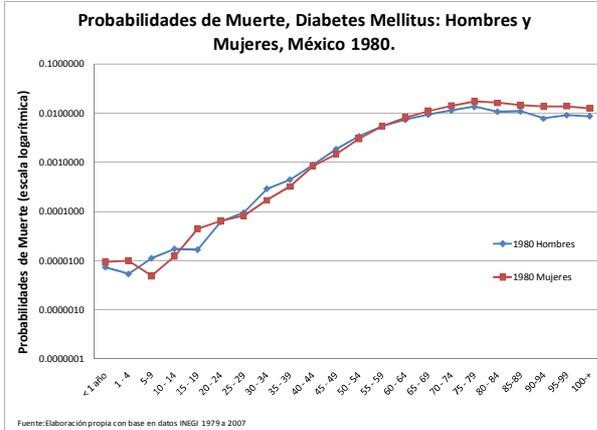
Fuente: Elaboración propia con base en datos INEGI 1979 a 2007



Fuente: Elaboración propia con base en datos INEGI 1979 a 2007

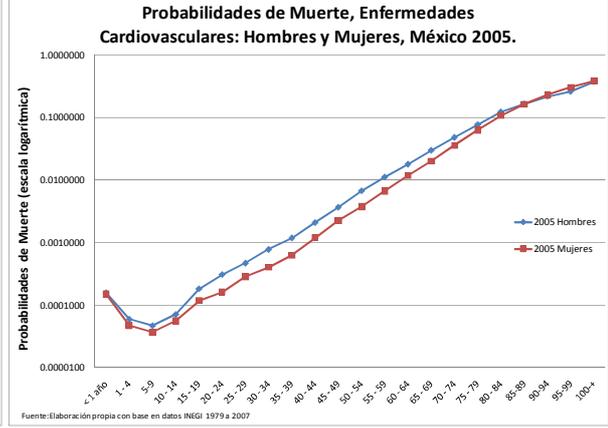
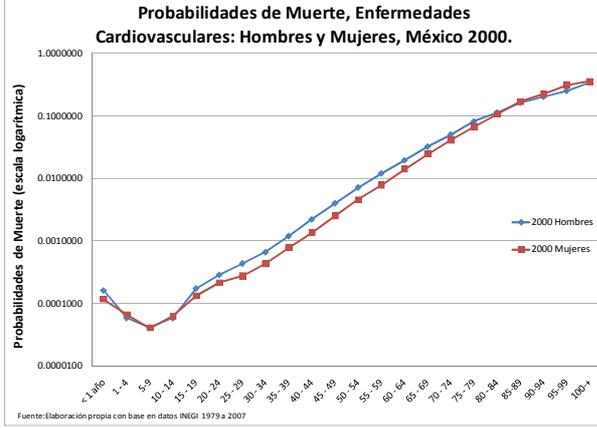
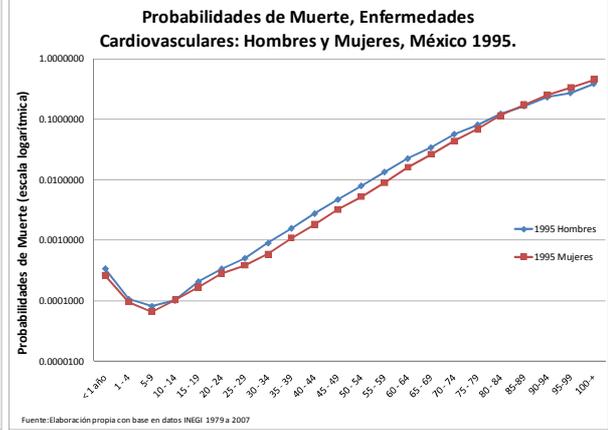
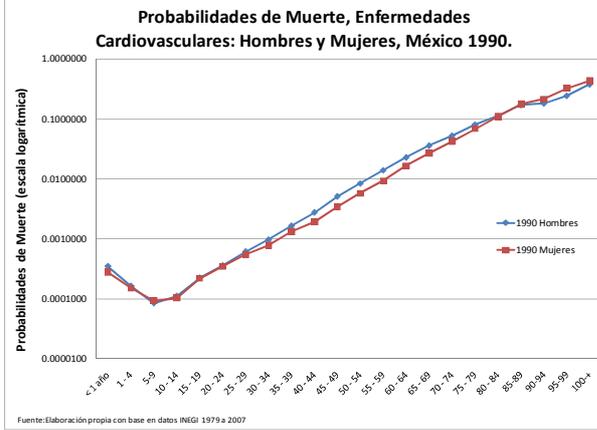
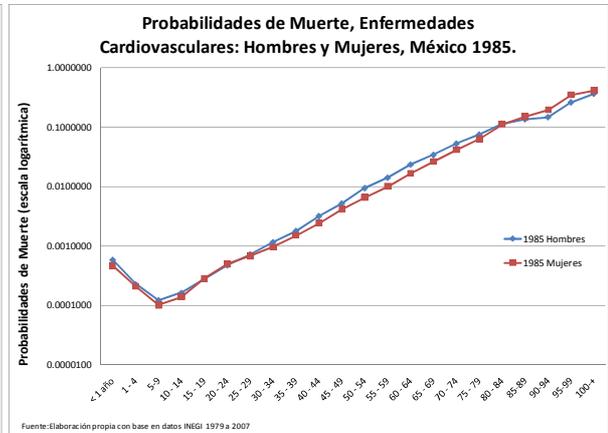
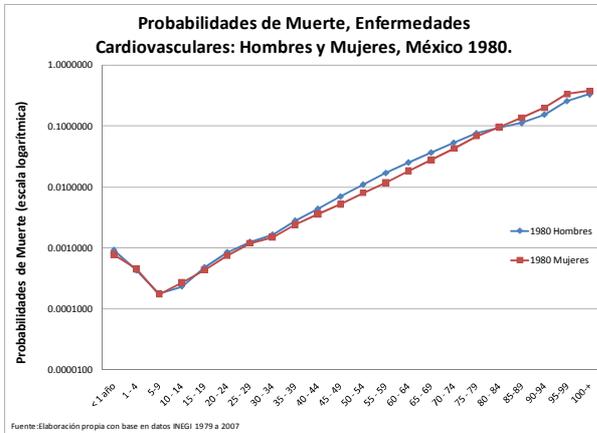
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

# Diabetes Mellitus



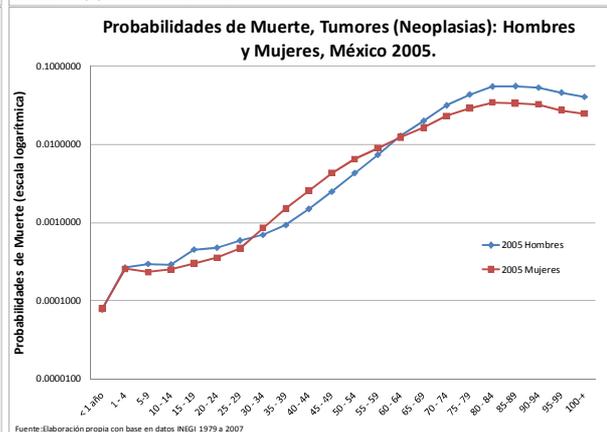
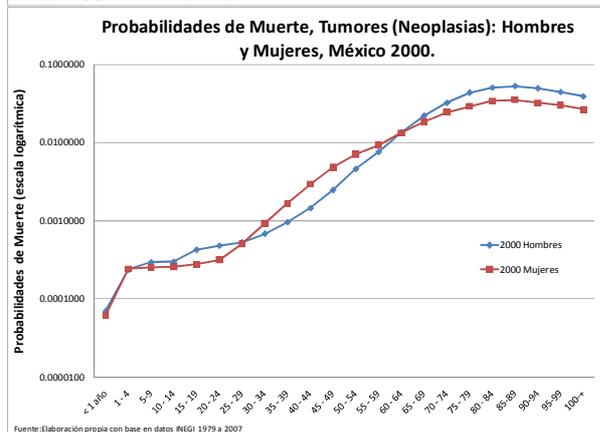
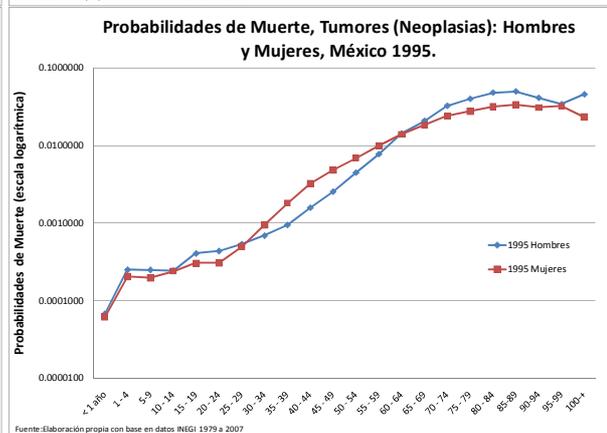
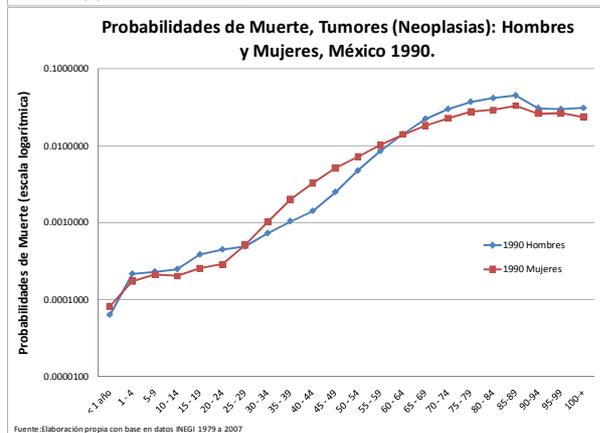
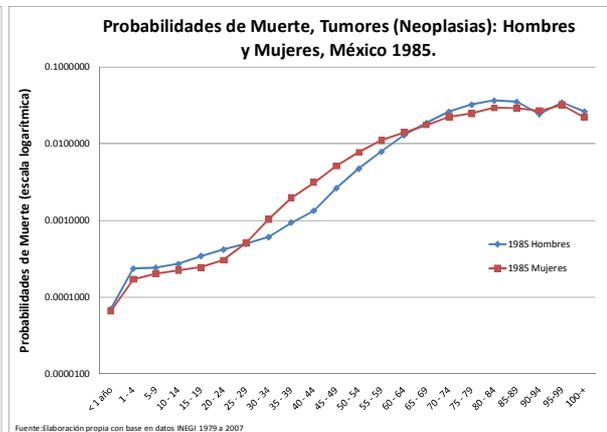
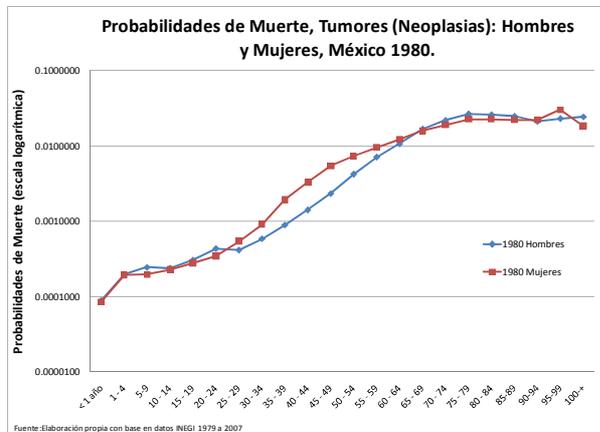
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

# Enfermedades Cardiovasculares



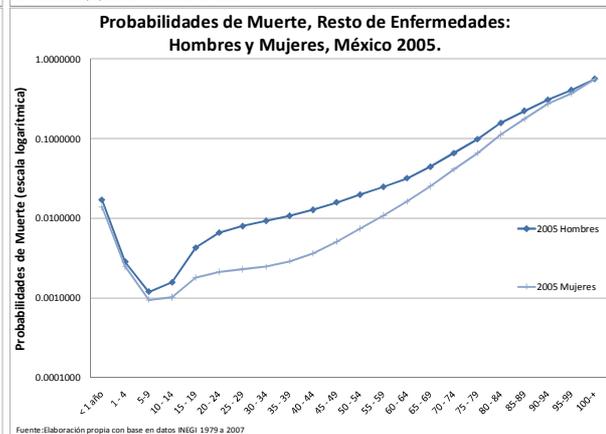
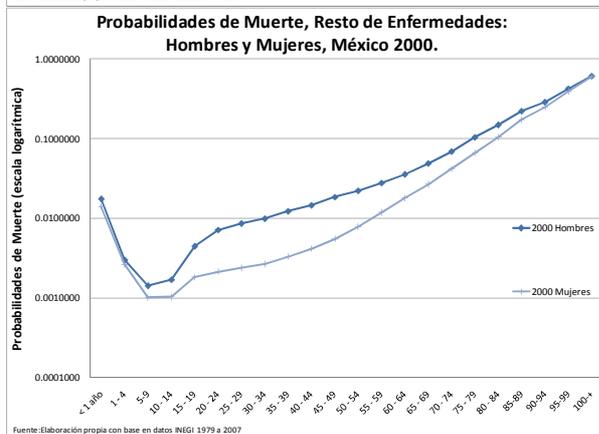
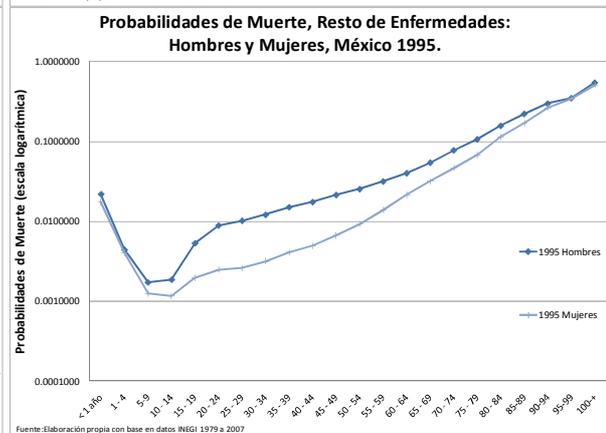
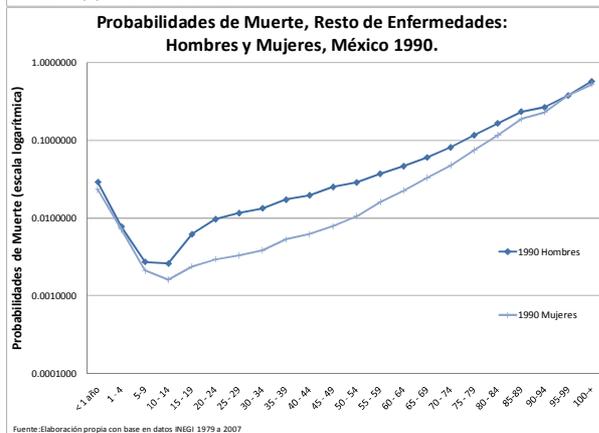
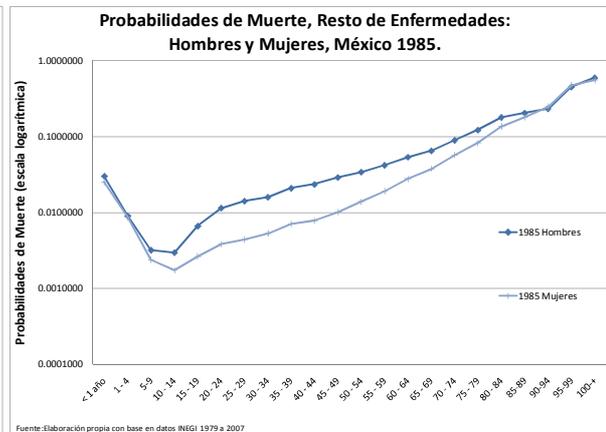
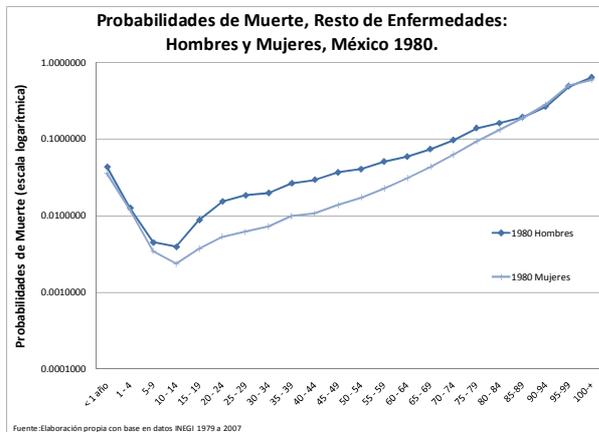
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

# Tumores



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

## Resto Enfermedades



Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI 1979 a 2008

## Anexo V – Bondad de ajuste para estimación por parámetros originales y óptimos

$R^2$  para serie  $q_x$  de ajuste función Gompertz parámetros originales y parámetros óptimos.

Bondad de ajuste función Gompertz mediante  $R^2$  para  $q_x$  México, 1980 - 2007

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.8277	0.5068	0.4500	0.0530	0.1735	0.8268	0.3726	0.2897	0.5626	0.0111
1981	0.8400	0.5115	0.4389	0.0188	0.1338	0.8345	0.3576	0.2845	0.5534	0.0055
1982	0.8656	0.3975	0.4602	0.0002	0.1875	0.8497	0.1923	0.2953	0.5071	0.0211
1983	0.8772	0.2706	0.4988	0.0056	0.1977	0.8658	0.1096	0.3510	0.5112	0.1047
1984	0.8720	0.1704	0.4458	0.0376	0.2807	0.8627	0.0279	0.4241	0.4428	0.1287
1985	0.8509	0.1435	0.4707	0.0663	0.2281	0.8429	0.0333	0.4110	0.3240	0.1200
1986	0.8372	0.0329	0.4365	0.1161	0.2489	0.8213	0.0147	0.4027	0.2989	0.1216
1987	0.8423	0.0029	0.4573	0.1852	0.2802	0.8287	0.0457	0.3953	0.2689	0.1638
1988	0.8889	0.0053	0.5170	0.2391	0.2681	0.8836	0.0509	0.4896	0.2265	0.1830
1989	0.9068	0.0006	0.4838	0.2376	0.2490	0.9160	0.0243	0.4483	0.2384	0.1720
1990	0.9294	0.0007	0.4170	0.2059	0.1931	0.9332	0.0516	0.4285	0.2973	0.0800
1991	0.9374	0.0103	0.3734	0.1196	0.0990	0.9454	0.0081	0.3461	0.3713	0.0608
1992	0.9462	0.0084	0.2884	0.1101	0.0852	0.9567	0.0145	0.3302	0.3236	0.0522
1993	0.9528	0.0144	0.2752	0.0857	0.0634	0.9703	0.0195	0.3136	0.3584	0.0661
1994	0.9466	0.0145	0.2431	0.1026	0.0674	0.9611	0.0248	0.3083	0.2906	0.0512
1995	0.9430	0.0001	0.2151	0.1024	0.0889	0.9503	0.0437	0.2676	0.2607	0.0685
1996	0.9467	0.0099	0.2425	0.1105	0.0824	0.9523	0.0671	0.2905	0.1949	0.0768
1997	0.9566	0.0230	0.2172	0.1327	0.1443	0.9619	0.0913	0.2817	0.1193	0.1215
1998	0.9799	0.1243	0.3209	0.2122	0.1558	0.9825	0.2188	0.3910	0.0659	0.1648
1999	0.9869	0.2117	0.3920	0.2698	0.1946	0.9862	0.2797	0.4406	0.0699	0.1702
2000	0.9911	0.2299	0.4201	0.2969	0.1834	0.9888	0.2929	0.4632	0.0608	0.1465
2001	0.9941	0.2241	0.3994	0.2702	0.1535	0.9939	0.2714	0.4337	0.1099	0.1054
2002	0.9937	0.2435	0.3458	0.2502	0.1645	0.9937	0.2815	0.3927	0.0896	0.1115
2003	0.9931	0.2749	0.3176	0.2766	0.2108	0.9959	0.3151	0.3874	0.0595	0.1322
2004	0.9909	0.2813	0.3198	0.2702	0.1824	0.9951	0.3205	0.3861	0.0244	0.1351
2005	0.9912	0.2653	0.3126	0.2426	0.1635	0.9946	0.3226	0.3681	0.0652	0.1443
2006	0.9894	0.2493	0.2703	0.2149	0.1457	0.9951	0.2998	0.3494	0.0508	0.1199
2007	0.9914	0.2491	0.2776	0.2070	0.1447	0.9955	0.2903	0.3454	0.0512	0.1160

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

Bondad de ajuste función Gompertz mediante  $R^2$ , parámetros óptimos para  $q_x$  México, 1980 - 2007

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.8298	0.7918	0.0318	0.7293	0.0778	0.8336	0.7951	0.0170	0.7788	0.0204
1981	0.8419	0.8078	0.0323	0.7421	0.0494	0.8398	0.8024	0.0277	0.7816	0.0381
1982	0.8670	0.8264	0.0280	0.7630	0.0714	0.8536	0.8129	0.0188	0.7943	0.0481
1983	0.8781	0.8335	0.0204	0.7637	0.0736	0.8686	0.8250	0.0165	0.8089	0.0130
1984	0.8727	0.8291	0.0024	0.7589	0.1315	0.8648	0.8151	0.0012	0.8015	0.0092
1985	0.8517	0.8069	0.0011	0.7253	0.0978	0.8446	0.7915	0.0013	0.7738	0.0144
1986	0.8384	0.7846	0.0020	0.6973	0.1288	0.8229	0.7559	0.0047	0.7492	0.0176
1987	0.8434	0.7831	0.0179	0.6724	0.1600	0.8298	0.7590	0.0065	0.7561	0.0093
1988	0.8895	0.8251	0.0685	0.6931	0.1445	0.8841	0.8172	0.0332	0.8047	0.0096
1989	0.9067	0.8521	0.0813	0.5995	0.1280	0.9162	0.8602	0.0225	0.8546	0.0197
1990	0.9287	0.8951	0.0381	0.7573	0.0887	0.9332	0.8883	0.0162	0.8851	0.0424
1991	0.9357	0.9235	0.0309	0.8208	0.0275	0.9454	0.9178	0.0004	0.9132	0.0519
1992	0.9437	0.9496	0.0079	0.8582	0.0234	0.9569	0.9405	0.0011	0.9355	0.0523
1993	0.9497	0.9703	0.0074	0.8879	0.0114	0.9706	0.9616	0.0005	0.9569	0.0423
1994	0.9434	0.9677	0.0097	0.8603	0.0150	0.9614	0.9592	0.0085	0.9544	0.0336
1995	0.9399	0.9663	0.0161	0.8381	0.0360	0.9505	0.9510	0.0084	0.9498	0.0078
1996	0.9441	0.9608	0.0471	0.8089	0.0359	0.9526	0.9488	0.2181	0.9482	0.0000
1997	0.9548	0.9513	0.0490	0.7658	0.0817	0.9620	0.9429	0.0214	0.9411	0.0001
1998	0.9792	0.9119	0.1054	0.6833	0.0881	0.9824	0.9143	0.0521	0.9295	0.0001
1999	0.9866	0.8721	0.1162	0.6404	0.1218	0.9859	0.8925	0.0404	0.9225	0.0022
2000	0.9908	0.8627	0.1138	0.6071	0.1087	0.9885	0.8900	0.0332	0.9207	0.0174
2001	0.9932	0.8625	0.1080	0.6333	0.0856	0.9940	0.9009	0.0156	0.9398	0.0175
2002	0.9924	0.8236	0.1060	0.5892	0.1024	0.9938	0.8936	0.0298	0.9470	0.0074
2003	0.9917	0.7655	0.1116	0.5257	0.1442	0.9960	0.8688	0.0407	0.9450	0.0020
2004	0.9889	0.6958	0.1371	0.4603	0.1293	0.9952	0.8338	0.3210	0.9376	0.0000
2005	0.9886	0.6879	0.1215	0.5057	0.1191	0.9945	0.8300	0.2981	0.9509	0.0015
2006	0.9863	0.6676	0.0974	0.5203	0.1046	0.9949	0.8314	0.2832	0.9498	0.0035
2007	0.9885	0.6605	0.1036	0.5318	0.1091	0.9950	0.8231	0.2790	0.9524	0.0048

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

## $R^2$ para serie $q_x$ de ajuste función Gompertz-Makeham parámetros originales y óptimos.

**Bondad de ajuste función Gompertz-Makeham mediante  $R^2$  para  $q_x$  México, 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.8386	0.8130	0.7632	0.7600	0.4822	0.8377	0.7683	0.7501	0.7521	0.4752
1981	0.8491	0.4151	0.4986	0.2909	0.0543	0.8428	0.0429	0.3621	0.6481	0.1683
1982	0.8736	0.1728	0.5203	0.3303	0.0833	0.8570	0.0325	0.3698	0.6041	0.1955
1983	0.8836	0.0543	0.5479	0.3730	0.1220	0.8726	0.0882	0.4172	0.6022	0.3220
1984	0.8770	0.0003	0.4737	0.3839	0.2129	0.8691	0.2029	0.4828	0.5423	0.3254
1985	0.8557	0.0001	0.4868	0.3881	0.1806	0.8490	0.1326	0.4562	0.3438	0.3362
1986	0.8428	0.0881	0.4419	0.4110	0.2147	0.8274	0.3166	0.4437	0.3371	0.3421
1987	0.8473	0.1254	0.4407	0.4252	0.2783	0.8343	0.3485	0.4285	0.2541	0.3675
1988	0.8921	0.2156	0.4673	0.4390	0.2741	0.8884	0.3674	0.5119	0.1935	0.3728
1989	0.9066	0.1764	0.4336	0.4094	0.2547	0.9189	0.3261	0.4605	0.1362	0.3984
1990	0.9257	0.1789	0.3682	0.3691	0.2079	0.9340	0.3561	0.4478	0.1696	0.3005
1991	0.9296	0.1274	0.3318	0.2935	0.1212	0.9443	0.2811	0.3653	0.1758	0.2914
1992	0.9351	0.1185	0.2263	0.2325	0.1134	0.9540	0.2706	0.3342	0.0597	0.2580
1993	0.9409	0.1027	0.2278	0.2144	0.0783	0.9672	0.2568	0.3080	0.1103	0.2579
1994	0.9355	0.0724	0.1848	0.1922	0.0833	0.9577	0.2367	0.2747	0.0338	0.2133
1995	0.9326	0.1071	0.1163	0.1383	0.1064	0.9470	0.2122	0.2181	0.0180	0.2028
1996	0.9376	0.1186	0.0411	0.0904	0.0931	0.9495	0.1893	0.1779	0.0000	0.1681
1997	0.9499	0.1273	0.0012	0.0502	0.1510	0.9601	0.1853	0.1257	0.0061	0.2031
1998	0.9763	0.1939	0.0027	0.0426	0.1601	0.9826	0.2234	0.1689	0.0416	0.2463
1999	0.9849	0.2501	0.0206	0.0566	0.2135	0.9867	0.2805	0.2302	0.0449	0.2892
2000	0.9886	0.2837	0.0413	0.0823	0.2208	0.9889	0.3248	0.2617	0.0630	0.3106
2001	0.9899	0.2601	0.0244	0.0707	0.1942	0.9928	0.3103	0.2722	0.0286	0.2665
2002	0.9884	0.1983	0.0039	0.0133	0.1957	0.9917	0.2416	0.1914	0.0304	0.2501
2003	0.9879	0.1812	0.0205	0.0008	0.2364	0.9934	0.2183	0.1567	0.0543	0.2379
2004	0.9849	0.1659	0.0166	0.0000	0.2006	0.9923	0.1770	0.0859	0.0948	0.2031
2005	0.9842	0.1850	0.0002	0.0337	0.1889	0.9916	0.2301	0.1600	0.0553	0.2379
2006	0.9816	0.1580	0.0046	0.0396	0.1657	0.9919	0.2045	0.1703	0.0401	0.2082
2007	0.9841	0.1546	0.0037	0.0251	0.1710	0.9924	0.2100	0.1516	0.0410	0.1954

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

**Bondad de ajuste función Gompertz-Makeham mediante  $R^2$ , parámetros óptimos para  $q_x$  México, 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.8377	0.8038	0.1108	0.7501	0.0013	0.8425	0.8109	0.1261	0.7999	0.0061
1981	0.8467	0.8160	0.1168	0.7594	0.0091	0.8465	0.8159	0.1576	0.8002	0.0000
1982	0.8708	0.8339	0.1145	0.7795	0.0024	0.8587	0.8240	0.1302	0.8101	0.0007
1983	0.8812	0.8405	0.0977	0.7803	0.0002	0.8726	0.8351	0.1316	0.8236	0.0070
1984	0.8754	0.8356	0.0454	0.7748	0.0201	0.8682	0.8240	0.0391	0.8163	0.0020
1985	0.8546	0.8139	0.0149	0.7436	0.0186	0.8475	0.8013	0.0222	0.7883	0.0021
1986	0.8418	0.7929	0.0084	0.7079	0.0393	0.8256	0.7643	0.0234	0.7638	0.0066
1987	0.8465	0.7908	0.0005	0.6805	0.0843	0.8320	0.7674	0.0086	0.7701	0.0191
1988	0.8917	0.8308	0.0291	0.5917	0.0862	0.8858	0.8236	0.0010	0.8189	0.0024
1989	0.9070	0.8553	0.0432	0.7097	0.0775	0.9173	0.8433	0.0043	0.8666	0.0000
1990	0.9271	0.8979	0.0112	0.7525	0.0436	0.9337	0.7739	0.0082	0.8941	0.0218
1991	0.9319	0.9256	0.0040	0.8227	0.0049	0.9454	0.9050	0.0273	0.9204	0.0378
1992	0.9386	0.9515	0.0009	0.8410	0.0030	0.9567	0.8531	0.0348	0.9414	0.0788
1993	0.9436	0.9717	0.0007	0.8879	0.0001	0.9704	0.9635	0.0383	0.9623	0.0805
1994	0.9373	0.9703	0.0000	0.8419	0.0015	0.9612	0.9613	0.0106	0.9595	0.0895
1995	0.9341	0.9708	0.0020	0.7576	0.0154	0.9502	0.9534	0.0075	0.9549	0.0414
1996	0.9393	0.9669	0.0241	0.7722	0.0181	0.9524	0.9513	0.0009	0.9536	0.0152
1997	0.9513	0.9572	0.0255	0.7076	0.0560	0.9620	0.9458	0.0009	0.9485	0.0019
1998	0.9775	0.9145	0.0781	0.5262	0.0611	0.9824	0.9123	0.0016	0.9393	0.0000
1999	0.9859	0.8744	0.0809	0.5573	0.0898	0.9859	0.8919	0.0003	0.9327	0.0000
2000	0.9899	0.8679	0.0738	0.5359	0.0750	0.9884	0.8913	0.0003	0.9309	0.0075
2001	0.9918	0.8685	0.0707	0.5484	0.0555	0.9940	0.9044	0.0130	0.9491	0.0204
2002	0.9903	0.8237	0.0764	0.5016	0.0778	0.9938	0.8983	0.0010	0.9573	0.0074
2003	0.9894	0.7546	0.0882	0.4124	0.1215	0.9960	0.8749	0.0003	0.9566	0.0002
2004	0.9857	0.6595	0.1218	0.3098	0.1160	0.9951	0.8435	0.0053	0.9515	0.0001
2005	0.9846	0.6415	0.1112	0.3492	0.1114	0.9943	0.8390	0.0003	0.9601	0.0034
2006	0.9815	0.6075	0.0825	0.3487	0.0983	0.9944	0.6983	0.0042	0.9622	0.0029
2007	0.9835	0.5760	0.0905	0.3306	0.1075	0.9922	0.7772	0.0456	0.9557	0.0207

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

## $R^2$ para serie $q_x$ de ajuste función Lazarus parámetros originales y parámetros óptimos.

Bondad de ajuste función Lazarus mediante  $R^2$  para  $q_x$  México, 1980 - 2007

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.8404	0.6516	0.2811	0.5184	0.0343	0.8506	0.7576	0.1120	0.6687	0.0170
1981	0.8506	0.6825	0.2737	0.5532	0.0641	0.8539	0.8453	0.1437	0.6942	0.0039
1982	0.8734	0.6733	0.3365	0.5137	0.0309	0.8653	0.8555	0.0867	0.6921	0.0022
1983	0.8821	0.6367	0.2491	0.8545	0.0089	0.8783	0.8688	0.0771	0.6919	0.0277
1984	0.8753	0.6165	0.3041	0.4601	0.0000	0.8728	0.8611	0.0131	0.6688	0.0146
1985	0.8542	0.5998	0.2465	0.4771	0.0025	0.8517	0.8383	0.0077	0.6242	0.0147
1986	0.8415	0.5235	0.2112	0.3922	0.0037	0.8297	0.8138	0.0000	0.6091	0.0248
1987	0.8458	0.5187	0.1396	0.3389	0.0214	0.8351	0.6511	0.0003	0.5971	0.0376
1988	0.8907	0.4775	0.0589	0.2640	0.0183	0.8869	0.6925	0.0039	0.6347	0.0151
1989	0.9071	0.4958	0.0466	0.3282	0.0064	0.9170	0.7713	0.0001	0.7069	0.0003
1990	0.9289	0.6208	0.1356	0.3978	0.0001	0.9333	0.8098	0.0073	0.7870	0.0233
1991	0.9361	0.7005	0.1497	0.5969	0.0431	0.9457	0.8675	0.0477	0.8418	0.0610
1992	0.9446	0.7415	0.2187	0.6275	0.0493	0.9578	0.8934	0.0379	0.8564	0.1164
1993	0.9497	0.7539	0.1878	0.7127	0.0480	0.9717	0.9000	0.0295	0.9031	0.1076
1994	0.9424	0.7822	0.1256	0.6477	0.0323	0.9626	0.8938	0.0057	0.8904	0.1007
1995	0.9386	0.6041	0.0757	0.6048	0.0008	0.9516	0.8756	0.0028	0.8854	0.0527
1996	0.9435	0.5190	0.0241	0.5001	0.0000	0.9536	0.8509	0.0010	0.8575	0.0171
1997	0.9544	0.4791	0.0136	0.4223	0.0126	0.9625	0.8335	0.0003	0.8465	0.0028
1998	0.9791	0.2051	0.0001	0.3499	0.7456	0.9818	0.6950	0.0115	0.9673	0.0017
1999	0.9866	0.1251	0.0007	0.3987	0.0465	0.9849	0.6852	0.0063	0.8007	0.0021
2000	0.9908	0.2079	0.0050	0.4674	0.0289	0.9874	0.7401	0.0005	0.8401	0.0018
2001	0.9935	0.2301	0.0060	0.5511	0.0131	0.9936	0.7963	0.0021	0.8877	0.0107
2002	0.9927	0.1001	0.0017	0.5452	0.0303	0.9940	0.7823	0.0017	0.8931	0.0039
2003	0.9918	0.0499	0.0012	0.4814	0.0652	0.9965	0.7414	0.0090	0.9008	0.0002
2004	0.9886	0.9817	0.0128	0.4742	0.0663	0.9959	0.7306	0.0193	0.8960	0.0002
2005	0.9879	0.9894	0.0072	0.5706	0.0626	0.9953	0.7625	0.0092	0.9084	0.0069
2006	0.9851	0.9920	0.0041	0.6219	0.0566	0.9957	0.7862	0.0181	0.9215	0.0049
2007	0.9867	0.9890	0.0090	0.6336	0.0685	0.9958	0.8218	0.0355	0.9225	0.0028

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

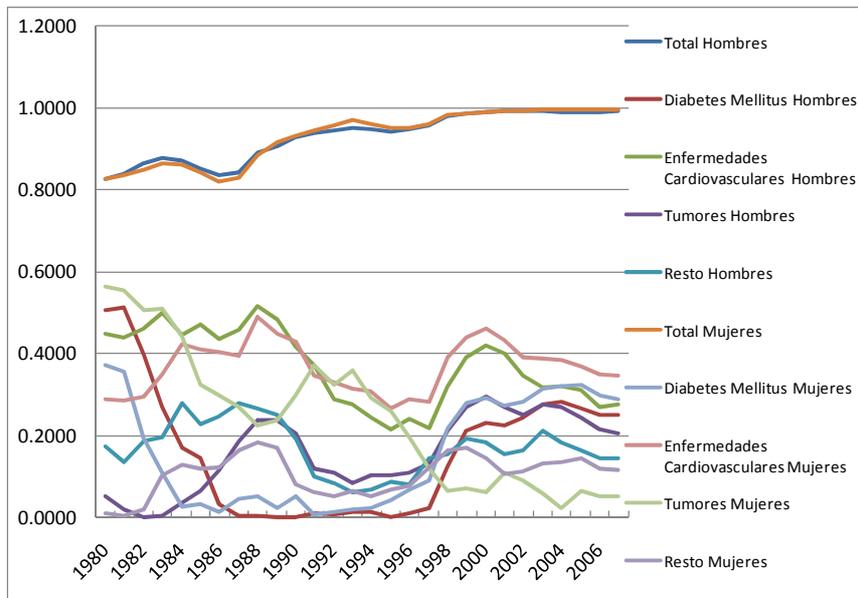
Bondad de ajuste función Lazarus mediante  $R^2$ , parámetros óptimos para  $q_x$  México, 1980 - 2007

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.8369	0.8095	0.3682	0.7669	0.0443	0.8451	0.8244	0.2073	0.8136	0.0000
1981	0.8475	0.8241	0.3786	0.7799	0.0682	0.8482	0.8280	0.2411	0.8131	0.0063
1982	0.8705	0.8422	0.3836	0.8011	0.0375	0.8593	0.8363	0.1924	0.8244	0.0131
1983	0.8804	0.8496	0.3727	0.8038	0.0141	0.8726	0.8485	0.2233	0.8351	0.0000
1984	0.8743	0.8443	0.2842	0.7996	0.0000	0.8678	0.8382	0.1080	0.8293	0.0017
1985	0.8538	0.8233	0.2110	0.7815	0.0004	0.8468	0.8161	0.0764	0.8037	0.0018
1986	0.8413	0.8059	0.1782	0.7578	0.0098	0.8249	0.7869	0.0523	0.7799	0.0000
1987	0.8461	0.8068	0.1057	0.7440	0.0322	0.8313	0.7878	0.0483	0.7864	0.0001
1988	0.8914	0.8496	0.0308	0.7751	0.0312	0.8847	0.8447	0.0155	0.8356	0.0013
1989	0.9070	0.8723	0.0151	0.7990	0.0243	0.9163	0.8835	0.0250	0.8807	0.0087
1990	0.9276	0.9104	0.0584	0.8406	0.0085	0.9333	0.9080	0.0359	0.9082	0.0597
1991	0.9325	0.9336	0.0575	0.8867	0.0049	0.9457	0.9324	0.0972	0.9302	0.0924
1992	0.9391	0.9553	0.1068	0.9180	0.0058	0.9574	0.9516	0.0834	0.9493	0.1461
1993	0.9436	0.9715	0.0926	0.9459	0.0098	0.9712	0.9705	0.0906	0.9684	0.1527
1994	0.9370	0.9693	0.0595	0.9326	0.0047	0.9620	0.9670	0.0423	0.9651	0.1612
1995	0.9335	0.9719	0.0244	0.9203	0.0016	0.9510	0.9592	0.0328	0.9596	0.0948
1996	0.9390	0.9728	0.0011	0.9038	0.0036	0.9532	0.9587	0.0162	0.9587	0.0481
1997	0.9513	0.9702	0.0002	0.8754	0.0269	0.9623	0.9574	0.0155	0.9581	0.0210
1998	0.9777	0.9538	0.0044	0.8192	0.0355	0.9819	0.9482	0.0039	0.9545	0.0113
1999	0.9861	0.9295	0.0015	0.8219	0.0671	0.9849	0.9345	0.0163	0.9490	0.0150
2000	0.9903	0.9295	0.0000	0.8114	0.0491	0.9874	0.9324	0.0294	0.9491	0.0469
2001	0.9925	0.9353	0.0003	0.8348	0.0327	0.9937	0.9443	0.0540	0.9631	0.0728
2002	0.9912	0.9213	0.0041	0.8150	0.0562	0.9940	0.9460	0.0218	0.9714	0.0452
2003	0.9901	0.8872	0.0174	0.7649	0.0987	0.9965	0.9386	0.0111	0.9716	0.0299
2004	0.9860	0.8452	0.0516	0.7048	0.1031	0.9958	0.9274	0.0020	0.9692	0.0167
2005	0.9847	0.8454	0.0448	0.7312	0.1014	0.9951	0.9319	0.0105	0.9751	0.0038
2006	0.9810	0.8321	0.0381	0.7278	0.0931	0.9954	0.9454	0.0026	0.9784	0.0033
2007	0.9826	0.8123	0.0516	0.7101	0.1040	0.9954	0.9432	0.0004	0.9802	0.0029

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

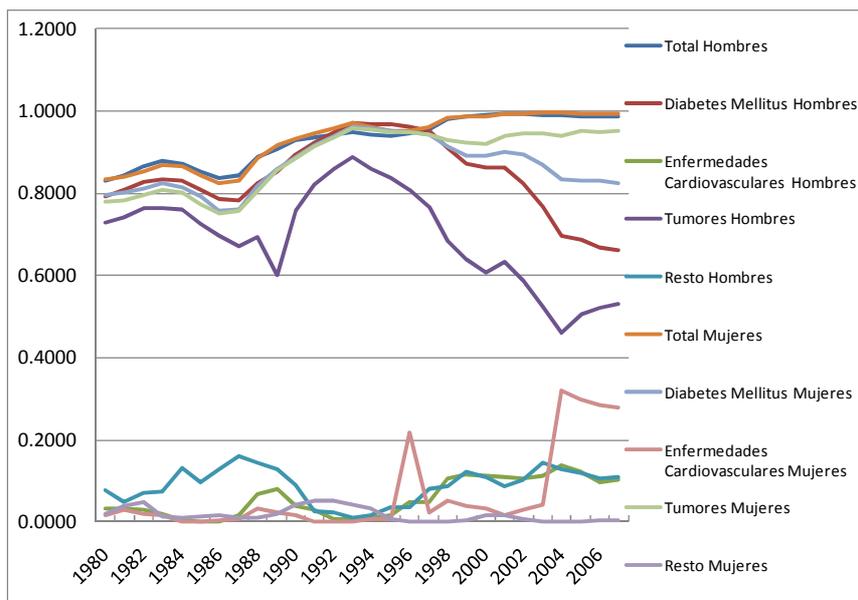
**Anexo VI – Gráficas de Bondad de ajuste para estimación por parámetros originales y óptimos**

**Gráfica de  $R^2$  para serie  $q_x$  de ajuste función Gompertz parámetros iniciales**



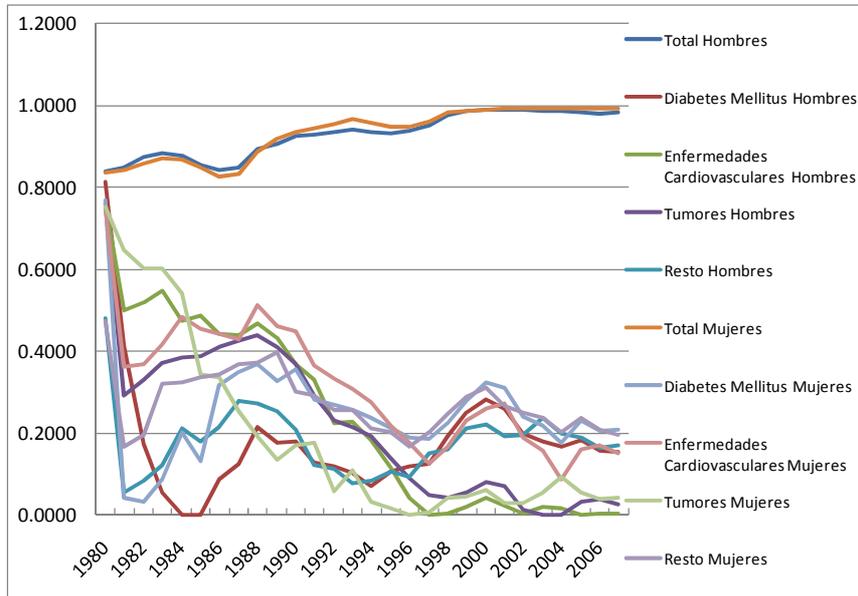
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de  $R^2$  para serie  $q_x$  de ajuste función Gompertz parámetros óptimos**



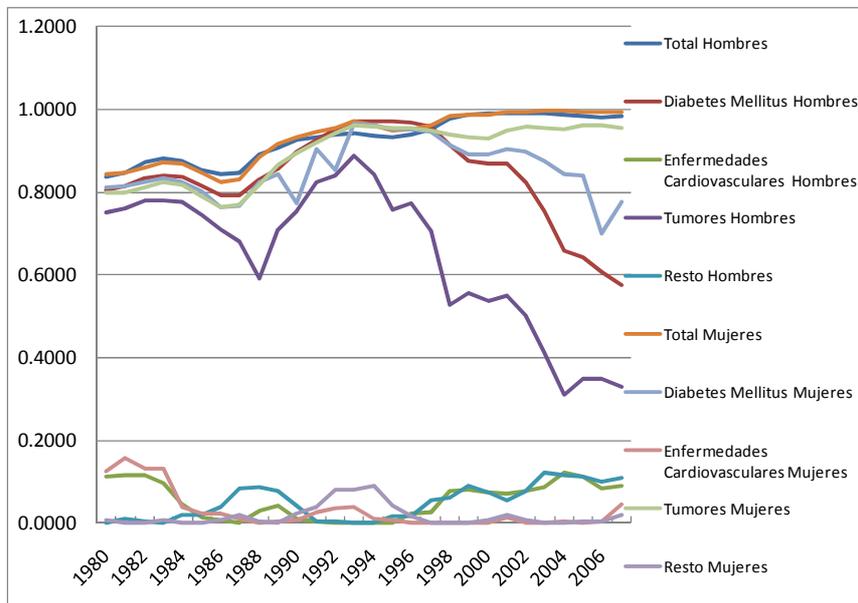
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de  $R^2$  para serie  $q_x$  de ajuste función Gompertz-Makeham parámetros iniciales**



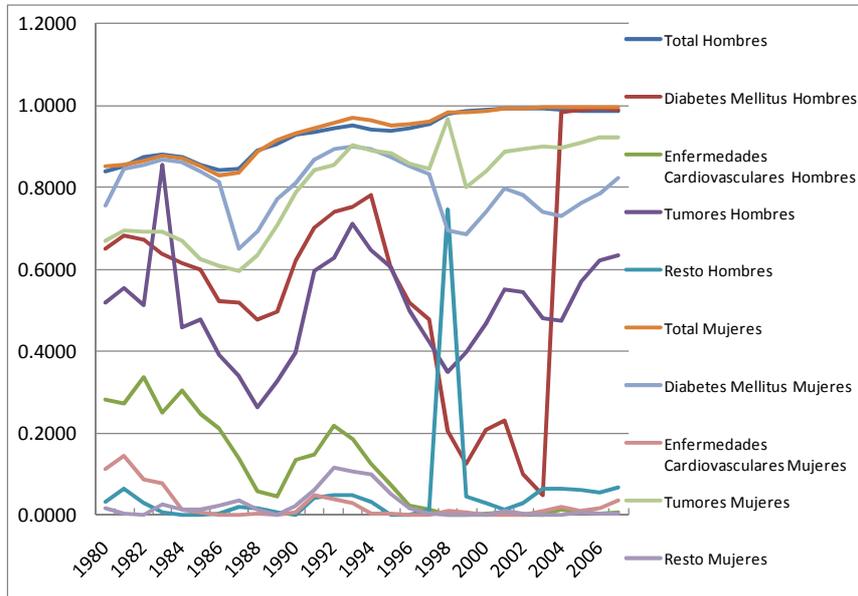
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de  $R^2$  para serie  $q_x$  de ajuste función Gompertz-Makeham parámetros óptimos**



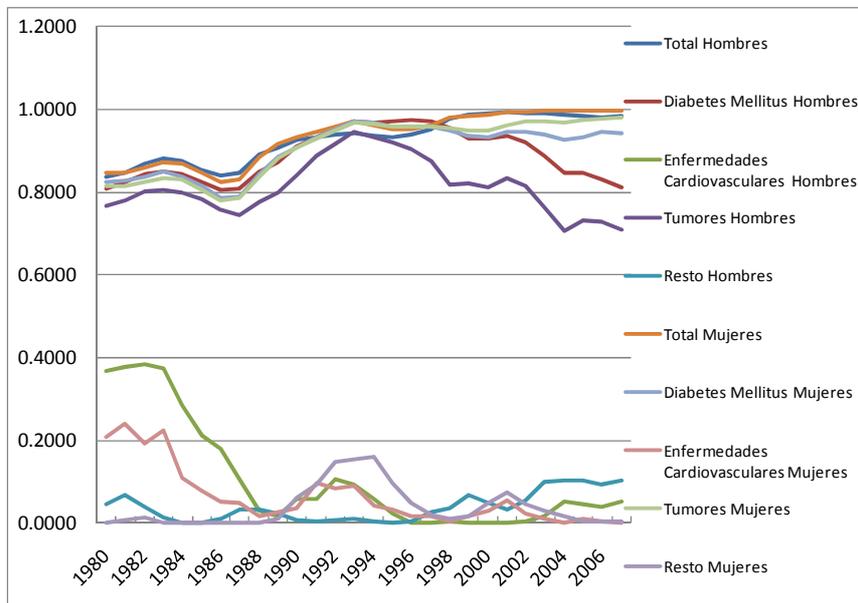
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de  $R^2$  para serie  $q_x$  de ajuste función Lazarus parámetros iniciales**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de  $R^2$  para serie  $q_x$  de ajuste función Lazarus parámetros óptimos**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

## Anexo VII – $R^2$ , estimación por corrección lineal de funciones de supervivencia

### Bondad de ajuste función Gompertz mediante $R^2$ corrección lineal para $l_x$ México, 1980 - 2007

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.9997	0.9560	0.9895	0.9627	0.9946	0.9995	0.9587	0.9930	0.9732	0.9978
1981	0.9997	0.9568	0.9903	0.9582	0.9971	0.9996	0.9604	0.9952	0.9741	0.9976
1982	0.9997	0.9553	0.9919	0.9626	0.9969	0.9997	0.9580	0.9957	0.9735	0.9973
1983	0.9997	0.9562	0.9937	0.9634	0.9967	0.9997	0.9571	0.9974	0.9736	0.9968
1984	0.9997	0.9546	0.9957	0.9621	0.9961	0.9997	0.9592	0.9972	0.9735	0.9958
1985	0.9996	0.9559	0.9953	0.9623	0.9962	0.9997	0.9603	0.9971	0.9727	0.9960
1986	0.9996	0.9552	0.9925	0.9610	0.9962	0.9997	0.9598	0.9966	0.9731	0.9962
1987	0.9996	0.9553	0.9922	0.9603	0.9959	0.9997	0.9606	0.9965	0.9728	0.9954
1988	0.9997	0.9547	0.9796	0.9612	0.9957	0.9998	0.9597	0.9963	0.9733	0.9946
1989	0.9997	0.9549	0.9663	0.9416	0.9953	0.9998	0.9599	0.9937	0.9719	0.9943
1990	0.9997	0.9535	0.9664	0.9604	0.9955	0.9998	0.9599	0.9936	0.9720	0.9943
1991	0.9997	0.9551	0.9647	0.9624	0.9952	0.9999	0.9604	0.9933	0.9728	0.9944
1992	0.9998	0.9551	0.9606	0.9611	0.9956	0.9999	0.9607	0.9931	0.9726	0.9940
1993	0.9997	0.9533	0.9603	0.9624	0.9955	0.9999	0.9591	0.9930	0.9741	0.9940
1994	0.9997	0.9556	0.9419	0.9631	0.9955	0.9999	0.9601	0.9870	0.9728	0.9940
1995	0.9997	0.9547	0.9404	0.9616	0.9953	0.9999	0.9594	0.9808	0.9731	0.9937
1996	0.9997	0.9530	0.9525	0.9621	0.9950	0.9999	0.9582	0.9905	0.9719	0.9934
1997	0.9997	0.9547	0.9530	0.9610	0.9950	0.9999	0.9592	0.9817	0.9726	0.9934
1998	0.9998	0.9536	0.9462	0.9622	0.9951	0.9999	0.9587	0.9800	0.9721	0.9935
1999	0.9998	0.9534	0.9457	0.9623	0.9954	0.9999	0.9583	0.9793	0.9722	0.9942
2000	0.9998	0.9545	0.9443	0.9624	0.9953	0.9999	0.9594	0.9883	0.9735	0.9942
2001	0.9998	0.9556	0.9429	0.9619	0.9952	1.0000	0.9612	0.9878	0.9742	0.9938
2002	0.9998	0.9557	0.9429	0.9622	0.9948	1.0000	0.9601	0.9867	0.9735	0.9934
2003	0.9998	0.9561	0.9505	0.9621	0.9943	1.0000	0.9605	0.9791	0.9728	0.9927
2004	0.9997	0.9557	0.9497	0.9631	0.9940	1.0000	0.9618	0.9894	0.9735	0.9922
2005	0.9997	0.9571	0.9434	0.9628	0.9941	1.0000	0.9619	0.9887	0.9730	0.9922
2006	0.9996	0.9568	0.9430	0.9636	0.9940	1.0000	0.9616	0.9879	0.9737	0.9919
2007	0.9996	0.9585	0.9447	0.9641	0.9940	1.0000	0.9634	0.9875	0.9734	0.9918

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

### Bondad de ajuste función Gompertz-Makeham mediante $R^2$ corrección lineal para $l_x$ México, 1980 - 2007

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.9997	0.9596	0.9906	0.9682	0.9991	0.9997	0.9651	0.9955	0.9789	0.9980
1981	0.9997	0.9606	0.9927	0.9687	0.9990	0.9997	0.9672	0.9960	0.9798	0.9979
1982	0.9998	0.9597	0.9940	0.9687	0.9988	0.9997	0.9638	0.9966	0.9782	0.9977
1983	0.9998	0.9608	0.9945	0.9694	0.9985	0.9998	0.9632	0.9965	0.9793	0.9973
1984	0.9997	0.9593	0.9963	0.9684	0.9981	0.9998	0.9647	0.9966	0.9796	0.9966
1985	0.9997	0.9608	0.9963	0.9691	0.9981	0.9997	0.9673	0.9978	0.9783	0.9967
1986	0.9997	0.9606	0.9961	0.9668	0.9979	0.9997	0.9651	0.9962	0.9788	0.9968
1987	0.9998	0.9612	0.9959	0.9658	0.9976	0.9998	0.9661	0.9965	0.9784	0.9961
1988	0.9998	0.9606	0.9885	0.9389	0.9975	0.9998	0.9645	0.9950	0.9789	0.9956
1989	0.9998	0.9604	0.9880	0.9658	0.9972	0.9998	0.9435	0.9946	0.9774	0.9953
1990	0.9999	0.9595	0.9705	0.9654	0.9973	0.9999	0.9042	0.9946	0.9773	0.9952
1991	0.9999	0.9611	0.9625	0.9682	0.9971	0.9999	0.9437	0.9948	0.9781	0.9954
1992	0.9999	0.9613	0.9621	0.9637	0.9974	0.9999	0.9073	0.9942	0.9779	0.9953
1993	0.9999	0.9588	0.9498	0.9677	0.9973	0.9999	0.9630	0.9942	0.9795	0.9953
1994	0.9999	0.9620	0.9488	0.9669	0.9973	0.9999	0.9643	0.9894	0.9782	0.9953
1995	0.9999	0.9610	0.9596	0.9605	0.9970	0.9999	0.9637	0.9868	0.9786	0.9951
1996	0.9999	0.9597	0.9585	0.9663	0.9967	0.9999	0.9628	0.9871	0.9772	0.9948
1997	0.9999	0.9615	0.9588	0.9641	0.9967	0.9999	0.9638	0.9876	0.9781	0.9948
1998	0.9999	0.9607	0.9565	0.9588	0.9967	0.9999	0.9604	0.9864	0.9775	0.9948
1999	0.9999	0.9607	0.9560	0.9637	0.9968	0.9999	0.9609	0.9859	0.9776	0.9953
2000	0.9999	0.9622	0.9547	0.9649	0.9968	0.9999	0.9625	0.9866	0.9793	0.9954
2001	0.9999	0.9634	0.9538	0.9635	0.9967	1.0000	0.9648	0.9857	0.9800	0.9950
2002	0.9999	0.9637	0.9533	0.9664	0.9963	1.0000	0.9641	0.9845	0.9791	0.9946
2003	0.9999	0.9642	0.9520	0.9672	0.9959	1.0000	0.9647	0.9830	0.9786	0.9940
2004	0.9999	0.9634	0.9667	0.9702	0.9955	1.0000	0.9664	0.9829	0.9792	0.9936
2005	0.9999	0.9646	0.9654	0.9755	0.9955	1.0000	0.9667	0.9821	0.9787	0.9935
2006	0.9999	0.9655	0.9654	0.9787	0.9953	1.0000	0.9434	0.9812	0.9794	0.9932
2007	0.9999	0.9695	0.9662	0.9833	0.9952	0.9998	0.9684	0.9775	0.9790	0.9932

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

**Bondad de ajuste función Lazarus mediante  $R^2$  corrección lineal para  $I_x$  México, 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.9997	0.9715	0.9959	0.9758	0.9993	0.9997	0.9781	0.9972	0.9858	0.9986
1981	0.9997	0.9724	0.9958	0.9764	0.9992	0.9997	0.9799	0.9975	0.9868	0.9986
1982	0.9998	0.9721	0.9954	0.9767	0.9991	0.9997	0.9776	0.9973	0.9868	0.9984
1983	0.9998	0.9732	0.9948	0.9773	0.9989	0.9998	0.9774	0.9974	0.9867	0.9982
1984	0.9997	0.9719	0.9955	0.9766	0.9986	0.9998	0.9779	0.9983	0.9868	0.9976
1985	0.9997	0.9732	0.9955	0.9786	0.9986	0.9997	0.9805	0.9987	0.9866	0.9977
1986	0.9997	0.9732	0.9962	0.9776	0.9983	0.9997	0.9805	0.9982	0.9868	0.9978
1987	0.9998	0.9736	0.9961	0.9762	0.9981	0.9998	0.9793	0.9987	0.9865	0.9974
1988	0.9998	0.9733	0.9964	0.9769	0.9981	0.9998	0.9784	0.9985	0.9868	0.9969
1989	0.9998	0.9730	0.9966	0.9765	0.9979	0.9999	0.9784	0.9963	0.9858	0.9968
1990	0.9999	0.9721	0.9967	0.9768	0.9980	0.9999	0.9783	0.9953	0.9862	0.9966
1991	0.9999	0.9734	0.9968	0.9779	0.9978	0.9999	0.9788	0.9951	0.9863	0.9968
1992	0.9999	0.9734	0.9968	0.9767	0.9980	0.9999	0.9790	0.9949	0.9864	0.9967
1993	0.9999	0.9719	0.9970	0.9775	0.9979	0.9999	0.9781	0.9949	0.9874	0.9969
1994	0.9999	0.9745	0.9969	0.9782	0.9979	0.9999	0.9787	0.9904	0.9869	0.9969
1995	0.9999	0.9733	0.9950	0.9767	0.9977	0.9999	0.9781	0.9901	0.9872	0.9968
1996	0.9999	0.9716	0.9919	0.9773	0.9975	0.9999	0.9775	0.9904	0.9856	0.9965
1997	0.9999	0.9740	0.9890	0.9763	0.9975	0.9999	0.9779	0.9909	0.9867	0.9966
1998	0.9999	0.9733	0.9885	0.9772	0.9885	1.0000	0.9778	0.9899	0.9854	0.9966
1999	0.9999	0.9731	0.9880	0.9804	0.9975	1.0000	0.9771	0.9896	0.9856	0.9970
2000	0.9999	0.9745	0.9878	0.9807	0.9975	1.0000	0.9775	0.9898	0.9868	0.9970
2001	0.9999	0.9755	0.9872	0.9802	0.9974	1.0000	0.9787	0.9946	0.9869	0.9967
2002	0.9999	0.9758	0.9871	0.9803	0.9970	1.0000	0.9780	0.9884	0.9864	0.9964
2003	0.9999	0.9761	0.9864	0.9808	0.9967	1.0000	0.9784	0.9872	0.9854	0.9960
2004	0.9999	0.9759	0.9858	0.9809	0.9963	1.0000	0.9804	0.9871	0.9856	0.9957
2005	0.9999	0.9769	0.9850	0.9807	0.9962	1.0000	0.9818	0.9864	0.9854	0.9956
2006	0.9999	0.9771	0.9848	0.9806	0.9959	1.0000	0.9823	0.9857	0.9857	0.9953
2007	0.9999	0.9783	0.9781	0.9809	0.9958	1.0000	0.9836	0.9853	0.9854	0.9953

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

**Bondad de ajuste función Gompertz mediante  $R^2$  corrección lineal para la serie  $q_x$  México, 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.8298	0.7928	0.3247	0.7310	0.0719	0.8336	0.7965	0.2717	0.7815	0.0185
1981	0.8419	0.8088	0.3564	0.7421	0.0494	0.8398	0.8037	0.3811	0.7841	0.0068
1982	0.8670	0.8273	0.4128	0.7646	0.0714	0.8536	0.8143	0.3840	0.7968	0.0051
1983	0.8781	0.8345	0.4543	0.7652	0.0736	0.8686	0.8264	0.4569	0.8110	0.0339
1984	0.8727	0.8300	0.4485	0.7603	0.1315	0.8648	0.8164	0.3918	0.8035	0.0257
1985	0.8517	0.8077	0.4668	0.7268	0.0978	0.8446	0.7927	0.4924	0.7758	0.0244
1986	0.8384	0.7856	0.4935	0.6989	0.1288	0.8229	0.7573	0.4739	0.7511	0.0326
1987	0.8434	0.7840	0.4432	0.6739	0.1600	0.8298	0.7603	0.4597	0.7579	0.0413
1988	0.8895	0.8260	0.4691	0.6946	0.1445	0.8841	0.8184	0.4495	0.8065	0.0276
1989	0.9067	0.8531	0.5233	0.5995	0.1280	0.9162	0.8615	0.5325	0.8564	0.0152
1990	0.9287	0.8959	0.6237	0.7590	0.0887	0.9332	0.8895	0.5666	0.8868	0.0005
1991	0.9357	0.9243	0.6625	0.8224	0.0275	0.9454	0.9189	0.6792	0.9147	0.0035
1992	0.9437	0.9504	0.7694	0.8598	0.0234	0.9569	0.9414	0.6860	0.9369	0.0155
1993	0.9497	0.9711	0.7843	0.8894	0.0114	0.9706	0.9626	0.7286	0.9581	0.0146
1994	0.9434	0.9685	0.8259	0.8619	0.0150	0.9614	0.9601	0.7514	0.9556	0.0207
1995	0.9399	0.9673	0.8885	0.8397	0.0360	0.9505	0.9520	0.7637	0.9510	0.0041
1996	0.9441	0.9618	0.7290	0.8104	0.0359	0.9526	0.9498	0.5985	0.9494	0.0000
1997	0.9548	0.9523	0.6960	0.7704	0.0817	0.9620	0.9438	0.7200	0.9422	0.0060
1998	0.9792	0.9131	0.6563	0.6884	0.0881	0.9824	0.9155	0.6558	0.9305	0.0153
1999	0.9866	0.8734	0.6821	0.6464	0.1218	0.9859	0.8937	0.6773	0.9235	0.0146
2000	0.9908	0.8638	0.7113	0.6321	0.1087	0.9885	0.8912	0.6376	0.9216	0.0025
2001	0.9932	0.8637	0.7271	0.6475	0.0856	0.9940	0.9021	0.6949	0.9406	0.0000
2002	0.9924	0.8250	0.7081	0.6733	0.1024	0.9938	0.8950	0.6834	0.9479	0.0015
2003	0.9917	0.7668	0.6557	0.6792	0.1442	0.9960	0.8702	0.7069	0.9459	0.0056
2004	0.9889	0.7065	0.6219	0.7017	0.1293	0.9952	0.8353	0.5597	0.9385	0.0101
2005	0.9886	0.7835	0.6712	0.7266	0.1191	0.9945	0.8315	0.5973	0.9517	0.0222
2006	0.9863	0.7111	0.7040	0.7567	0.1046	0.9949	0.8329	0.6079	0.9507	0.0183
2007	0.9885	0.6932	0.6673	0.7633	0.1091	0.9950	0.8245	0.6050	0.9533	0.0166

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

**Bondad de ajuste función Gompertz-Makeham mediante  $R^2$  corrección lineal para la serie  $q_x$  México, 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.8377	0.8040	0.2950	0.7502	0.0013	0.8425	0.8110	0.3094	0.8001	0.0061
1981	0.8467	0.8162	0.3601	0.7595	0.0091	0.8465	0.8160	0.3904	0.8004	0.0000
1982	0.8708	0.8341	0.4219	0.7796	0.0024	0.8587	0.8241	0.4104	0.8104	0.0007
1983	0.8812	0.8407	0.4316	0.7804	0.0002	0.8726	0.8352	0.4232	0.8238	0.0070
1984	0.8754	0.8358	0.4333	0.7749	0.0201	0.8682	0.8241	0.3634	0.8165	0.0020
1985	0.8546	0.8140	0.4579	0.7436	0.0186	0.8475	0.8014	0.5411	0.7885	0.0021
1986	0.8418	0.7930	0.4387	0.7079	0.0393	0.8256	0.7645	0.5030	0.7640	0.0066
1987	0.8465	0.7908	0.4035	0.6806	0.0843	0.8320	0.7675	0.4833	0.7702	0.0191
1988	0.8917	0.8309	0.4210	0.5917	0.0862	0.8858	0.8238	0.4903	0.8190	0.0024
1989	0.9070	0.8554	0.4344	0.7097	0.0775	0.9173	0.8446	0.5401	0.8668	0.0000
1990	0.9271	0.8979	0.6032	0.7526	0.0436	0.9337	0.7770	0.5745	0.8942	0.0218
1991	0.9319	0.9256	0.6657	0.8227	0.0049	0.9454	0.9062	0.6828	0.9205	0.0378
1992	0.9386	0.9515	0.7598	0.8411	0.0030	0.9567	0.8561	0.6952	0.9415	0.0788
1993	0.9436	0.9717	0.8057	0.8879	0.0001	0.9704	0.9636	0.7396	0.9624	0.0805
1994	0.9373	0.9703	0.8173	0.8419	0.0015	0.9612	0.9614	0.7429	0.9596	0.0895
1995	0.9341	0.9708	0.7706	0.8016	0.0154	0.9502	0.9535	0.7609	0.9550	0.0414
1996	0.9393	0.9670	0.7175	0.7877	0.0181	0.9524	0.9514	0.7352	0.9537	0.0152
1997	0.9513	0.9572	0.7129	0.7724	0.0560	0.9620	0.9459	0.7218	0.9486	0.0019
1998	0.9775	0.9145	0.6050	0.6947	0.0611	0.9824	0.9126	0.6891	0.9394	0.0000
1999	0.9859	0.8745	0.5957	0.6934	0.0898	0.9859	0.8922	0.6622	0.9327	0.0000
2000	0.9899	0.8679	0.5997	0.7042	0.0750	0.9884	0.8915	0.6853	0.9309	0.0075
2001	0.9918	0.8685	0.6247	0.7241	0.0555	0.9940	0.9046	0.7379	0.9491	0.0204
2002	0.9903	0.8238	0.6309	0.7334	0.0778	0.9938	0.8985	0.7053	0.9573	0.0074
2003	0.9894	0.7546	0.6748	0.7348	0.1215	0.9960	0.8750	0.6811	0.9566	0.0002
2004	0.9857	0.7427	0.6178	0.7358	0.1160	0.9951	0.8436	0.7234	0.9514	0.0001
2005	0.9846	0.7576	0.6442	0.7571	0.1114	0.9943	0.8391	0.7691	0.9601	0.0034
2006	0.9815	0.7851	0.6718	0.7878	0.0983	0.9944	0.7919	0.7443	0.9622	0.0029
2007	0.9835	0.7882	0.6284	0.8007	0.1075	0.9922	0.7772	0.6674	0.9557	0.0207

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

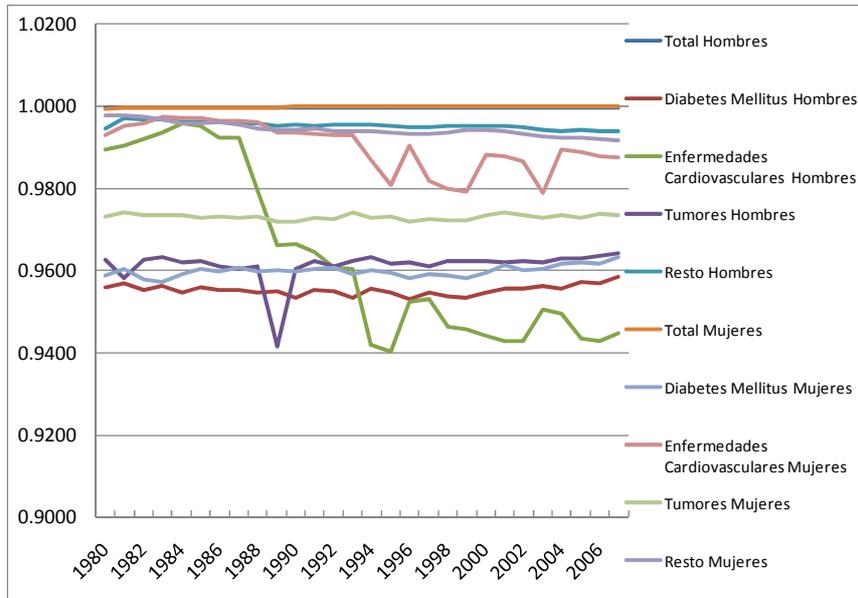
**Bondad de ajuste función Lazarus mediante  $R^2$  corrección lineal para la serie  $q_x$  México, 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.8369	0.8093	0.3693	0.7664	0.0443	0.8451	0.8238	0.3838	0.8130	0.0000
1981	0.8475	0.8240	0.3796	0.7794	0.0682	0.8482	0.8274	0.4214	0.8125	0.0063
1982	0.8705	0.8420	0.3846	0.8006	0.0375	0.8593	0.8358	0.4431	0.8237	0.0131
1983	0.8804	0.8495	0.3974	0.8034	0.0141	0.8726	0.8480	0.4535	0.8345	0.0000
1984	0.8743	0.8442	0.4532	0.7992	0.0000	0.8678	0.8377	0.4440	0.8288	0.0017
1985	0.8538	0.8232	0.4414	0.7812	0.0004	0.8468	0.8156	0.4478	0.8032	0.0018
1986	0.8413	0.8058	0.4362	0.7575	0.0098	0.8249	0.7864	0.4189	0.7794	0.0000
1987	0.8461	0.8068	0.3345	0.7439	0.0322	0.8313	0.7873	0.4567	0.7860	0.0001
1988	0.8914	0.8495	0.3831	0.7750	0.0312	0.8847	0.8444	0.4655	0.8352	0.0013
1989	0.9070	0.8722	0.4105	0.7989	0.0243	0.9163	0.8832	0.5790	0.8804	0.0087
1990	0.9276	0.9104	0.5218	0.8406	0.0085	0.9333	0.9078	0.5730	0.9079	0.0597
1991	0.9325	0.9337	0.5910	0.8867	0.0049	0.9457	0.9323	0.6899	0.9300	0.0924
1992	0.9391	0.9555	0.6699	0.9181	0.0058	0.9574	0.9515	0.6952	0.9492	0.1461
1993	0.9436	0.9716	0.6974	0.9460	0.0098	0.9712	0.9705	0.7264	0.9684	0.1527
1994	0.9370	0.9694	0.7103	0.9326	0.0047	0.9620	0.9669	0.7825	0.9650	0.1612
1995	0.9335	0.9720	0.7128	0.9204	0.0016	0.9510	0.9591	0.7755	0.9596	0.0948
1996	0.9390	0.9729	0.6299	0.9038	0.0036	0.9532	0.9586	0.7425	0.9587	0.0481
1997	0.9513	0.9703	0.5941	0.8754	0.0269	0.9623	0.9574	0.7128	0.9581	0.0210
1998	0.9777	0.9539	0.5449	0.8193	0.0355	0.9819	0.9482	0.6589	0.9544	0.0113
1999	0.9861	0.9297	0.6115	0.8221	0.0671	0.9849	0.9345	0.6449	0.9490	0.0150
2000	0.9903	0.9297	0.6690	0.8115	0.0491	0.9874	0.9324	0.6707	0.9493	0.0469
2001	0.9925	0.9356	0.6692	0.8349	0.0327	0.9937	0.9444	0.6705	0.9632	0.0728
2002	0.9912	0.9216	0.6274	0.8151	0.0562	0.9940	0.9460	0.6922	0.9715	0.0452
2003	0.9901	0.8875	0.5976	0.7650	0.0987	0.9965	0.9386	0.6829	0.9717	0.0299
2004	0.9860	0.8456	0.5704	0.7350	0.1031	0.9958	0.9274	0.7158	0.9692	0.0167
2005	0.9847	0.8458	0.6051	0.7467	0.1014	0.9951	0.9321	0.7620	0.9752	0.0038
2006	0.9810	0.8325	0.6105	0.7897	0.0931	0.9954	0.9458	0.7720	0.9784	0.0033
2007	0.9826	0.8127	0.5992	0.7896	0.1040	0.9954	0.9435	0.7023	0.9803	0.0029

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

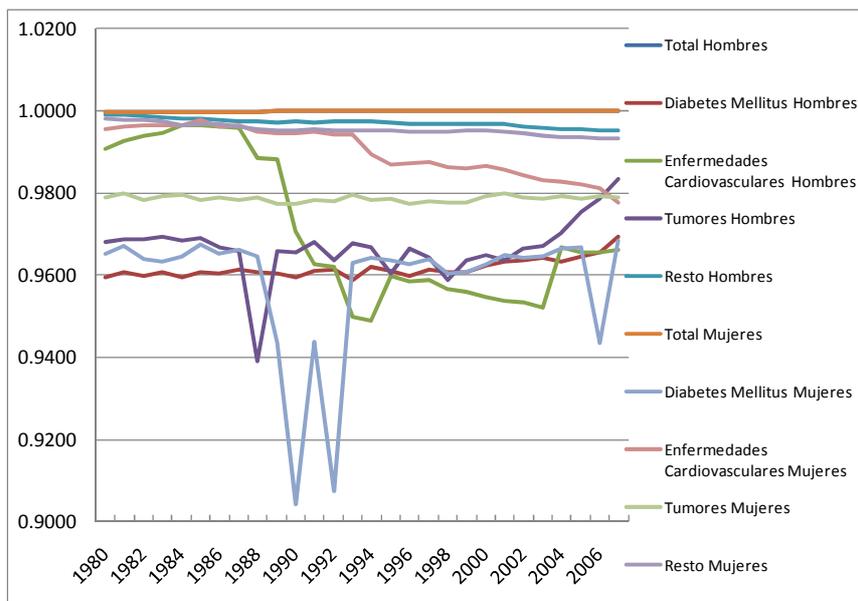
**Anexo VIII – Gráficas de  $R^2$  de estimación por corrección lineal de funciones de supervivencia**

**Gráfica de  $R^2$  para serie  $l_x$ , ajuste función Gompertz corrección lineal**



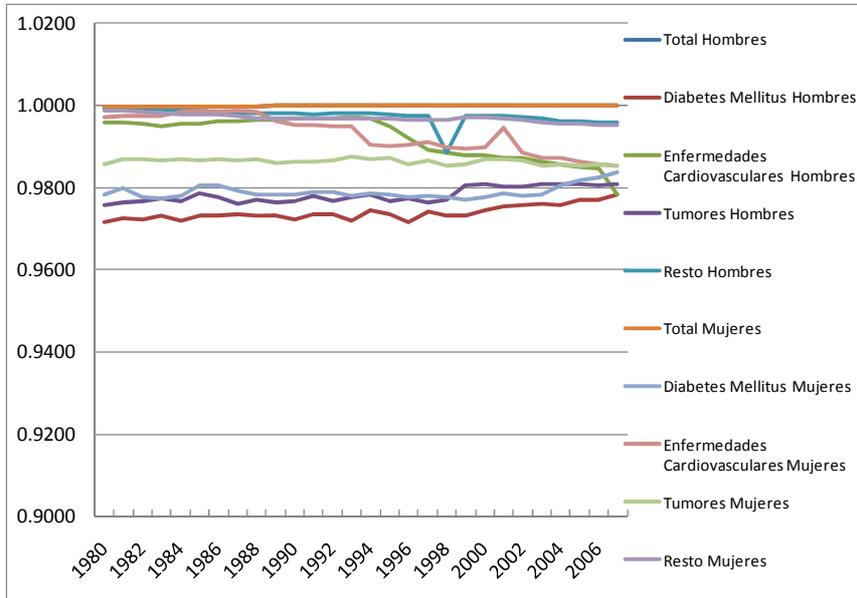
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de  $R^2$  para serie  $l_x$ , ajuste función Gompertz-Makeham corrección lineal**



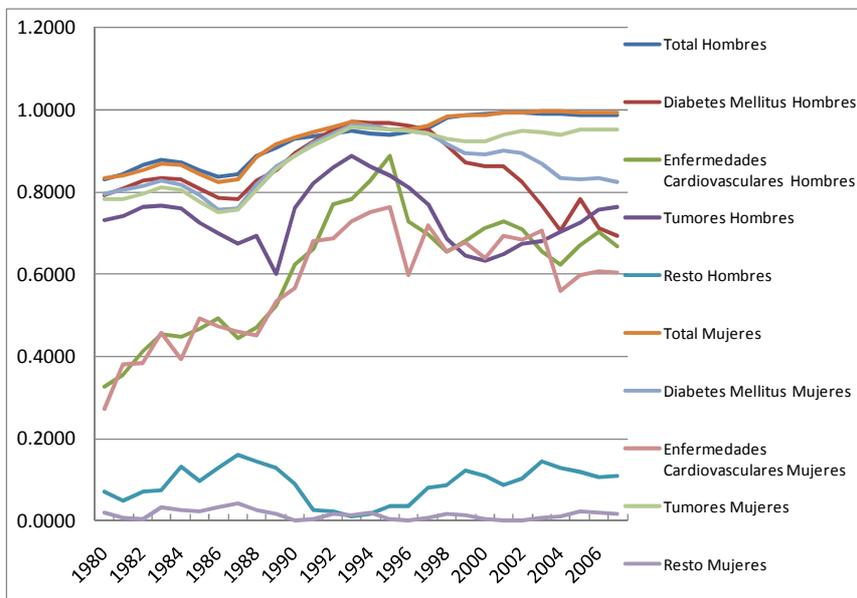
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de  $R^2$  para serie  $l_x$ , ajuste función Lazarus corrección lineal**



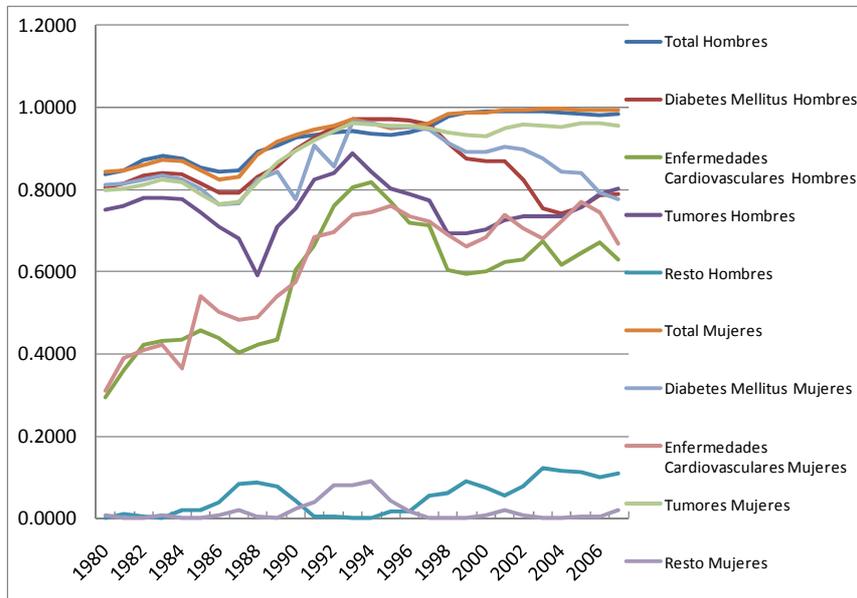
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de  $R^2$  para serie  $q_x$ , ajuste función Gompertz corrección lineal**



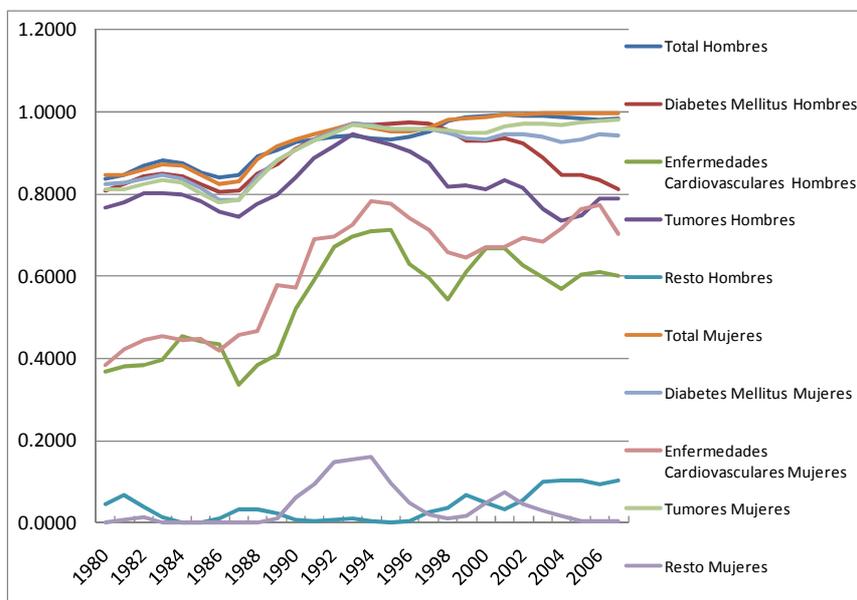
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de  $R^2$  para serie  $q_x$ , ajuste función Gompertz-Makeham corrección lineal**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de  $R^2$  para serie  $q_x$ , ajuste función Lazarus corrección lineal**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

## Anexo IX - Bondad de ajuste de estimación por corrección polinómica de la función de supervivencia Lazarus

$R^2$  para serie  $l_x$  de ajuste función Lazarus por corrección polinómica.

Bondad de ajuste función Lazarus mediante  $R^2$ , corrección polinómica de la serie  $l_x$  México, 1980 - 2007

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9999	0.9998	0.9997	0.9994	0.9997	0.9998
1981	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9999	0.9998	0.9998	0.9994	0.9997	0.9998
1982	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9998	0.9995	0.9998	0.9997
1983	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9998	0.9996	0.9998	0.9997
1984	0.9998	0.9997	0.9998	0.9997	0.9998	0.9999	0.9997	0.9996	0.9997	0.9997
1985	0.9998	0.9997	0.9998	0.9997	0.9999	0.9998	0.9997	0.9995	0.9996	0.9997
1986	0.9998	0.9997	0.9998	0.9997	0.9998	0.9998	0.9996	0.9994	0.9996	0.9997
1987	0.9999	0.9997	0.9998	0.9997	0.9998	0.9999	0.9996	0.9995	0.9996	0.9997
1988	0.9999	0.9998	0.9998	0.9997	0.9998	0.9999	0.9996	0.9995	0.9996	0.9997
1989	0.9999	0.9998	0.9998	0.9997	0.9996	0.9999	0.9996	0.9995	0.9996	0.9995
1990	0.9999	0.9999	0.9998	0.9997	0.9996	0.9999	0.9996	0.9995	0.9996	0.9995
1991	0.9999	0.9998	0.9998	0.9997	0.9996	0.9999	0.9997	0.9994	0.9997	0.9995
1992	0.9999	0.9998	0.9998	0.9998	0.9997	0.9999	0.9997	0.9994	0.9997	0.9995
1993	0.9999	0.9998	0.9998	0.9998	0.9999	1.0000	0.9997	0.9994	0.9998	0.9995
1994	0.9999	0.9998	0.9997	0.9998	0.9999	0.9999	0.9997	0.9993	0.9997	0.9995
1995	0.9999	0.9998	0.9997	0.9998	0.9998	0.9999	0.9997	0.9993	0.9997	0.9995
1996	0.9999	0.9998	0.9997	0.9998	0.9998	0.9999	0.9997	0.9993	0.9997	0.9994
1997	0.9999	0.9998	0.9997	0.9998	0.9999	1.0000	0.9997	0.9993	0.9997	0.9995
1998	0.9999	0.9998	0.9997	0.9998	0.9999	1.0000	0.9996	0.9994	0.9997	0.9995
1999	0.9999	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	1.0000	0.9996	0.9994	0.9998	0.9996
2000	0.9999	0.9997	0.9998	0.9999	0.9999	1.0000	0.9996	0.9995	0.9998	0.9997
2001	0.9999	0.9997	0.9998	0.9999	0.9999	1.0000	0.9996	0.9995	0.9998	0.9996
2002	0.9999	0.9997	0.9998	0.9999	0.9999	1.0000	0.9996	0.9995	0.9998	0.9997
2003	1.0000	0.9997	0.9998	0.9999	0.9999	1.0000	0.9996	0.9995	0.9998	0.9997
2004	0.9999	0.9997	0.9998	0.9998	0.9998	1.0000	0.9996	0.9995	0.9998	0.9997
2005	0.9999	0.9996	0.9998	0.9998	0.9998	1.0000	0.9996	0.9996	0.9998	0.9996
2006	1.0000	0.9996	0.9998	0.9998	0.9998	1.0000	0.9996	0.9996	0.9998	0.9996
2007	1.0000	0.9996	0.9998	0.9999	0.9998	1.0000	0.9996	0.9995	0.9998	0.9997

$R^2$  para serie  $q_x$  de ajuste función Lazarus por corrección polinómica.

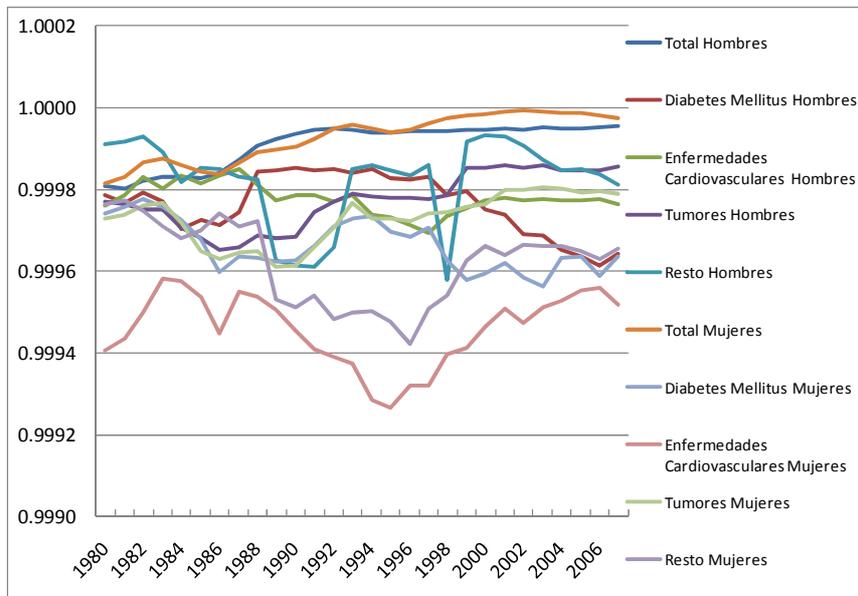
Bondad de ajuste función Lazarus mediante  $R^2$ , corrección polinómica de la serie  $q_x$  México, 1980 - 2007

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.9387	0.9083	0.9069	0.9482	0.9631	0.9395	0.9412	0.9303	0.9417	0.9555
1981	0.9293	0.9387	0.9143	0.9424	0.9637	0.9419	0.9439	0.9263	0.9454	0.9670
1982	0.9379	0.9062	0.9304	0.9542	0.9765	0.9502	0.9540	0.9256	0.9551	0.9581
1983	0.9405	0.9353	0.9415	0.9570	0.9688	0.9567	0.9612	0.9398	0.9620	0.9691
1984	0.9348	0.9244	0.9404	0.9541	0.9644	0.9515	0.9553	0.9399	0.9571	0.9578
1985	0.9403	0.9496	0.9358	0.9556	0.9640	0.9617	0.9652	0.9485	0.9667	0.9655
1986	0.9490	0.9604	0.9402	0.9642	0.9749	0.9655	0.9687	0.9493	0.9698	0.9658
1987	0.9639	0.9348	0.9580	0.9733	0.9708	0.9752	0.9778	0.9654	0.9784	0.9712
1988	0.9736	0.9907	0.9779	0.9795	0.9792	0.9786	0.9806	0.9698	0.9811	0.9778
1989	0.9720	0.9891	0.9720	0.9684	0.9774	0.9730	0.9730	0.9664	0.9718	0.9781
1990	0.9712	0.9912	0.9641	0.9562	0.9744	0.9694	0.9651	0.9705	0.9646	0.9703
1991	0.9746	0.9832	0.9694	0.9556	0.9739	0.9687	0.9622	0.9682	0.9609	0.9697
1992	0.9874	0.9807	0.9761	0.9736	0.9660	0.9804	0.9551	0.9740	0.9741	0.9730
1993	0.9931	0.9817	0.9784	0.9926	0.9857	0.9921	0.9903	0.9716	0.9904	0.9775
1994	0.9850	0.9895	0.9786	0.9904	0.9867	0.9870	0.9877	0.9607	0.9875	0.9785
1995	0.9859	0.9919	0.9787	0.9919	0.9885	0.9889	0.9897	0.9674	0.9898	0.9767
1996	0.9882	0.9934	0.9808	0.9929	0.9875	0.9902	0.9904	0.9687	0.9903	0.9752
1997	0.9907	0.9956	0.9820	0.9962	0.9915	0.9936	0.9944	0.9753	0.9942	0.9796
1998	0.9919	0.9967	0.9894	0.9970	0.9883	0.9966	0.9965	0.9821	0.9964	0.9856
1999	0.9928	0.9961	0.9912	0.9965	0.9949	0.9962	0.9943	0.9841	0.9954	0.9887
2000	0.9973	0.9953	0.9913	0.9958	0.9970	0.9974	0.9933	0.9892	0.9951	0.9886
2001	0.9986	0.9961	0.9873	0.9963	0.9974	0.9937	0.9929	0.9893	0.9954	0.9844
2002	0.9973	0.9904	0.9794	0.9985	0.9967	0.9941	0.9947	0.9847	0.9973	0.9796
2003	0.9934	0.9950	0.9807	0.9992	0.9962	0.9965	0.9974	0.9806	0.9989	0.9780
2004	0.9901	0.9933	0.9779	0.9971	0.9949	0.9958	0.9978	0.9778	0.9989	0.9788
2005	0.9892	0.9988	0.9804	0.9985	0.9954	0.9990	0.9976	0.9804	0.9990	0.9755
2006	0.9867	0.9983	0.9771	0.9974	0.9934	0.9954	0.9983	0.9787	0.9991	0.9698
2007	0.9899	0.9984	0.9832	0.9977	0.9926	0.9954	0.9984	0.9789	0.9990	0.9795

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

**Anexo X- Gráfica de la bondad de ajuste de estimación por corrección polinómica de la función de supervivencia Lazarus**

**$R^2$  para serie  $l_x$  de ajuste función Lazarus por corrección polinómica.**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Anexo XI- Bondad de ajuste de la estimación *final* con las funciones de supervivencia.  
 $R^2$  para serie  $l_x$  por ajuste *final*.**

**Valores de  $R^2$  para el ajuste final, con Gompertz, de la serie  $l_x$  México 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.999844	0.999712	0.999283	0.999647	0.998610	0.999786	0.999504	0.999280	0.999338	0.999465
1981	0.999854	0.999706	0.999294	0.999635	0.998665	0.999820	0.999581	0.999341	0.999406	0.999547
1982	0.999861	0.999726	0.999369	0.999605	0.998790	0.999855	0.999600	0.999468	0.999448	0.999601
1983	0.999872	0.999691	0.999339	0.999624	0.998877	0.999868	0.999613	0.999517	0.999514	0.999581
1984	0.999855	0.999668	0.999334	0.999579	0.998799	0.999841	0.999591	0.999479	0.999487	0.999504
1985	0.999812	0.999589	0.999220	0.999497	0.998803	0.999812	0.999573	0.999433	0.999433	0.999511
1986	0.999779	0.999488	0.999218	0.999253	0.998853	0.999795	0.999488	0.999360	0.999445	0.999496
1987	0.999776	0.999485	0.999194	0.999380	0.998805	0.999821	0.999534	0.999424	0.999474	0.999490
1988	0.999803	0.999496	0.999113	0.999367	0.998887	0.999848	0.999564	0.999444	0.999508	0.999498
1989	0.999819	0.999508	0.999106	0.999205	0.998910	0.999857	0.999583	0.999453	0.999503	0.999566
1990	0.999841	0.999559	0.999172	0.999402	0.999101	0.999877	0.999611	0.999461	0.999558	0.999662
1991	0.999852	0.999564	0.999207	0.999460	0.999108	0.999909	0.999689	0.999530	0.999639	0.999716
1992	0.999864	0.999574	0.999189	0.999463	0.999268	0.999939	0.999766	0.999590	0.999709	0.999764
1993	0.999860	0.999563	0.999208	0.999490	0.999271	0.999956	0.999789	0.999637	0.999786	0.999784
1994	0.999852	0.999567	0.999189	0.999453	0.999276	0.999946	0.999784	0.999587	0.999777	0.999786
1995	0.999836	0.999479	0.999169	0.999426	0.999365	0.999939	0.999752	0.999551	0.999773	0.999748
1996	0.999831	0.999467	0.999159	0.999418	0.999385	0.999940	0.999753	0.999563	0.999768	0.999739
1997	0.999829	0.999476	0.999133	0.999408	0.999403	0.999951	0.999771	0.999595	0.999786	0.999773
1998	0.999845	0.999404	0.999198	0.999440	0.999494	0.999954	0.999704	0.999677	0.999798	0.999805
1999	0.999858	0.999379	0.999274	0.999460	0.999578	0.999953	0.999682	0.999705	0.999802	0.999834
2000	0.999876	0.999427	0.999346	0.999485	0.999619	0.999954	0.999701	0.999703	0.999823	0.999859
2001	0.999888	0.999420	0.999361	0.999506	0.999632	0.999967	0.999692	0.999723	0.999832	0.999869
2002	0.999894	0.999334	0.999350	0.999499	0.999635	0.999978	0.999629	0.999719	0.999829	0.999875
2003	0.999889	0.999281	0.999336	0.999474	0.999585	0.999985	0.999559	0.999728	0.999821	0.999857
2004	0.999859	0.999175	0.999279	0.999394	0.999563	0.999986	0.999506	0.999870	0.999810	0.999838
2005	0.999848	0.999111	0.999259	0.999394	0.999567	0.999986	0.999476	0.999843	0.999774	0.999829
2006	0.999825	0.999028	0.999229	0.999364	0.999557	0.999987	0.999444	0.999874	0.999771	0.999812
2007	0.999795	0.998964	0.999117	0.999294	0.999507	0.999985	0.999467	0.999849	0.999750	0.999798

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

**$R^2$  para serie  $q_x$  por ajuste *final* con la función Gompertz.**

**Valores de  $R^2$  para el ajuste final, con Gompertz, de la serie  $q_x$  México 1980 - 2007**

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.891906	0.886833	0.864354	0.888626	0.909474	0.870037	0.868927	0.842925	0.868552	0.877967
1981	0.865366	0.863749	0.861974	0.862293	0.886872	0.847559	0.846342	0.829835	0.840166	0.891352
1982	0.860050	0.858827	0.875046	0.859026	0.904701	0.829823	0.833241	0.819157	0.828526	0.897059
1983	0.859249	0.864187	0.902235	0.865162	0.867649	0.831124	0.833756	0.859450	0.832420	0.881398
1984	0.839229	0.843846	0.843185	0.850682	0.894813	0.828389	0.834883	0.857914	0.832410	0.863070
1985	0.825988	0.827943	0.838944	0.828662	0.860287	0.805444	0.807837	0.815062	0.806401	0.866227
1986	0.823504	0.825378	0.806965	0.822091	0.874945	0.788094	0.785334	0.796970	0.786890	0.827952
1987	0.857962	0.859656	0.838534	0.855334	0.868946	0.814534	0.811167	0.786835	0.814437	0.855877
1988	0.911405	0.911899	0.897690	0.908428	0.897047	0.898568	0.898804	0.893806	0.895261	0.884383
1989	0.883450	0.883013	0.886379	0.880803	0.903065	0.922698	0.923744	0.912047	0.924496	0.926572
1990	0.868944	0.869417	0.890865	0.873589	0.909527	0.916955	0.921755	0.916197	0.924143	0.938108
1991	0.875598	0.876242	0.894202	0.880019	0.921224	0.921499	0.927970	0.931660	0.926320	0.942012
1992	0.914301	0.914477	0.924689	0.916508	0.941724	0.938046	0.940505	0.945910	0.942827	0.959277
1993	0.949077	0.947540	0.944877	0.947240	0.962001	0.965457	0.965890	0.966520	0.966554	0.976584
1994	0.961391	0.958914	0.954478	0.959631	0.957642	0.967770	0.967985	0.960224	0.967118	0.968750
1995	0.970649	0.970424	0.951619	0.966788	0.960662	0.963939	0.961757	0.945627	0.961769	0.952595
1996	0.978137	0.977350	0.957650	0.972830	0.936470	0.965786	0.960765	0.908820	0.960569	0.946620
1997	0.984030	0.981572	0.950474	0.977737	0.953920	0.971413	0.964705	0.934719	0.965708	0.954619
1998	0.985826	0.985627	0.974326	0.985519	0.969303	0.987776	0.983218	0.973326	0.983557	0.977542
1999	0.970708	0.973516	0.980820	0.978074	0.980253	0.986654	0.987165	0.984255	0.987050	0.987127
2000	0.965537	0.968846	0.983624	0.973506	0.986909	0.982376	0.985015	0.989197	0.986163	0.989482
2001	0.974713	0.974500	0.987412	0.981648	0.986958	0.987757	0.989094	0.994241	0.990799	0.992864
2002	0.982577	0.980865	0.985931	0.983077	0.990947	0.990264	0.991013	0.991993	0.991958	0.994162
2003	0.976491	0.974445	0.987227	0.978328	0.984533	0.987769	0.989354	0.994459	0.988919	0.997426
2004	0.978228	0.972345	0.983526	0.977315	0.987472	0.985628	0.988256	0.967983	0.988480	0.994829
2005	0.985704	0.981111	0.984804	0.984314	0.987673	0.986299	0.986850	0.967791	0.988414	0.996355
2006	0.992994	0.988319	0.985041	0.990388	0.990407	0.993441	0.993324	0.970817	0.994170	0.994865
2007	0.991866	0.990808	0.988033	0.992016	0.990045	0.995783	0.996054	0.973303	0.996890	0.994970

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

## $R^2$ para serie $I_x$ por ajuste *final* con la función Gompertz-Makeham.

Valores de  $R^2$  para el ajuste final, con Gompertz-Makeham, de la serie  $I_x$  México 1980 - 2007

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.999914	0.999860	0.999738	0.999834	0.999846	0.999851	0.999753	0.999519	0.999707	0.999504
1981	0.999917	0.999837	0.999724	0.999805	0.999829	0.999869	0.999786	0.999559	0.999724	0.999575
1982	0.999919	0.999846	0.999762	0.999785	0.999864	0.999887	0.999784	0.999597	0.999716	0.999598
1983	0.999926	0.999827	0.999761	0.999800	0.999815	0.999889	0.999777	0.999635	0.999745	0.999559
1984	0.999911	0.999812	0.999747	0.999771	0.999756	0.999856	0.999740	0.999577	0.999705	0.999488
1985	0.999891	0.999780	0.999699	0.999741	0.999726	0.999826	0.999713	0.999564	0.999641	0.999483
1986	0.999879	0.999743	0.999710	0.999515	0.999686	0.999803	0.999643	0.999399	0.999636	0.999463
1987	0.999890	0.999764	0.999717	0.999703	0.999638	0.999827	0.999678	0.999509	0.999660	0.999515
1988	0.999907	0.999777	0.999684	0.999499	0.999659	0.999851	0.999698	0.999477	0.999683	0.999442
1989	0.999918	0.999785	0.999668	0.999713	0.999688	0.999860	0.999559	0.999487	0.999673	0.999508
1990	0.999932	0.999817	0.999724	0.999725	0.999754	0.999878	0.999669	0.999490	0.999722	0.999589
1991	0.999949	0.999838	0.999771	0.999787	0.999793	0.999908	0.999638	0.999614	0.999781	0.999642
1992	0.999958	0.999852	0.999798	0.999773	0.999883	0.999936	0.999490	0.999567	0.999828	0.999680
1993	0.999962	0.999852	0.999814	0.999824	0.999886	0.999952	0.999861	0.999596	0.999885	0.999712
1994	0.999956	0.999867	0.999802	0.999800	0.999877	0.999942	0.999860	0.999543	0.999878	0.999707
1995	0.999952	0.999834	0.999795	0.999758	0.999866	0.999933	0.999840	0.999498	0.999875	0.999653
1996	0.999948	0.999829	0.999799	0.999801	0.999845	0.999936	0.999839	0.999536	0.999867	0.999635
1997	0.999945	0.999831	0.999790	0.999784	0.999861	0.999949	0.999850	0.999558	0.999883	0.999688
1998	0.999947	0.999787	0.999787	0.999734	0.999887	0.999954	0.999769	0.999636	0.999883	0.999725
1999	0.999949	0.999764	0.999812	0.999777	0.999890	0.999955	0.999745	0.999661	0.999877	0.999764
2000	0.999955	0.999784	0.999837	0.999787	0.999910	0.999958	0.999759	0.999763	0.999895	0.999800
2001	0.999966	0.999784	0.999840	0.999791	0.999914	0.999969	0.999767	0.999714	0.999907	0.999812
2002	0.999976	0.999753	0.999834	0.999806	0.999902	0.999978	0.999740	0.999697	0.999911	0.999812
2003	0.999982	0.999740	0.999821	0.999803	0.999852	0.999985	0.999702	0.999702	0.999914	0.999856
2004	0.999980	0.999712	0.999813	0.999774	0.999837	0.999985	0.999688	0.999686	0.999915	0.999773
2005	0.999982	0.999701	0.999803	0.999792	0.999833	0.999986	0.999687	0.999683	0.999903	0.999745
2006	0.999979	0.999678	0.999807	0.999790	0.999830	0.999988	0.999284	0.999664	0.999913	0.999729
2007	0.999968	0.999691	0.999811	0.999783	0.999787	0.999981	0.999619	0.999335	0.999940	0.999444

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

## $R^2$ para serie $q_x$ por ajuste *final* con la función Gompertz-Makeham.

Valores de  $R^2$  para el ajuste final, con Gompertz-Makeham, de la serie  $q_x$  México 1980 - 2007

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.891975	0.887127	0.868495	0.889348	0.921989	0.870892	0.869967	0.845809	0.869844	0.880905
1981	0.865604	0.864142	0.866439	0.863076	0.898550	0.848355	0.847197	0.832817	0.841243	0.893984
1982	0.860304	0.859148	0.879061	0.859712	0.915346	0.830436	0.833910	0.821337	0.829184	0.899398
1983	0.859637	0.864579	0.906309	0.865876	0.878997	0.831697	0.834323	0.861466	0.833080	0.883568
1984	0.839834	0.844314	0.847464	0.851506	0.907103	0.829022	0.835388	0.860021	0.833064	0.865126
1985	0.826929	0.828577	0.843950	0.829789	0.870774	0.806056	0.808316	0.816319	0.806909	0.868008
1986	0.824636	0.826113	0.811454	0.823795	0.884829	0.788675	0.785748	0.798378	0.787337	0.829079
1987	0.859173	0.860376	0.843001	0.856690	0.877188	0.815060	0.811541	0.787594	0.814850	0.856480
1988	0.912474	0.912787	0.903663	0.907950	0.907967	0.899088	0.899259	0.895338	0.895776	0.885284
1989	0.884500	0.884216	0.894558	0.887521	0.914930	0.923231	0.922952	0.913964	0.925091	0.927931
1990	0.869907	0.871012	0.900883	0.876156	0.922291	0.917414	0.919767	0.918887	0.925145	0.939550
1991	0.876527	0.878010	0.904044	0.882810	0.934979	0.921834	0.926599	0.933656	0.927251	0.943547
1992	0.915028	0.916267	0.934841	0.918905	0.953890	0.938194	0.937995	0.948095	0.943552	0.960559
1993	0.949820	0.949363	0.954850	0.950011	0.973993	0.965556	0.966180	0.968363	0.967157	0.977693
1994	0.962221	0.960682	0.964313	0.961919	0.967512	0.967871	0.968259	0.961708	0.967659	0.969608
1995	0.971435	0.972050	0.959576	0.968323	0.967964	0.964048	0.962023	0.946750	0.962232	0.953112
1996	0.978715	0.978511	0.963608	0.974464	0.942346	0.965856	0.960954	0.938443	0.960957	0.947081
1997	0.984435	0.982455	0.955015	0.979066	0.959141	0.971457	0.964848	0.935273	0.966006	0.954677
1998	0.985994	0.986608	0.978599	0.986298	0.973506	0.987779	0.983199	0.973416	0.983816	0.977435
1999	0.970772	0.974593	0.984667	0.979106	0.983944	0.986638	0.987122	0.984323	0.987276	0.986957
2000	0.965495	0.970023	0.987557	0.974634	0.990240	0.982358	0.984940	0.989499	0.986558	0.989371
2001	0.974648	0.975869	0.991493	0.982840	0.990532	0.987747	0.989077	0.994531	0.991230	0.992748
2002	0.982566	0.982454	0.990445	0.984453	0.994995	0.990263	0.991110	0.992116	0.992224	0.993916
2003	0.976590	0.976334	0.992316	0.979863	0.989998	0.987771	0.989555	0.994474	0.989247	0.997428
2004	0.978598	0.974860	0.988998	0.979276	0.993259	0.985644	0.988619	0.995197	0.988874	0.994852
2005	0.986261	0.983860	0.990692	0.986472	0.993228	0.986349	0.987361	0.993778	0.989119	0.996356
2006	0.993716	0.991325	0.990604	0.992586	0.995564	0.993529	0.991008	0.994963	0.994717	0.994814
2007	0.992775	0.993786	0.992848	0.994464	0.995412	0.995819	0.996366	0.994935	0.997949	0.993983

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

## $R^2$ para serie $I_x$ por ajuste *final* con la función Lazarus.

Valores de  $R^2$  para el ajuste final, con Lazarus, de la serie  $I_x$  México 1980 - 2007

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.999906	0.999871	0.999853	0.999851	0.999880	0.999855	0.999790	0.999658	0.999767	0.999650
1981	0.999919	0.999872	0.999875	0.999853	0.999890	0.999872	0.999813	0.999689	0.999783	0.999696
1982	0.999921	0.999879	0.999893	0.999834	0.999917	0.999889	0.999811	0.999712	0.999794	0.999716
1983	0.999928	0.999862	0.999883	0.999839	0.999865	0.999889	0.999794	0.999737	0.999796	0.999682
1984	0.999910	0.999835	0.999852	0.999798	0.999817	0.999856	0.999757	0.999680	0.999751	0.999611
1985	0.999890	0.999808	0.999812	0.999773	0.999775	0.999825	0.999717	0.999612	0.999694	0.999584
1986	0.999879	0.999781	0.999808	0.999594	0.999735	0.999803	0.999651	0.999526	0.999682	0.999551
1987	0.999890	0.999802	0.999810	0.999750	0.999681	0.999827	0.999692	0.999562	0.999706	0.999537
1988	0.999908	0.999814	0.999784	0.999754	0.999695	0.999850	0.999705	0.999604	0.999721	0.999555
1989	0.999919	0.999822	0.999766	0.999761	0.999731	0.999860	0.999709	0.999616	0.999715	0.999622
1990	0.999934	0.999849	0.999816	0.999777	0.999778	0.999879	0.999735	0.999626	0.999743	0.999690
1991	0.999950	0.999876	0.999852	0.999837	0.999819	0.999911	0.999792	0.999675	0.999803	0.999728
1992	0.999959	0.999894	0.999876	0.999861	0.999893	0.999941	0.999847	0.999719	0.999854	0.999776
1993	0.999962	0.999902	0.999899	0.999887	0.999904	0.999958	0.999869	0.999746	0.999900	0.999799
1994	0.999955	0.999913	0.999891	0.999881	0.999894	0.999949	0.999866	0.999704	0.999885	0.999787
1995	0.999950	0.999889	0.999882	0.999877	0.999866	0.999940	0.999848	0.999664	0.999880	0.999750
1996	0.999947	0.999883	0.999874	0.999875	0.999839	0.999945	0.999843	0.999693	0.999883	0.999739
1997	0.999945	0.999882	0.999871	0.999862	0.999862	0.999960	0.999855	0.999719	0.999894	0.999782
1998	0.999948	0.999846	0.999880	0.999862	0.998475	0.999969	0.999808	0.999778	0.999894	0.999811
1999	0.999951	0.999822	0.999891	0.999888	0.999921	0.999972	0.999780	0.999794	0.999894	0.999840
2000	0.999959	0.999834	0.999908	0.999889	0.999938	0.999978	0.999799	0.999809	0.999903	0.999865
2001	0.999969	0.999832	0.999912	0.999895	0.999942	0.999987	0.999806	0.999829	0.999914	0.999879
2002	0.999976	0.999804	0.999914	0.999893	0.999932	0.999993	0.999783	0.999827	0.999917	0.999888
2003	0.999981	0.999796	0.999908	0.999895	0.999907	0.999996	0.999753	0.999826	0.999911	0.999871
2004	0.999979	0.999787	0.999906	0.999883	0.999893	0.999992	0.999775	0.999825	0.999905	0.999872
2005	0.999981	0.999782	0.999899	0.999893	0.999894	0.999991	0.999784	0.999825	0.999893	0.999861
2006	0.999980	0.999774	0.999896	0.999898	0.999890	0.999991	0.999750	0.999821	0.999902	0.999851
2007	0.999970	0.999792	0.999917	0.999894	0.999864	0.999981	0.999753	0.999836	0.999895	0.999883

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

## $R^2$ para serie $q_x$ por ajuste *final* con la función Lazarus.

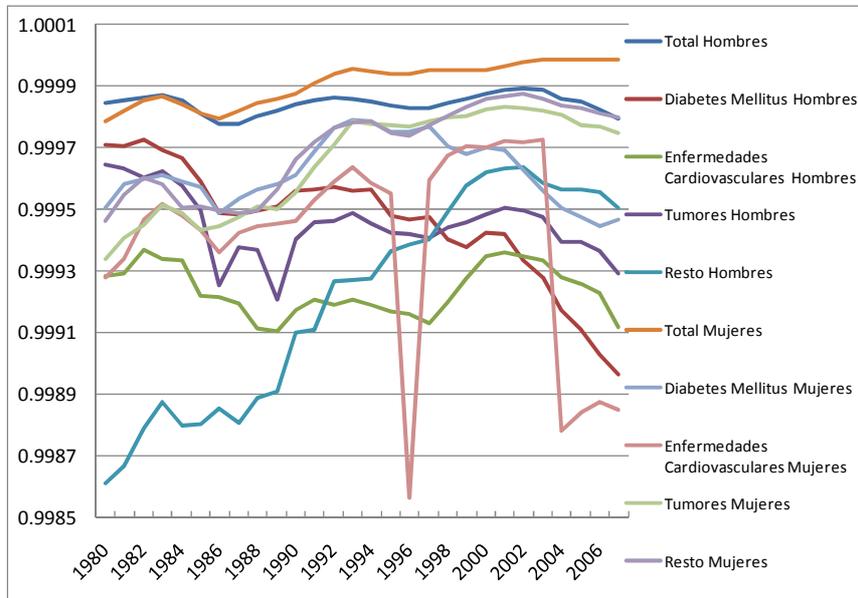
Valores de  $R^2$  para el ajuste final, con Lazarus, de la serie  $q_x$  México 1980 - 2007

	Total Hombres	Diabetes Mellitus Hombres	Enfermedades Cardiovasculares Hombres	Tumores Hombres	Resto Hombres	Total Mujeres	Diabetes Mellitus Mujeres	Enfermedades Cardiovasculares Mujeres	Tumores Mujeres	Resto Mujeres
1980	0.891947	0.887123	0.870314	0.889498	0.923637	0.871096	0.870342	0.846484	0.870274	0.881924
1981	0.865662	0.864290	0.869303	0.863488	0.900463	0.848532	0.847543	0.833527	0.841676	0.895096
1982	0.860350	0.859271	0.881505	0.860051	0.916877	0.830568	0.834267	0.821636	0.829782	0.900124
1983	0.859672	0.864732	0.908716	0.866193	0.880859	0.831768	0.834662	0.861859	0.833471	0.884233
1984	0.839602	0.844384	0.849726	0.851691	0.909352	0.829071	0.835703	0.860536	0.833421	0.865654
1985	0.826692	0.828673	0.846392	0.830132	0.873254	0.806065	0.808610	0.816940	0.807356	0.868642
1986	0.824475	0.826237	0.813228	0.824348	0.886229	0.788678	0.786116	0.798563	0.787730	0.829484
1987	0.859241	0.860479	0.844475	0.857095	0.878637	0.815051	0.811822	0.787966	0.815213	0.857204
1988	0.912457	0.912889	0.905903	0.910362	0.909916	0.898811	0.899451	0.895597	0.896068	0.885557
1989	0.884494	0.884404	0.898009	0.888289	0.917347	0.922815	0.924562	0.914230	0.925507	0.928195
1990	0.869893	0.871330	0.905480	0.877283	0.924833	0.916970	0.922613	0.919218	0.925391	0.939757
1991	0.876580	0.878432	0.909938	0.883955	0.938281	0.921608	0.929073	0.934679	0.927658	0.943908
1992	0.915073	0.916714	0.940624	0.920276	0.956316	0.937875	0.941279	0.948427	0.943865	0.960826
1993	0.949907	0.949901	0.960366	0.951311	0.976387	0.965303	0.966641	0.968736	0.967446	0.978055
1994	0.962343	0.961102	0.968599	0.963237	0.969458	0.967652	0.968678	0.962097	0.967997	0.969908
1995	0.971534	0.972400	0.962610	0.969847	0.969336	0.963876	0.962428	0.947090	0.962547	0.953318
1996	0.978765	0.978768	0.966119	0.975153	0.943305	0.965669	0.961226	0.938677	0.961182	0.947253
1997	0.984450	0.982574	0.956471	0.979621	0.959869	0.971277	0.965062	0.935471	0.966162	0.954831
1998	0.985991	0.986758	0.979662	0.987101	0.969078	0.987636	0.983534	0.973634	0.983907	0.977604
1999	0.970778	0.974764	0.985588	0.979723	0.984158	0.986505	0.987507	0.984542	0.987328	0.987176
2000	0.965534	0.970214	0.988602	0.975362	0.990415	0.982266	0.985317	0.989696	0.986577	0.989563
2001	0.974709	0.976107	0.992613	0.983821	0.990744	0.987679	0.989505	0.994710	0.991214	0.992946
2002	0.982638	0.982706	0.991698	0.985287	0.995334	0.990233	0.991527	0.992365	0.992239	0.994163
2003	0.976617	0.976715	0.993779	0.980837	0.990585	0.987759	0.990109	0.994765	0.989287	0.997529
2004	0.978592	0.975517	0.990517	0.980548	0.994085	0.985560	0.989165	0.995446	0.988823	0.995049
2005	0.986259	0.984588	0.992410	0.987728	0.994006	0.986222	0.988098	0.994021	0.989081	0.996613
2006	0.993750	0.992224	0.992668	0.993847	0.996331	0.993395	0.994698	0.995268	0.994701	0.995087
2007	0.992802	0.994520	0.995077	0.995429	0.996282	0.995625	0.997665	0.996021	0.997587	0.995216

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

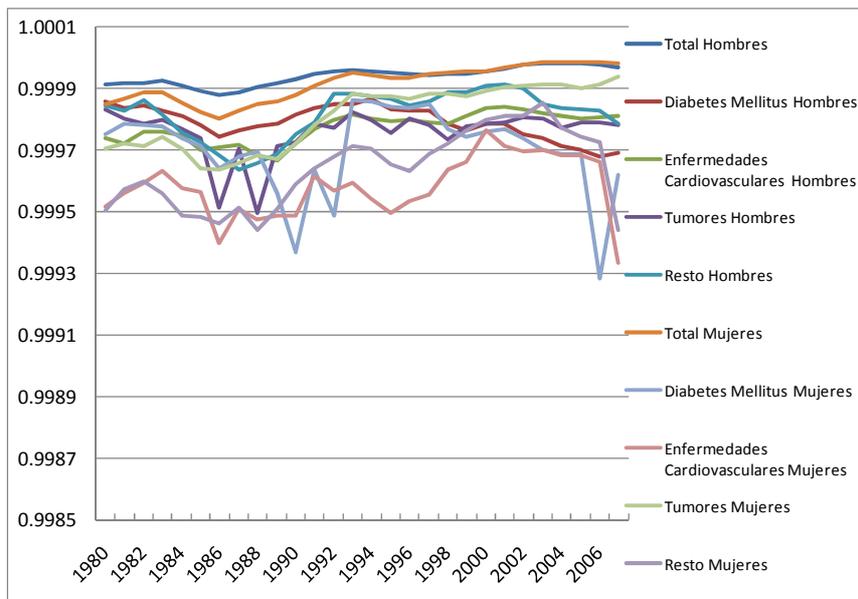
**Anexo XII– Gráficas de la bondad de ajuste de la estimación *final***

**Gráfica de las  $R^2$  para serie  $l_x$  por ajuste *final* con la función Gompertz**



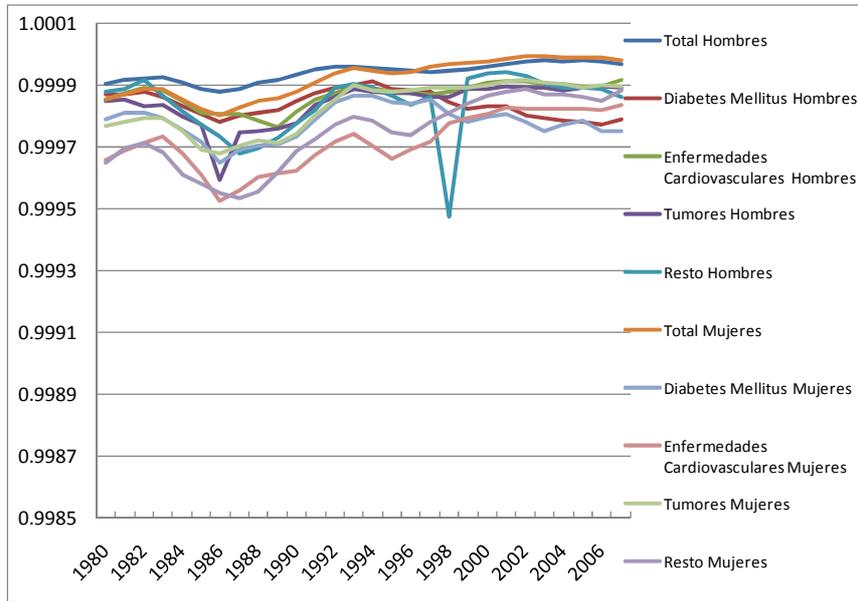
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de las  $R^2$  para serie  $l_x$  por ajuste *final* con la función Gompertz-Makeham**



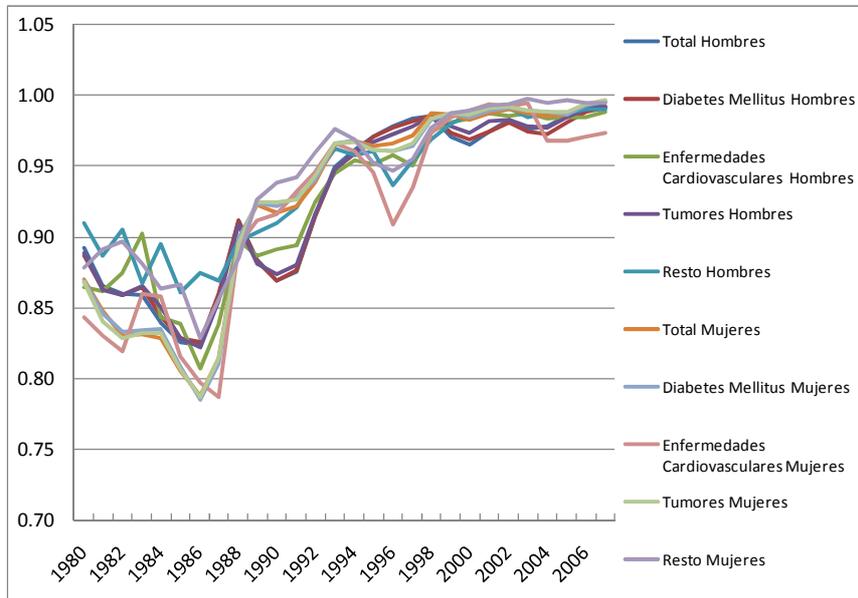
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de las  $R^2$  para serie  $I_x$  por ajuste *final* con la función Lazarus**



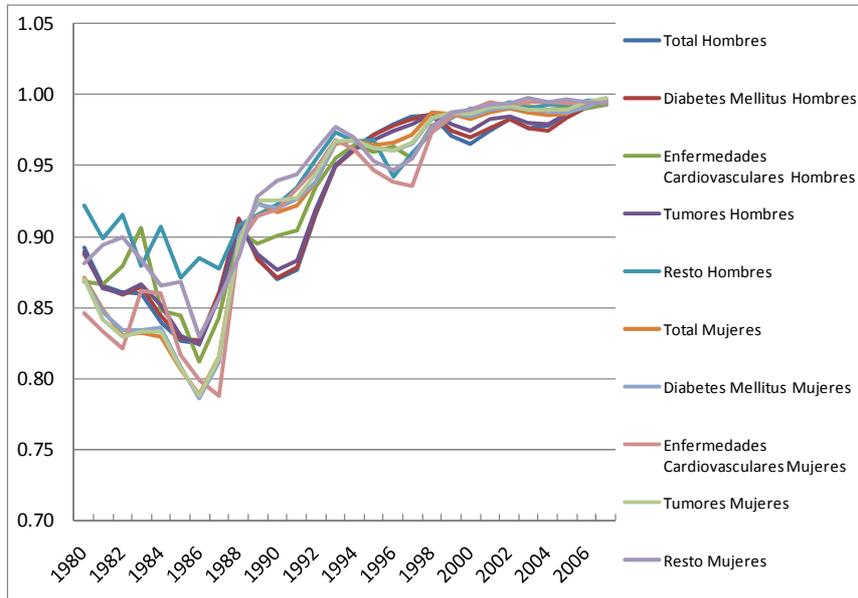
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de las  $R^2$  para serie  $q_x$  por ajuste *final* con la función Gompertz**



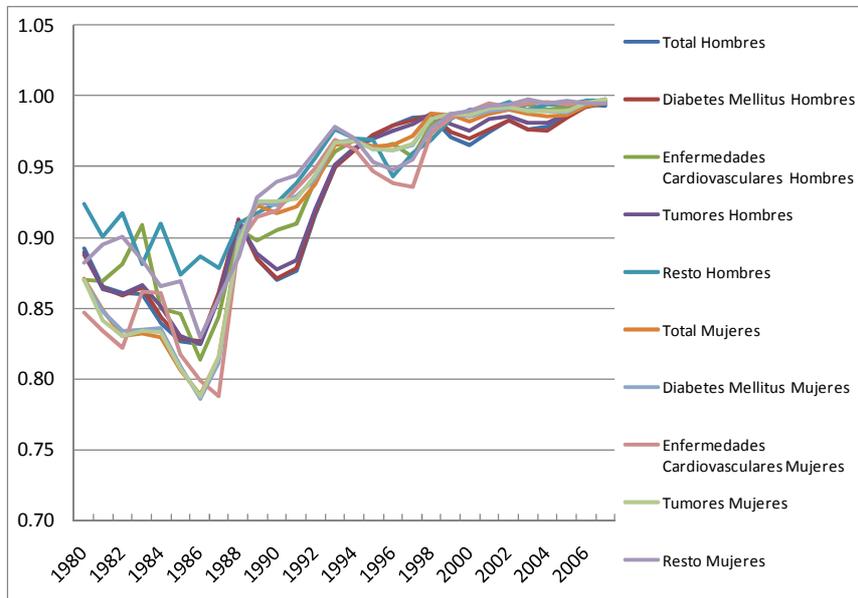
Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de las  $R^2$  para serie  $q_x$  por ajuste *final* con la función Gompertz-Makeham**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

**Gráfica de las  $R^2$  para serie  $q_x$  por ajuste *final* con la función Lazarus**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones INEGI 1979 a 2008

## Anexo XIII- Valores de los parámetros de la función *final*.

Parámetros de la función estimada en el ajuste final del total de defunciones en hombres, 1980 a 2007

Años	Polinomio 0 a 3 años				Spline de x1 a x2				Parámetros función Lazarus					Polinomio 80 a 100 años				Nodos de los splines				
	a1	b1	c1	d1	a2	b2	c2	d2	d	b	f	a	k	a3	b3	c3	d3	x1	x2	x3	x4	x5
1980	-596.25	3739.30	-7675.30	100000	-0.0487	-3.7989	-19.4875	94483	1.3383	0.9905	0.9998	0.9977	0.9599	0.5701	-143.3	10498	-184491	4	25	35	60	80
1981	-568.07	3554.70	-7252.80	100000	-0.0362	-4.7128	-2.8006	94799	1.3401	0.9907	0.9999	0.9975	0.9640	-0.2588	84.484	-10314	447687	4	25	35	60	80
1982	-535.44	3345.50	-6803.90	100000	-0.0602	-2.4595	-37.8795	95288	1.3412	0.9906	1.0001	0.9974	0.9678	-1.6560	469.91	-45686	1527735	4	26	35	60	80
1983	-502.43	3140.00	-6385.90	100000	-0.0516	-2.7920	-22.0938	95533	1.3505	0.9915	1.0001	0.9971	0.9699	-2.6220	741.53	-71085	2317339	4	26	35	60	80
1984	-465.36	2916.50	-5975.70	100000	-0.0481	-2.7432	-17.4538	95732	1.3609	0.9925	1.0002	0.9967	0.9713	-3.0738	872.29	-83651	2717940	4	26	35	60	80
1985	-421.82	2646.40	-5444.10	100000	-0.0411	-2.8741	-17.2066	96078	1.3759	0.9939	1.0002	0.9963	0.9734	-3.1443	897.75	-86561	2825004	4	27	35	60	80
1986	-392.40	2465.40	-5095.60	100000	-0.0241	-3.8989	2.8300	96228	1.3916	0.9951	1.0001	0.9960	0.9744	-2.9664	854.12	-83087	2735912	4	27	35	60	80
1987	-382.27	2395.50	-4925.30	100000	-0.0160	-4.2123	9.7851	96367	1.4069	0.9959	1.0001	0.9958	0.9753	-2.4275	715	-71208	2400353	4	27	35	60	80
1988	-392.63	2462.40	-5063.40	100000	-0.0115	-4.3589	14.9712	96256	1.4147	0.9962	1.0001	0.9957	0.9739	-1.5621	484.75	-50851	1801975	4	27	35	60	80
1989	-393.61	2471.50	-5089.10	100000	-0.0188	-3.6269	2.9628	96271	1.4231	0.9966	1.0001	0.9958	0.9729	-0.4801	194.36	-24951	1034186	4	27	35	60	80
1990	-388.04	2431.00	-4971.60	100000	-0.0128	-3.9149	10.5586	96394	1.4228	0.9966	1.0001	0.9958	0.9744	0.3889	-41.349	-3718.4	399391	4	27	35	60	80
1991	-366.90	2286.10	-4617.20	100000	-0.0016	-4.6805	28.1739	96683	1.4313	0.9970	1.0001	0.9962	0.9771	0.8932	-176.69	8325.6	44215	4	28	35	60	80
1992	-343.96	2129.50	-4241.80	100000	-0.0031	-4.5648	28.4750	97034	1.4347	0.9971	1.0001	0.9964	0.9803	0.9673	-195.58	9895.5	2013	4	29	35	55	80
1993	-332.54	2053.50	-4069.30	100000	-0.0015	-4.6889	34.3682	97159	1.4442	0.9975	1.0000	0.9967	0.9811	0.9021	-176.58	8033.5	63201	4	29	35	55	80
1994	-324.15	2001.30	-3968.00	100000	0.0025	-4.8740	40.0089	97202	1.4551	0.9978	1.0000	0.9968	0.9811	0.8857	-171.41	7472.7	83656	4	29	35	55	80
1995	-317.86	1962.30	-3888.90	100000	-0.0279	-2.9507	9.0313	97356	1.4705	0.9981	0.9999	0.9968	0.9812	0.8280	-154.21	5749.4	141156	4	31	39	55	80
1996	-307.00	1897.00	-3762.80	100000	-0.0325	-2.3947	-2.4327	97478	1.4783	0.9983	1.0000	0.9967	0.9819	0.8324	-155.04	5781.7	141630	4	31	39	61	80
1997	-295.97	1826.50	-3612.70	100000	-0.0345	-2.0436	-9.8437	97618	1.4809	0.9983	1.0000	0.9966	0.9831	0.8247	-153.54	5692.3	143080	4	31	39	61	80
1998	-287.56	1771.60	-3487.50	100000	-0.0022	-4.0756	29.3255	97605	1.4778	0.9983	1.0001	0.9964	0.9845	0.8784	-169.34	7223.5	94391	4	31	37	61	80
1999	-273.38	1683.10	-3304.90	100000	-0.0002	-4.0885	32.2150	97733	1.4749	0.9982	1.0001	0.9962	0.9860	0.9756	-196.39	9701.7	20072	4	31	37	61	80
2000	-257.53	1584.80	-3107.50	100000	-0.0067	-3.4691	22.3795	97903	1.4730	0.9982	1.0002	0.9961	0.9876	1.0628	-220.43	11879	-44314	4	31	37	55	80
2001	-256.60	1576.30	-3079.60	100000	-0.0087	-3.1595	16.1767	97957	1.4763	0.9982	1.0002	0.9960	0.9878	1.0248	-209.3	10787	-8409	4	31	37	55	80
2002	-257.94	1583.30	-3091.20	100000	-0.0026	-3.5985	26.7819	97915	1.4860	0.9984	1.0002	0.9960	0.9876	0.8457	-158.02	5920.9	144372	4	33	37	55	80
2003	-259.91	1597.60	-3125.90	100000	0.0026	-3.9155	33.6824	97863	1.5001	0.9987	1.0001	0.9963	0.9867	0.6101	-90.404	-522.83	348016	4	33	37	55	80
2004	-257.22	1581.00	-3096.60	100000	-0.0314	-1.3976	-16.5698	98036	1.5179	0.9989	1.0000	0.9966	0.9861	0.2754	4.5785	-9472.7	627775	4	33	38	51	80
2005	-254.19	1563.80	-3067.20	100000	-0.0169	-2.5059	6.7148	97974	1.5266	0.9990	1.0000	0.9967	0.9861	0.0636	64.576	-15137	805992	4	33	38	51	80
2006	-251.23	1544.70	-3028.70	100000	-0.0247	-2.0264	-3.1067	98028	1.5367	0.9991	0.9999	0.9969	0.9860	-0.1313	120.08	-20390	971106	4	33	39	51	80
2007	-246.67	1515.60	-2968.60	100000	-0.0085	-3.3815	22.6056	97988	1.5464	0.9992	0.9999	0.9970	0.9863	-0.0920	111.18	-19755	957253	4	33	39	51	80

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

Parámetros de la función estimada en el ajuste final del total de defunciones en mujeres, 1980 a 2007

Años	Polinomio 0 a 3 años				Spline de x1 a x2				Parámetros función Lazarus					Polinomio 80 a 100 años				Nodos de los splines				
	a1	b1	c1	d1	a2	b2	c2	d2	d	b	f	a	k	a3	b3	c3	d3	x1	x2	x3	x4	x5
1980	-461.56	2922.40	-6144.50	100000	0.0010	-2.6278	-10.3318	95315	1.4789	0.9988	0.9997	0.9986	0.9555	3.0643	-813.88	69664	-1889763	4	27	33	60	80
1981	-441.38	2788.80	-5825.00	100000	0.0019	-2.6414	-4.3623	95613	1.4712	0.9986	0.9998	0.9986	0.9589	2.1267	-560.03	46802	-1204461	4	27	33	60	80
1982	-414.69	2616.20	-5446.40	100000	0.0055	-2.8252	5.0341	95896	1.4654	0.9985	0.9999	0.9984	0.9625	-0.7900	-192.91	13255	-184506	4	27	33	60	80
1983	-395.00	2491.70	-5181.60	100000	0.0037	-2.5893	5.4301	96104	1.4677	0.9985	1.0000	0.9983	0.9648	-0.1365	65.482	-10720	555536	4	28	33	65	80
1984	-368.66	2330.00	-4876.80	100000	0.0087	-2.7750	9.9125	96259	1.4715	0.9985	1.0001	0.9980	0.9667	-0.6928	224.88	-25878	1033464	4	28	33	65	80
1985	-338.09	2136.40	-4481.50	100000	-0.0320	0.0658	-41.1290	96697	1.4740	0.9986	1.0001	0.9980	0.9693	-1.0560	327.25	-35492	1334513	4	29	35	65	80
1986	-311.52	1971.50	-4161.00	100000	-0.0216	-0.5446	-27.8012	96852	1.4810	0.9987	1.0001	0.9981	0.9710	-1.0328	325.25	-35735	1355600	4	29	35	65	80
1987	-298.05	1884.30	-3961.00	100000	-0.0504	1.4788	-62.8184	97149	1.4875	0.9988	1.0001	0.9982	0.9727	-0.5438	196.83	-24567	1034250	4	29	35	67	80
1988	-302.56	1915.70	-4027.70	100000	-0.0247	-0.2355	-28.9798	97000	1.4881	0.9988	1.0002	0.9977	0.9728	0.2430	-10.971	-6336.4	502865	4	30	35	67	80
1989	-301.79	1914.10	-4030.10	100000	-0.0124	-0.9280	-17.7610	96962	1.4881	0.9988	1.0002	0.9973	0.9732	1.3338	-303.94	19820	-273186	4	30	35	67	80
1990	-298.81	1890.10	-3949.30	100000	-0.0152	-0.5985	-23.4489	97096	1.4896	0.9988	1.0002	0.9973	0.9743	2.3891	-588.82	45368	-1033981	4	30	35	67	80
1991	-284.87	1787.20	-3671.20	100000	-0.0131	-0.7225	-17.8984	97376	1.4908	0.9989	1.0002	0.9975	0.9771	3.1449	-793.56	63777	-1582941	4	30	35	68	80
1992	-269.26	1674.80	-3379.20	100000	-0.0102	-0.9653	-8.6934	97645	1.4918	0.9989	1.0002	0.9980	0.9795	3.4493	-874.95	70992	-1794948	4	30	35	68	80
1993	-259.17	1607.70	-3228.20	100000	0.0042	-2.0007	13.8416	97695	1.4955	0.9989	1.0002	0.9982	0.9805	3.5065	-891.11	72481	-1839653	4	31	35	68	80
1994	-250.60	1557.60	-3137.30	100000	-0.0024	-1.3765	-0.3030	97795	1.5030	0.9990	1.0002	0.9983	0.9807	3.6051	-917.42	74791	-1906622	4	29	35	69	80
1995	-243.07	1513.80	-3054.90	100000	0.0077	-1.9511	10.0808	97825	1.5140	0.9991	1.0002	0.9984	0.9811	3.5425	-898.73	72922	-1844528	4	29	35	69	80
1996	-237.18	1475.20	-2968.50	100000	0.0113	-2.0633	10.6964	97896	1.5156	0.9991	1.0002	0.9981	0.9820	3.2530	-819.27	65668	-1624576	4	29	35	69	80
1997	-233.30	1445.80	-2889.30	100000	0.0058	-1.6608	3.2856	98001	1.5160	0.9991	1.0002	0.9979	0.9832	3.0173	-755.98	60018	-1456846	4	29	35	53	80
1998	-228.10	1410.20	-2800.90	100000	0.0112	-2.0283	11.2368	98064	1.5108	0.9991	1.0003	0.9976	0.9845	2.8899	-723.15	57214	-1377260	4	29	35	53	80
1999	-218.26	1347.70	-2667.60	100000	-0.0065	-0.9462	-5.4816	98224	1.5055	0.9990	1.0003	0.9974	0.9859	3.0115	-758.17	60550	-1481811	4	30	36	51	80
2000	-203.18	1254.60	-2481.40	100000	-0.0032	-1.1418	-0.7052	98339	1.5020	0.9990	1.0004	0.9972	0.9875	3.1976	-810							

Parámetros de la función estimada en el ajuste final de diabetes mellitus en hombres, 1980 a 2007

Años	Polinomio 0 a 3 años				Spline de x1 a x2				Parámetros función Lazarus					Polinomio 80 a 100 años				Nodos de los splines				
	a1	b1	c1	d1	a2	b2	c2	d2	d	b	f	a	k	a3	b3	c3	d3	x1	x2	x3	x4	x5
1980	-596.13	3738.60	-7673.90	100000	-0.0241	-5.2813	5.7249	94405	1.0060	0.9896	0.9998	1.0015	1.0090	0.6683	-172.53	13282	-268681	4	25	35	60	80
1981	-568.02	3554.25	-7251.66	100000	-0.0117	-6.1897	27.8809	94722	1.0318	0.9894	0.9998	1.0018	1.0091	-0.2132	69.923	-8889.5	405547	4	25	35	65	80
1982	-535.46	3345.45	-6803.35	100000	-0.0174	-5.6140	27.4277	95075	1.0116	0.9765	0.9998	1.0021	1.0220	-1.6291	459.8	-44615	1495108	4	25	35	65	80
1983	-502.39	3139.67	-6384.82	100000	-0.0401	-3.3660	-14.2318	95511	1.0128	0.9683	0.9998	1.0024	1.0303	-2.6465	745.74	-71352	2326791	4	27	35	65	80
1984	-465.25	2915.90	-5974.40	100000	-0.0351	-3.4652	-5.9327	95699	1.0156	0.9519	0.9997	1.0029	1.0478	-3.1260	884.44	-84672	2751200	4	27	35	65	80
1985	-421.77	2646.10	-5443.50	100000	-0.0234	-3.9204	0.6102	96023	1.0173	0.9455	0.9997	1.0032	1.0547	-3.2019	911.56	-87761	2864811	4	27	35	65	80
1986	-392.35	2465.07	-5094.58	100000	-0.0420	-2.5366	-24.0702	96317	1.0178	0.8922	0.9997	1.0046	1.1171	-3.0185	866.42	-84161	2772873	4	28	35	66	80
1987	-382.29	2395.64	-4925.26	100000	-0.0225	-3.6346	-2.4033	96408	1.0201	0.7978	0.9997	1.0073	1.2489	-2.3847	702.46	-70129	2375641	4	28	35	66	80
1988	-392.64	2462.42	-5062.89	100000	-0.0236	-3.1660	-13.4373	96352	1.0193	0.8184	0.9997	1.0067	1.2173	-1.4403	451.17	-47913	1722692	4	29	35	66	80
1989	-393.58	2471.32	-5088.50	100000	-0.0212	-3.1234	-11.8101	96323	1.0183	0.8782	0.9997	1.0051	1.1346	-0.2319	126.94	-19004	865984	4	29	35	66	80
1990	-388.04	2430.93	-4971.22	100000	-0.0201	-3.1507	-7.4473	96455	1.0194	0.7755	0.9997	1.0078	1.2846	0.7833	-148.33	5781.9	125142	4	29	35	66	80
1991	-366.89	2286.10	-4616.91	100000	-0.0044	-4.2496	16.8241	96723	1.0203	0.7005	0.9997	1.0102	1.4218	1.3890	-311.53	20365	-306695	4	29	35	66	80
1992	-343.96	2129.46	-4241.57	100000	-0.0084	-3.8027	7.6125	97106	1.0205	0.6168	0.9998	1.0130	1.6142	1.4774	-334.12	22248	-357341	4	31	35	66	80
1993	-332.50	2053.26	-4068.69	100000	0.0033	-4.6748	28.7728	97182	1.0197	0.6983	0.9997	1.0102	1.4260	1.4344	-320.7	20848	-308702	4	31	35	55	80
1994	-324.12	2001.09	-3967.39	100000	0.0124	-5.2327	41.7674	97201	1.0131	0.4502	0.9997	1.0138	2.2110	1.5496	-352.1	23657	-391254	4	31	35	55	80
1995	-317.80	1962.12	-3888.69	100000	-0.0115	-3.4441	9.2052	97362	1.0199	0.6360	0.9997	1.0124	1.5649	1.3414	-293.39	18118	-216667	4	31	35	51	80
1996	-307.04	1897.19	-3762.76	100000	-0.0106	-3.2887	5.8316	97459	1.0210	0.4775	0.9998	1.0190	2.0840	1.4983	-335.85	21913	-328934	4	31	35	51	80
1997	-295.95	1826.48	-3612.64	100000	-0.0156	-2.7339	-5.5863	97611	1.0132	0.4006	0.9997	1.0158	2.4829	1.4001	-309.97	19641	-262510	4	31	35	51	80
1998	-287.62	1771.85	-3487.64	100000	-0.0166	-2.4637	-10.2543	97739	1.0135	0.2817	0.9996	1.0215	3.5276	1.5438	-350.58	23416	-377377	4	31	35	51	80
1999	-273.47	1683.52	-3305.07	100000	-0.0104	-2.8179	-0.0752	97843	1.0148	0.1005	0.9998	1.0393	9.8865	1.6614	-383.28	26395	-465711	4	31	35	51	80
2000	-257.48	1584.57	-3107.06	100000	-0.0053	-3.0740	8.0884	97954	1.0087	0.0001	0.9998	1.0884	9.649	1.7755	-414.97	29288	-551937	4	31	35	49	80
2001	-256.52	1575.91	-3079.09	100000	-0.0007	-3.2944	13.2588	97971	1.0094	0.0001	0.9999	1.0957	9703	1.8521	-435.44	31083	-603277	4	31	35	49	80
2002	-257.00	1583.26	-3091.04	100000	0.0050	-3.7105	22.9587	97932	1.0094	0.0001	0.9998	1.0956	9693	1.7784	-412.62	28747	-524382	4	31	35	47	80
2003	-260.91	1597.97	-3126.09	100000	0.0077	-3.9018	28.5059	97884	1.0104	0.0001	0.9999	1.1058	9789	1.5526	-347.79	22831	-328349	4	31	35	45	80
2004	-257.21	1580.93	-3096.51	100000	-0.0014	-3.4505	23.7122	97906	1.0107	0.0001	0.9999	1.1096	9823	1.3553	-289.42	16831	-141839	4	33	38	51	80
2005	-254.20	1563.81	-3067.02	100000	-0.0033	-3.3584	22.9854	97922	1.0107	0.0001	0.9999	1.1105	9826	1.2208	-251.21	13199	-26239	4	33	39	51	80
2006	-251.23	1544.68	-3028.45	100000	0.0003	-3.6841	28.7119	97927	1.0108	0.0001	0.9998	1.1114	9828	0.9452	-173.45	5895.2	202017	4	33	39	45	80
2007	-246.66	1515.54	-2968.27	100000	-0.0094	-3.0493	13.0326	98021	1.0108	0.0001	0.9999	1.1117	9832	1.0113	-190.53	7353.8	160803	4	33	41	45	80

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

Parámetros de la función estimada en el ajuste final de diabetes mellitus en mujeres, 1980 a 2007

Años	Polinomio 0 a 3 años				Spline de x1 a x2				Parámetros función Lazarus					Polinomio 80 a 100 años				Nodos de los splines				
	a1	b1	c1	d1	a2	b2	c2	d2	d	b	f	a	k	a3	b3	c3	d3	x1	x2	x3	x4	x5
1980	-461.33	2921.32	-6142.67	100000	-0.0202	-1.1649	-36.3901	95398	1.0014	0.0003	0.9997	1.0145	3095	3.4511	-924.66	80032	-2205204	4	28	35	60	80
1981	-441.35	2788.52	-5823.87	100000	-0.0197	-1.1233	-31.9718	95702	1.0014	0.0004	0.9997	1.0142	2768	2.5262	-675.23	57653	-1536654	4	28	35	60	80
1982	-414.71	2616.13	-5445.61	100000	-0.0052	-2.0281	-9.6543	95944	1.0087	0.0003	0.9999	1.0759	3026	1.2373	-321.39	25315	-552501	4	28	35	65	80
1983	-394.81	2490.60	-5179.27	100000	-0.0041	-1.9797	-6.1072	96143	1.0035	0	0.9996	1.0319	2788	0.3322	-68.661	1818.8	174768	4	28	35	65	80
1984	-368.68	2329.98	-4876.08	100000	0.0085	-2.7549	10.3858	96259	0.9858	3578.6	0.9988	1.1282	0.0003	-0.3209	116.36	-15593	718745	4	28	35	65	80
1985	-338.03	2136.06	-4480.69	100000	0.0149	-3.0605	17.2979	96511	0.9942	0.0004	0.9997	0.9597	2475	-0.7788	244.56	-27556	1091122	4	29	35	65	80
1986	-311.52	1971.45	-4160.56	100000	0.0160	-2.9440	15.4496	96716	0.9927	0.0004	0.9997	0.9494	2409	-0.8525	267.65	-29984	1176608	4	28	34	67	80
1987	-298.09	1884.48	-3960.66	100000	0.0140	-2.7850	16.0263	96899	0.9833	3278	0.9985	1.1504	0.0003	-0.3033	122.46	-17269	808026	4	29	34	55	80
1988	-302.45	1915.29	-4026.77	100000	0.0066	-2.2175	6.4804	96889	0.9837	3394	0.9985	1.1475	0.0003	0.6496	-128.89	4753	167058	4	29	35	55	80
1989	-301.72	1913.85	-4029.59	100000	0.0090	-2.2124	4.3380	96894	0.9837	3800	0.9985	1.1499	0.0003	1.8913	-462.1	34481	-714521	4	29	35	55	80
1990	-298.71	1889.70	-3948.64	100000	0.0046	-1.8141	-2.3458	97031	0.9817	3809	0.9983	1.1691	0.0003	3.0599	-778.02	62858	-1560902	4	29	35	55	80
1991	-284.86	1787.09	-3670.41	100000	0.0075	-1.9740	3.8615	97309	0.9802	713	0.9984	1.1451	0.0014	4.0101	-1036.1	86124	-2256812	4	29	35	55	80
1992	-269.26	1674.82	-3378.89	100000	-0.0025	-1.3236	-3.9944	97632	0.9782	314	0.9983	1.1393	0.0032	4.4745	-1160.6	97199	-2583470	4	29	35	53	80
1993	-259.22	1607.86	-3227.99	100000	0.0055	-1.8997	9.4087	97712	0.9824	3780	0.9983	1.1623	0.0003	4.6050	-1196.5	100447	-2679812	4	29	35	53	80
1994	-250.57	1557.44	-3137.13	100000	-0.0066	-1.0125	-7.2614	97818	0.9815	3786	0.9982	1.1711	0.0003	4.5985	-1194.5	100217	-2671044	4	29	35	51	80
1995	-243.04	1513.66	-3054.51	100000	-0.0068	-0.8988	-9.5911	97889	0.9817	9266	0.9981	1.1884	0.0001	4.6580	-1209.6	101428	-2701562	4	29	35	51	80
1996	-237.18	1475.20	-2968.46	100000	-0.0106	-0.4932	-18.8088	97991	0.9817	2996	0.9982	1.1647	0.0003	4.3137	-1114.8	92754	-2437407	4	29	35	51	80
1997	-233.29	1445.72	-2889.07	100000	0.0123	-1.9451	7.2699	97989	0.9800	2321	0.9981	1.1747	0.0004	3.9842	-1026.8	84927	-2206018	4	29	34	51	80
1998	-228.10	1410.14	-2800.68	100000	0.0089	-1.7527	5.2133	98084	0.9795	3075	0.9979	1.1865	0.0003	3.8480	-992.51	82042	-2123874	4	29	34	49	80
1999	-218.21	1347.48	-2667.01	100000	0.0137	-2.0571	12.1518	98170	0.9760	991	0.9976	1.1878	0.0010	4.0790	-1058.6	88279	-2317453	4	29	34	49	80
2000	-203.17	1254.51	-2481.29	100000	0.0017	-1.2604	-0.9418	98342	0.9659	26.5527	0.9978	1.1250	0.0374	4.3438	-1132.9	95195	-2530242	4	31	35	49	80
2001	-202.20	1245.21	-2450.76	100000	-																	

**Parámetros de la función estimada en el ajuste final de enfermedades cardiovasculares en hombres, 1980 a 2007**

Años	Polinomio 0 a 3 años				Spline de x1 a x2				Parámetros función Lazarus					Polinomio 80 a 100 años				Nodos de los splines				
	a1	b1	c1	d1	a2	b2	c2	d2	d	b	f	a	k	a3	b3	c3	d3	x1	x2	x3	x4	x5
1980	-584.77	3667.17	-7522.62	100000	-0.0088	-5.8152	17.1190	94492	0.7603	1.1611	0.9981	1.0308	0.8661	-0.5545	134.35	-12277	446150	4	25	35	60	80
1981	-559.42	3496.90	-7119.92	100000	0.0053	-6.8404	40.8070	94797	0.7618	1.1697	0.9981	1.0320	0.8602	-1.3260	346.77	-31707	1036777	4	25	35	65	80
1982	-527.78	3295.01	-6690.36	100000	-0.0058	-5.9790	35.1950	95148	0.7822	1.2106	0.9979	1.0366	0.8314	-2.5386	682.5	-62624	1983700	4	25	35	65	80
1983	-495.94	3097.35	-6290.09	100000	-0.0274	-3.8426	-4.2445	95560	0.7651	1.1804	0.9980	1.0337	0.8527	-3.4916	951.36	-87861	2771416	4	27	35	65	80
1984	-458.10	2870.44	-5875.48	100000	-0.0256	-3.7649	0.9298	95760	0.7965	1.2627	0.9977	1.0423	0.7977	-3.8916	1066	-98786	3117396	4	27	35	65	80
1985	-414.14	2598.24	-5343.62	100000	-0.0240	-3.5976	-4.0982	96115	0.8099	1.3248	0.9975	1.0486	0.7605	-4.0679	1118.1	-103914	3285990	4	27	35	65	80
1986	-385.10	2418.52	-4994.12	100000	-0.0251	-3.5964	-1.2156	96323	0.8276	1.4077	0.9974	1.0548	0.7154	-3.9383	1088.8	-101842	3241509	4	28	34	66	80
1987	-375.55	2352.91	-4835.27	100000	0.0071	-5.5430	36.2078	96353	0.8293	1.4326	0.9973	1.0572	0.7032	-3.2507	909.13	-86289	2795742	4	28	34	66	80
1988	-387.74	2431.43	-4996.43	100000	-0.0347	-2.1299	-32.3920	96468	0.8277	1.4513	0.9972	1.0597	0.6947	-2.3176	658.68	-63977	2135898	4	29	35	66	80
1989	-389.98	2446.87	-5030.98	100000	-0.0329	-2.0842	-30.7305	96435	0.8302	1.4976	0.9970	1.0637	0.6740	-1.0305	316	-33659	1244735	4	29	35	66	80
1990	-384.12	2405.76	-4916.14	100000	-0.0218	-2.7858	-13.9829	96522	0.8313	1.5137	0.9970	1.0651	0.6670	0.4082	-74.024	1474.7	193457	4	29	35	66	80
1991	-363.01	2260.62	-4560.17	100000	-0.0124	-3.4804	2.9904	96814	0.8460	1.6830	0.9967	1.0762	0.6000	1.1464	-272.97	19282	-335289	4	29	35	66	80
1992	-340.09	2105.22	-4190.45	100000	-0.0195	-2.7758	-12.3707	97211	0.8437	1.6748	0.9967	1.0764	0.6032	1.9708	-495.15	39149	-924478	4	31	35	66	80
1993	-328.54	2028.09	-4015.25	100000	0.0008	-4.2323	19.8501	97253	0.8559	1.8420	0.9965	1.0852	0.5480	1.8524	-463.17	36248	-836007	4	31	35	55	80
1994	-320.05	1974.99	-3911.92	100000	-0.0035	-3.8875	16.1216	97327	0.8652	2.0640	0.9962	1.0960	0.4893	2.2136	-561.52	45089	-1098378	4	31	35	53	80
1995	-313.63	1935.41	-3832.51	100000	-0.0127	-3.1518	4.2688	97420	0.8709	2.2483	0.9960	1.1037	0.4493	1.9746	-496.51	39162	-917579	4	31	35	51	80
1996	-303.05	1872.31	-3711.10	100000	-0.0087	-3.2554	6.0575	97498	0.8643	2.1231	0.9961	1.1000	0.4762	1.6494	-411.19	31697	-699871	4	31	35	51	80
1997	-292.01	1801.89	-3561.86	100000	-0.0184	-2.3202	-13.3240	97674	0.8652	2.1481	0.9960	1.1013	0.4705	1.8284	-462.06	36457	-846734	4	31	35	51	80
1998	-285.23	1756.88	-3456.88	100000	-0.0257	-1.6776	-24.4364	97807	0.8703	2.2546	0.9960	1.1042	0.4483	1.2663	-310.89	22950	-445929	4	31	35	51	80
1999	-271.07	1668.67	-3275.12	100000	-0.0214	-1.8391	-19.1927	97926	0.8779	2.4540	0.9960	1.1097	0.4114	1.4293	-354.76	26850	-560218	4	31	35	51	80
2000	-255.73	1572.93	-3081.44	100000	-0.0085	-2.7277	2.4656	97991	0.8922	3.2583	0.9956	1.1305	0.3098	1.3941	-346.29	26176	-541978	4	31	35	49	80
2001	-254.64	1563.83	-3053.60	100000	-0.0086	-2.5806	-0.2530	98033	0.9083	5.6700	0.9950	1.1684	0.1778	1.4436	-359.63	27366	-576922	4	31	35	49	80
2002	-255.79	1569.59	-3062.27	100000	0.0009	-3.2638	14.8323	97979	0.9125	6.8615	0.9949	1.1799	0.1470	1.4961	-370	27946	-584010	4	31	35	47	80
2003	-257.48	1582.38	-3094.74	100000	0.0005	-3.1807	13.8987	97953	0.9332	#####	0.9937	1.2787	0.0251	1.4760	-359.32	26495	-525732	4	31	35	45	80
2004	-255.75	1571.40	-3075.07	100000	-0.0115	-2.5192	5.3218	97984	0.9474	#####	0.9924	1.4288	0.0012	1.2526	-295.32	20405	-333562	4	33	38	51	80
2005	-252.13	1550.99	-3040.58	100000	-0.0040	-3.0764	16.7955	97963	0.9475	#####	0.9924	1.4312	0.0011	1.0598	-240	15114	-165110	4	33	38	51	80
2006	-248.96	1530.66	-2999.57	100000	-0.0054	-3.0601	16.5792	97988	0.9478	#####	0.9924	1.4396	0.0009	0.7759	-160	7627.2	67500	4	33	39	45	80
2007	-243.27	1494.03	-2923.38	100000	-0.0113	-2.6348	4.0735	98084	0.9481	#####	0.9923	1.4440	0.0009	0.8785	-185.51	9690.9	13473	4	33	40	44	80

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

**Parámetros de la función estimada en el ajuste final de enfermedades cardiovasculares en mujeres, 1980 a 2007**

Años	Polinomio 0 a 3 años				Spline de x1 a x2				Parámetros función Lazarus					Polinomio 80 a 100 años				Nodos de los splines				
	a1	b1	c1	d1	a2	b2	c2	d2	d	b	f	a	k	a3	b3	c3	d3	x1	x2	x3	x4	x5
1980	-453.91	2870.93	-6022.74	100000	-0.0334	0.1848	-59.0141	95582	1.0923	0.6602	1.0024	1.0341	1.5162	0.8751	-271.77	25274	-676091	4	28	35	60	80
1981	-432.17	2730.22	-5698.36	100000	-0.0295	-0.0480	-49.4340	95861	1.0946	0.6808	1.0023	1.0322	1.4700	0.3349	-124.71	11968	-275411	4	28	35	60	80
1982	-407.59	2570.72	-5345.27	100000	-0.0334	0.2301	-49.0568	96158	1.1323	0.8995	1.0014	1.0112	1.1115	-1.3275	328.14	-29033	958566	4	28	35	65	80
1983	-388.88	2451.62	-5091.87	100000	-0.0273	-0.0924	-39.2122	96322	1.1023	0.7428	1.0022	1.0259	1.3484	-1.6812	432.56	-39253	1289856	4	28	35	65	80
1984	-362.23	2289.05	-4786.95	100000	-0.0297	0.1304	-41.4815	96500	1.1038	0.7415	1.0024	1.0260	1.3514	-2.8688	761.82	-69599	2219496	4	28	35	65	80
1985	-332.78	2101.72	-4404.65	100000	-0.0329	0.4702	-47.5449	96780	1.1382	0.9086	1.0014	1.0102	1.1008	-3.0576	812.76	-74204	2359253	4	29	35	65	80
1986	-306.24	1938.07	-4087.56	100000	-0.0588	2.2778	-78.7074	97077	1.1462	0.9252	1.0013	1.0084	1.0810	-3.0300	806.15	-73732	2350336	4	28	34	67	80
1987	-292.52	1849.48	-3886.41	100000	-0.0035	-1.3486	-9.6282	97041	1.1447	0.9206	1.0014	1.0086	1.0870	-2.6851	720.08	-66658	2159153	4	29	34	55	80
1988	-298.13	1887.15	-3965.16	100000	-0.0152	-0.4964	-25.0082	97040	1.1452	0.9178	1.0015	1.0087	1.0907	-1.9271	520.7	-49215	1651961	4	29	35	55	80
1989	-298.77	1894.49	-3984.42	100000	-0.0117	-0.5826	-25.4491	97031	1.1473	0.9196	1.0015	1.0086	1.0887	-0.2926	80.504	-9785	477974	4	29	35	55	80
1990	-295.68	1870.21	-3905.01	100000	-0.0146	-0.2481	-31.5217	97163	1.1487	0.9202	1.0016	1.0083	1.0883	0.9143	-242.75	19002	-373685	4	29	35	55	80
1991	-282.20	1769.34	-3629.38	100000	-0.0141	-0.3222	-25.9199	97440	1.1500	0.9218	1.0016	1.0080	1.0866	2.3009	-616.23	52421	-1366646	4	29	35	55	80
1992	-266.58	1656.69	-3337.26	100000	-0.0151	-0.2808	-23.0045	97727	1.1542	0.9288	1.0016	1.0072	1.0785	2.4542	-658.4	56271	-1483192	4	29	35	53	80
1993	-255.79	1586.64	-3183.61	100000	-0.0076	-0.8311	-9.8735	97810	1.1551	0.9298	1.0016	1.0070	1.0776	2.8318	-762.04	65698	-1767320	4	29	35	53	80
1994	-247.61	1538.04	-3094.25	100000	-0.0143	-0.3245	-19.6637	97893	1.1550	0.9263	1.0017	1.0073	1.0819	2.9600	-801.54	69644	-1895645	4	29	35	51	80
1995	-239.91	1493.58	-3011.70	100000	-0.0159	-0.1169	-23.9657	97967	1.1572	0.9306	1.0016	1.0067	1.0771	3.2941	-891.27	77601	-2129145	4	29	35	51	80
1996	-233.94	1454.58	-2924.99	100000	-0.0210	0.3610	-34.6048	98076	1.1503	0.9171	1.0017	1.0082	1.0929	2.4328	-660.66	57041	-1519216	4	29	35	51	80
1997	-230.51	1428.11	-2851.21	100000	-0.0010	-0.9332	-10.6556	98077	1.1477	0.9111	1.0018	1.0090	1.1000	2.2025	-598.62	51457	-1351297	4	29	34	51	80
1998	-226.56	1399.75	-2776.33	100000	0.0004	-1.0696	-6.9945	98145	1.1543	0.9276	1.0016	1.0071	1.0805	1.6037	-438.14	37181	-930101	4	29	34	49	80
1999	-216.86	1338.94	-2648.90	100000	0.0064	-1.4705	1.5544	98219	1.1556	0.9318	1.0016	1.0067	1.0754	1.6795	-459.7	39211	-993055	4	29	34	49	80
2000	-202.06	1247.00	-2463.36	100000	-0.0115	-0.2393	-20.3689	98421	1.1547	0.9293	1.0016	1.0068	1.0785	1.8008	-491.55	42003	-1074275	4	31	35	49	80
2001	-200.																					

**Parámetros de la función estimada en el ajuste final de tumores en hombres, 1980 a 2007**

Años	Polinomio 0 a 3 años				Spline de x1 a x2				Parámetros función Lazarus					Polinomio 80 a 100 años				Nodos de los splines				
	a1	b1	c1	d1	a2	b2	c2	d2	d	b	f	a	k	a3	b3	c3	d3	x1	x2	x3	x4	x5
1980	-595.26	3733.82	-7661.95	100000	-0.0288	-4.9846	5.6196	94423	1.0148	0.0002	1.0007	1.1324	4170	0.6974	-184.6	14684	-316910	4	25	35	60	80
1981	-567.96	3553.63	-7244.91	100000	-0.0154	-5.9533	28.8923	94736	1.0151	0.0002	1.0007	1.1364	4245	-0.1197	40.405	-5921.2	310794	4	25	35	65	80
1982	-534.53	3340.52	-6791.16	100000	-0.0451	-3.2423	-21.5785	95259	1.0150	0.0002	1.0006	1.1351	4214	-1.6245	454.65	-43865	1467461	4	27	35	65	80
1983	-501.56	3135.34	-6374.26	100000	-0.0446	-3.0685	-13.8429	95526	1.0154	0.0002	1.0007	1.1393	4191	-2.6847	752.21	-71646	2330083	4	27	35	65	80
1984	-464.78	2913.22	-5964.82	100000	-0.0363	-3.3802	-2.2703	95706	1.0152	0.0002	1.0007	1.1386	4400	-3.1465	886.31	-84576	2743689	4	27	35	65	80
1985	-421.49	2644.43	-5435.35	100000	-0.0306	-3.4465	-2.2062	96050	0.9874	15245	0.9988	1.1343	0.0001	-3.1651	897.44	-86187	2812301	4	27	35	65	80
1986	-391.49	2460.73	-5083.26	100000	-0.0173	-4.3481	17.0631	96206	0.9874	15907	0.9988	1.1354	0.0001	-2.9889	854.86	-82878	2730901	4	28	34	67	80
1987	-381.63	2392.36	-4914.85	100000	0.0015	-5.4047	38.1399	96297	0.9837	15079	0.9983	1.1753	0.0001	-2.4436	715.14	-71059	2400979	4	28	34	67	80
1988	-391.98	2458.86	-5051.53	100000	-0.0302	-2.6855	-16.8319	96385	0.9838	15214	0.9983	1.1745	0.0001	-1.2773	403.39	-43367	1583276	4	29	35	66	80
1989	-393.33	2470.11	-5081.10	100000	-0.0362	-2.0591	-26.4142	96389	0.9834	13678	0.9983	1.1774	0.0001	0.1011	33.528	-10397	606903	4	29	35	66	80
1990	-387.78	2429.53	-4964.27	100000	-0.0310	-2.3477	-17.6801	96505	0.9820	5785	0.9982	1.1757	0.0002	1.1135	-241.72	-14453	107718	4	29	35	66	80
1991	-366.57	2284.26	-4609.03	100000	-0.0165	-3.4066	6.5273	96773	0.9704	18.72	0.9984	1.0958	0.0531	1.7848	-422.54	30619	-617190	4	29	35	66	80
1992	-344.15	2130.19	-4236.30	100000	-0.0153	-3.2713	2.5050	97141	0.9667	14.58	0.9983	1.0983	0.0682	1.9920	-478.27	35569	-762084	4	31	35	55	80
1993	-332.40	2052.75	-4062.72	100000	-0.0078	-3.9019	19.9508	97227	0.9555	3.8225	0.9985	1.0659	0.2602	2.0488	-492.4	36695	-790294	4	31	35	55	80
1994	-324.53	2003.10	-3965.43	100000	-0.0127	-3.4799	14.2966	97303	0.9511	3.2789	0.9984	1.0641	0.3033	1.9786	-473.4	34944	-735335	4	31	35	53	80
1995	-317.18	1959.36	-3879.95	100000	-0.0239	-2.5615	-1.8024	97417	0.9455	2.5982	0.9984	1.0575	0.3827	2.0604	-494.41	36686	-781910	4	31	35	51	80
1996	-307.19	1897.86	-3758.39	100000	-0.0215	-2.4833	-4.2280	97509	0.9545	4.0331	0.9984	1.0700	0.2465	1.9144	-453.92	32941	-666702	4	31	35	51	80
1997	-296.24	1827.53	-3606.94	100000	-0.0253	-2.0157	-13.1753	97657	0.9540	3.9567	0.9983	1.0699	0.2513	1.8537	-437.9	31522	-624480	4	31	35	51	80
1998	-287.72	1771.98	-3481.18	100000	-0.0088	-3.0228	7.4672	97699	0.9440	2.6053	0.9984	1.0593	0.3817	1.8742	-445.59	32399	-655656	4	31	35	53	80
1999	-272.97	1680.69	-3295.39	100000	-0.0251	-1.7784	-13.2794	97904	0.6142	1.0487	0.9991	1.0123	0.9592	1.9714	-473.92	35111	-740507	4	31	35	51	80
2000	-257.21	1583.23	-3099.41	100000	-0.0202	-2.0057	-6.2601	98020	0.6331	1.0552	0.9990	1.0135	0.9535	2.1409	-521.01	39423	-870099	4	31	35	49	80
2001	-256.16	1574.24	-3070.91	100000	-0.0104	-2.6333	7.3717	98010	0.6378	1.0568	0.9990	1.0138	0.9521	2.1325	-517.82	39037	-854966	4	31	35	49	80
2002	-257.26	1580.15	-3082.08	100000	-0.0014	-3.2364	20.4912	97958	0.6439	1.0587	0.9990	1.0141	0.9504	2.1537	-520.45	38985	-844912	4	31	35	49	80
2003	-259.77	1596.66	-3117.55	100000	-0.0059	-3.0873	21.6608	97925	0.6457	1.0590	0.9990	1.0142	0.9502	1.8707	-440.2	31428	-608757	4	31	37	51	80
2004	-256.83	1579.37	-3088.60	100000	-0.0236	-1.7772	-3.6754	98017	0.6562	1.0626	0.9990	1.0147	0.9470	1.4754	-328.18	20886	-279648	4	33	38	51	80
2005	-253.52	1560.74	-3056.98	100000	-0.0060	-3.1364	24.9951	97938	0.6577	1.0623	0.9990	1.0146	0.9472	1.2654	-267.9	15128	-96554	4	33	38	51	80
2006	-251.37	1545.53	-3022.93	100000	-0.0081	-3.1064	24.8125	97961	0.6639	1.0641	0.9990	1.0149	0.9456	1.1061	-222.56	10836	-38321	4	33	39	45	80
2007	-246.47	1514.70	-2960.76	100000	-0.0239	-1.9632	-1.9883	98091	0.6693	1.0645	0.9990	1.0148	0.9451	1.1643	-236.71	11962	9014	4	33	40	47	80

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

**Parámetros de la función estimada en el ajuste final de tumores en mujeres, 1980 a 2007**

Años	Polinomio 0 a 3 años				Spline de x1 a x2				Parámetros función Lazarus					Polinomio 80 a 100 años				Nodos de los splines				
	a1	b1	c1	d1	a2	b2	c2	d2	d	b	f	a	k	a3	b3	c3	d3	x1	x2	x3	x4	x5
1980	-460.41	2916.32	-6130.99	100000	0.0286	-4.1545	19.4441	95240	1.0263	0.9858	0.9996	1.0036	1.0104	3.5386	-951.23	82595	-2283059	4	28	35	60	80
1981	-440.65	2784.81	-5813.92	100000	0.0237	-3.6757	14.5227	95574	1.0293	0.9639	0.9995	1.0046	1.0327	2.4849	-667.53	57185	-1525375	4	28	35	60	80
1982	-414.58	2614.84	-5437.94	100000	0.0012	-2.1599	-6.4584	95952	1.0150	0.9363	0.9995	1.0050	1.0624	1.0663	-277.89	21568	-441508	4	28	35	57	80
1983	-394.43	2488.69	-5172.44	100000	0.0120	-2.7367	7.9086	96116	1.0256	0.9470	0.9995	1.0052	1.0507	0.1979	-35.341	-967.82	254786	4	28	35	57	80
1984	-368.11	2326.65	-4866.61	100000	0.0202	-3.1919	17.7640	96254	1.0169	0.9225	0.9995	1.0054	1.0781	-0.4563	151.31	-18657	811200	4	29	35	57	80
1985	-337.36	2132.46	-4471.57	100000	0.0162	-2.7817	11.2371	96549	1.0190	0.7945	0.9995	1.0089	1.2507	-0.9552	289.97	-31514	1209350	4	29	35	57	80
1986	-310.80	1968.07	-4151.93	100000	0.0271	-3.4683	26.8342	96698	1.0198	0.7104	0.9995	1.0114	1.3985	-0.8666	270.12	-30148	1182667	4	29	35	56	80
1987	-297.30	1880.53	-3951.72	100000	0.0069	-1.9851	1.5631	96963	1.0193	0.7122	0.9995	1.0113	1.3950	-0.3229	127.4	-17747	826213	4	29	35	49	80
1988	-301.98	1912.51	-4017.07	100000	0.0146	-2.4196	10.1951	96900	1.0200	0.6937	0.9995	1.0120	1.4319	0.6036	-117.65	3787.2	197432	4	29	35	49	80
1989	-301.30	1911.53	-4021.36	100000	0.0117	-2.0610	1.3881	96923	1.0198	0.6132	0.9995	1.0145	1.6198	1.9757	-484.96	36469	-768834	4	29	35	49	80
1990	-297.85	1884.90	-3936.99	100000	0.0099	-1.8147	-2.9333	97052	1.0142	0.2146	0.9996	1.0270	4.6248	3.1814	-811.23	65804	-1644728	4	29	35	49	80
1991	-284.59	1785.44	-3662.85	100000	0.0109	-1.8815	1.9742	97336	1.0156	0.0283	0.9999	1.0619	35.129	4.1648	-1078	98835	-2363094	4	29	35	49	80
1992	-268.78	1672.36	-3370.54	100000	0.0029	-1.3719	-3.0509	97650	1.0157	0.0532	0.9998	1.0519	18.662	4.5199	-1173.5	98357	-2614877	4	29	35	47	80
1993	-258.92	1606.12	-3220.58	100000	-0.0003	-1.1988	-3.5309	97772	1.0166	0.0369	0.9999	1.0611	26.900	4.6892	-1220.8	102709	-2747445	4	29	35	45	80
1994	-250.69	1558.26	-3133.81	100000	-0.0014	-1.0209	-7.3344	97838	1.0041	0.0311	0.9994	1.0203	31.913	4.8609	-1266.9	106781	-2865961	4	29	35	45	80
1995	-243.07	1513.68	-3048.70	100000	-0.0004	-1.0329	-6.7239	97900	1.0074	0.0284	0.9994	1.0324	34.896	4.7735	-1241.6	104330	-2786769	4	29	35	45	80
1996	-236.86	1473.66	-2960.89	100000	0.0021	-1.1309	-4.6676	97966	1.0156	0.0426	0.9998	1.0556	23.313	4.4177	-1143.4	95300	-2510723	4	31	35	45	80
1997	-232.94	1444.08	-2881.88	100000	0.0088	-1.5791	3.8894	98018	1.0103	0.0198	0.9996	1.0470	50.149	4.1665	-1077.2	89510	-2342508	4	31	35	45	80
1998	-228.06	1409.96	-2795.77	100000	0.0084	-1.5370	4.2602	98104	1.0177	0.0391	0.9999	1.0640	25.350	3.8831	-1001.4	82771	-2142955	4	31	35	44	80
1999	-217.67	1344.66	-2657.39	100000	0.0069	-1.3242	-0.7774	98235	1.0171	0.0287	0.9999	1.0676	34.611	3.9635	-1025.9	85216	-2222778	4	31	35	44	80
2000	-202.68	1252.64	-2473.89	100000	0.0064	-1.2699	-0.3483	98363	0.9841	2408.99	0.9984	1.1387	0.0004	4.2601	-1109.7	93073	-2466350	4	31	35	44	80
2001	-201.																					

**Parámetros de la función estimada en el ajuste final del resto de defunciones en hombres, 1980 a 2007**

Años	Polinomio 0 a 3 años				Spline de x1 a x2				Parámetros función Lazarus					Polinomio 80 a 100 años				Nodos de los splines				
	a1	b1	c1	d1	a2	b2	c2	d2	d	b	f	a	k	a3	b3	c3	d3	x1	x2	x3	x4	x5
1980	-13.00	80.86	-174.15	100000	-0.0263	0.8066	-19.3412	99907	0.8499	1.5967	0.9954	1.0685	0.5978	-1.9753	499.57	-43795	1382113	4	30	35	45	80
1981	-9.03	60.89	-147.47	100000	-0.0252	0.8036	-19.6021	99917	0.8496	1.5743	0.9955	1.0667	0.6085	-2.7292	704.77	-62381	1941547	4	31	35	45	80
1982	-8.79	57.05	-131.47	100000	-0.0243	0.8741	-22.0237	99944	0.8776	2.0558	0.9950	1.0901	0.4670	-4.4720	1185.6	-106498	3287102	4	31	35	45	80
1983	-7.58	48.94	-112.07	100000	-0.0158	0.2627	-9.8058	99924	0.9145	6.6443	0.9936	1.1754	0.1449	-4.7326	1267.3	-114848	3565833	4	31	35	45	80
1984	-8.13	51.28	-115.82	100000	-0.0204	0.5936	-14.8796	99933	0.8912	3.1704	0.9941	1.1311	0.3048	-5.2313	1412.7	-128943	4019110	4	30	35	45	80
1985	-8.23	51.62	-113.15	100000	-0.0078	-0.2868	2.8973	99887	0.9024	4.2534	0.9940	1.1497	0.2278	-5.3381	1452.6	-133549	4187084	4	31	35	44	80
1986	-8.40	53.00	-117.86	100000	-0.0132	0.1088	-4.3285	99900	0.9488	1676.5	0.9908	1.4661	0.0006	-5.3952	1467.5	-134908	4229256	4	31	35	44	80
1987	-7.48	46.61	-103.23	100000	-0.0155	0.3677	-10.4134	99935	0.9416	263.5	0.9913	1.3863	0.0037	-4.5164	1236.8	-114839	3649887	4	31	35	44	80
1988	-5.62	35.36	-81.34	100000	-0.0112	-0.0046	-2.3631	99922	0.9288	29.640	0.9924	1.2722	0.0328	-2.6254	739.54	-71393	2387724	4	31	35	44	80
1989	-4.00	26.74	-68.37	100000	-0.0129	0.1401	-5.5065	99938	0.9120	7.5865	0.9934	1.1925	0.1282	-0.5833	188.28	-21938	912342	4	31	35	44	80
1990	-4.23	27.18	-64.98	100000	-0.0133	0.0573	-1.9088	99935	0.9414	239.2788	0.9915	1.3800	0.0041	0.6214	-135.52	6996	52827	4	31	36	43	80
1991	-4.30	27.90	-67.00	100000	-0.0222	0.6841	-13.5322	99969	0.9150	8.2352	0.9935	1.1944	0.1186	2.0214	-512.63	40710	-948141	4	31	36	43	80
1992	-3.74	24.03	-58.27	100000	-0.0171	0.3639	-7.3430	99958	0.9289	22.9998	0.9930	1.2496	0.0426	1.9870	-501.89	39626	-912903	4	31	36	43	80
1993	-4.27	26.82	-62.51	100000	-0.0240	0.8021	-15.2732	99980	0.9473	978.7303	0.9912	1.4407	0.0010	2.4586	-630.93	51325	-1264500	4	31	36	43	80
1994	-3.83	25.23	-60.48	100000	-0.0307	1.4094	-29.2438	1E+05	0.9397	120.4290	0.9922	1.3366	0.0081	2.0369	-518.78	41359	-969443	4	31	35	42	80
1995	-5.05	30.62	-66.99	100000	-0.0121	0.0491	-2.3604	99941	0.9409	224.1185	0.9917	1.3776	0.0044	2.1489	-553.58	44834	-1082562	4	31	35	42	80
1996	-3.79	24.14	-57.30	100000	-0.0149	0.2586	-6.2180	99955	0.9401	234.9642	0.9915	1.3875	0.0042	1.9976	-514.27	41408	-982499	4	31	35	42	80
1997	-3.75	24.05	-57.66	100000	-0.0204	0.7141	-16.4842	99988	0.9388	207.1615	0.9914	1.3859	0.0048	1.0237	-251.7	17894	-283446	4	31	35	42	80
1998	-2.14	14.28	-37.56	100000	-0.0160	0.4382	-11.5706	99991	1.0008	0.0002	0.9974	1.0276	6154.1	1.1941	-297.02	21928	-403691	4	31	35	42	80
1999	-2.68	16.80	-39.68	100000	-0.0116	0.1434	-5.8358	99973	1.0396	0.0001	1.0073	1.4094	7580.0	0.9439	-228.72	15779	-220680	4	31	35	42	80
2000	-2.18	13.84	-35.32	100000	-0.0090	0.0093	-3.9794	99969	1.0404	0.0002	1.0072	1.3852	4140.9	1.3118	-326.97	24508	-478703	4	31	35	42	80
2001	-2.53	15.10	-35.92	100000	-0.0194	0.6350	-14.3428	1E+05	1.0415	0.0006	1.0068	1.3504	1758.8	1.5035	-376.24	28699	-596983	4	31	36	41	80
2002	-2.90	17.28	-38.78	100000	-0.0228	0.8850	-20.1443	1E+05	1.0536	0.0416	1.0048	1.1757	23.65	1.2135	-296.96	21478	-378702	4	31	36	41	80
2003	-2.52	15.93	-39.89	100000	-0.0148	0.2695	-7.0505	99973	1.0457	0.0037	1.0063	1.2787	267.2	1.3051	-318.45	23076	-415687	4	31	36	41	80
2004	-1.92	11.40	-30.24	100000	-0.0142	0.2336	-6.9126	99977	1.0650	0.1904	1.0038	1.1060	5.1654	1.1565	-273.07	18511	-264923	4	31	36	41	80
2005	-2.74	15.96	-37.55	100000	-0.0139	0.2080	-6.3491	99972	1.0806	0.4556	1.0027	1.0591	2.1584	0.8913	-198.92	11630	-52833	4	31	36	41	80
2006	-2.16	13.49	-35.71	100000	-0.0170	0.4113	-10.5401	99985	1.0849	0.5277	1.0024	1.0500	1.8633	0.9803	-220.87	13373	-97243	4	31	36	41	80
2007	-3.67	22.96	-54.09	100000	-0.0176	0.4387	-11.4455	99977	1.0870	0.5559	1.0024	1.0464	1.7707	0.8202	-174.74	8954.2	43332	4	31	36	41	80

Fuente: Elaboración propia con base en datos de defunciones del INEGI 1979 a 2008

**Parámetros de la función estimada en el ajuste final del resto de defunciones en mujeres, 1980 a 2007**

Años	Polinomio 0 a 3 años				Spline de x1 a x2				Parámetros función Lazarus					Polinomio 80 a 100 años				Nodos de los splines				
	a1	b1	c1	d1	a2	b2	c2	d2	d	b	f	a	k	a3	b3	c3	d3	x1	x2	x3	x4	x5
1980	-9.22	60.13	-141.52	100000	-0.0364	1.4295	-29.1639	99951	1.1615	0.9304	1.0013	1.0050	1.0310	-0.7355	149.77	-11500	405105	4	29	35	55	80
1981	-10.16	64.34	-143.15	100000	-0.0381	1.5504	-30.3331	99962	1.1617	0.9326	1.0013	1.0051	1.0315	-1.7526	428.37	-36855	1171487	4	29	35	55	80
1982	-7.32	47.89	-113.57	100000	-0.0325	1.2599	-25.5358	99966	1.1572	0.9264	1.0013	1.0063	1.0410	-2.2930	580.12	-51040	1612164	4	29	35	55	80
1983	-7.00	45.23	-104.02	100000	-0.0329	1.3026	-25.7652	99980	1.1578	0.9236	1.0015	1.0065	1.0466	-4.0016	1045.9	-93271	2885527	4	30	35	55	80
1984	-7.07	45.10	-103.25	100000	-0.0250	0.8088	-16.7047	99951	1.1462	0.8997	1.0016	1.0095	1.0757	-3.2042	837.6	-75270	2369973	4	30	35	55	80
1985	-6.20	39.58	-89.57	100000	-0.0173	0.2332	-3.4587	99923	1.1508	0.9123	1.0015	1.0079	1.0638	-3.9178	1039.7	-94252	2960961	4	30	35	55	80
1986	-6.10	37.47	-84.64	100000	-0.0370	1.6353	-30.7793	1E+05	1.1553	0.9240	1.0014	1.0065	1.0524	-4.5824	1226.5	-111707	3501783	4	29	35	45	80
1987	-6.33	39.19	-85.96	100000	-0.0332	1.3632	-25.4423	99996	1.1570	0.9261	1.0015	1.0063	1.0518	-3.8560	1030.5	-94149	2980055	4	29	35	43	80
1988	-5.19	32.78	-75.81	100000	-0.0249	0.9152	-18.5326	99979	1.1508	0.9142	1.0016	1.0076	1.0650	-2.2573	606.6	-56811	1886810	4	29	33	43	80
1989	-3.63	22.89	-56.22	100000	-0.0289	1.1577	-22.1271	1E+05	1.1499	0.9132	1.0016	1.0074	1.0663	-0.8355	229.74	-23581	911716	4	29	33	43	80
1990	-4.23	25.92	-58.39	100000	-0.0198	0.5686	-10.6310	99971	1.1541	0.9247	1.0015	1.0063	1.0538	1.1706	-308.58	24443	-512723	4	29	33	43	80
1991	-2.98	20.11	-52.08	100000	-0.0217	0.7445	-14.8925	99985	1.1538	0.9244	1.0015	1.0065	1.0574	1.7388	-462.31	38268	-925965	4	29	33	43	80
1992	-3.19	20.93	-51.73	100000	-0.0255	1.0075	-19.1585	1E+05	1.1465	0.9098	1.0016	1.0084	1.0774	2.9281	-782.08	66818	-1772814	4	29	33	43	80
1993	-3.64	22.93	-53.23	100000	-0.0217	0.7865	-15.5390	99991	1.1430	0.9001	1.0017	1.0094	1.0906	2.8906	-775.09	66445	-1768515	4	29	33	43	80
1994	-2.98	19.22	-47.53	100000	-0.0173	0.4850	-9.8820	99975	1.1443	0.9058	1.0016	1.0087	1.0842	3.4471	-925.33	79886	-2168021	4	29	33	43	80
1995	-3.23	20.69	-50.47	100000	-0.0144	0.3281	-7.4017	99968	1.1468	0.9093	1.0017	1.0082	1.0810	2.9292	-787.92	67727	-1809389	4	29	33	43	80
1996	-3.60	22.33	-51.99	100000	-0.0152	0.4097	-9.3709	99971	1.1562	0.9270	1.0016	1.0061	1.0612	2.7806	-748.09	64186	-1705261	4	29	33	43	80
1997	-3.21	19.62	-46.35	100000	-0.0251	1.0046	-18.8576	1E+05	1.1558	0.9263	1.0016	1.0061	1.0630	1.7513	-470.53	39308	-964178	4	31	35	45	80
1998	-1.59	10.81	-30.33	100000	-0.0247	1.0425	-20.5849	1E+05	1.1626	0.9384	1.0015	1.0046	1.0502	1.3855	-372.11	30539	-705429	4	31	35	44	80
1999	-2.05	12.30	-29.86	100000	-0.0142	0.2383	-3.4697	99970	1.1716	0.9503	1.0014	1.0029	1.0387	1.3644	-362.48	29396	-664831	4	31	35	44	80
2000	-1.65	9.73	-26.13	100000	-0.0170	0.5219	-10.3892	99992	1.1728	0.9536	1.0013	1.0027	1.0361	1.5839	-420.8	34549	-816209	4	31	35	44	80
2001	-2.49	14.84	-33.68	100000	-0.0245	1.0519	-20.4823	1E+05	1.1739	0.9546	1.0013	1.0026	1.0354	2.2289	-595.25	50223	-1283920	4	31	35	43	80
2002	-2.1																					

## Anexo XIV - Tendencia de parámetros de la función *final*

**Total de Defunciones Hombres (la agregue en el texto, como ejemplo de cómo se vería si se incluyen ahí las gráficas y no como anexo)**

*Edades 0 a 3*

*Segmento Spline*

*Segmento Lazarus*

*Edades mayores*

**Total de Defunciones Mujeres (la agregue en el texto, como ejemplo de cómo se vería si se incluyen ahí las gráficas y no como anexo)**

*Edades 0 a 3*

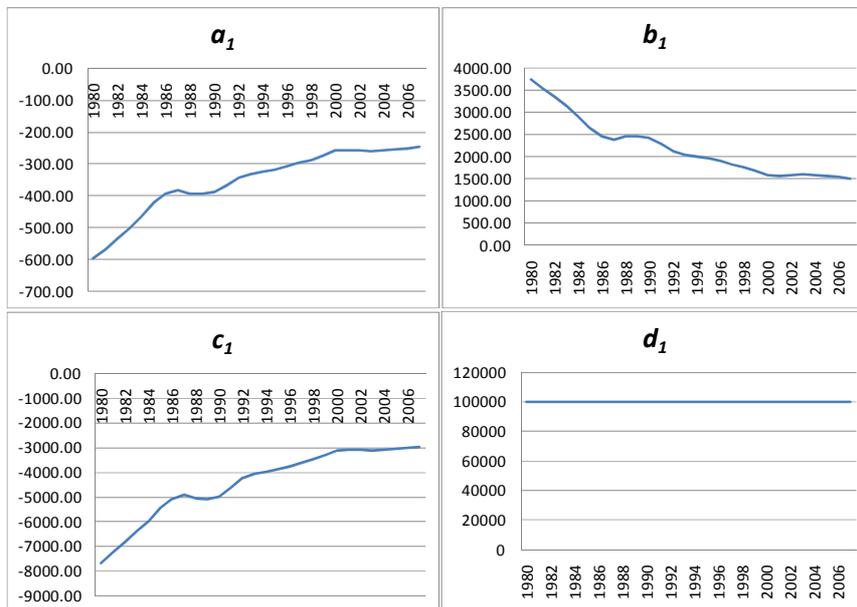
*Segmento Spline*

*Segmento Lazarus*

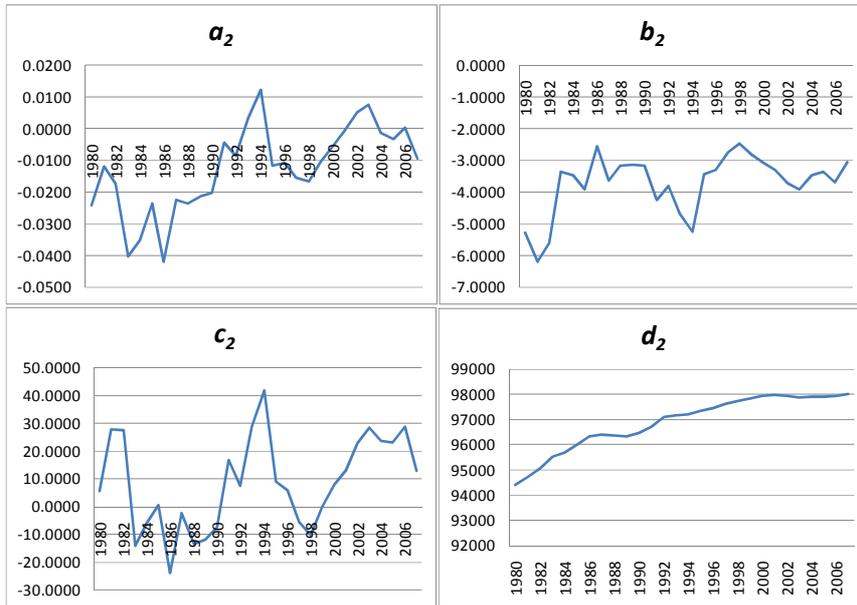
*Edades mayores*

### Diabetes Hombres

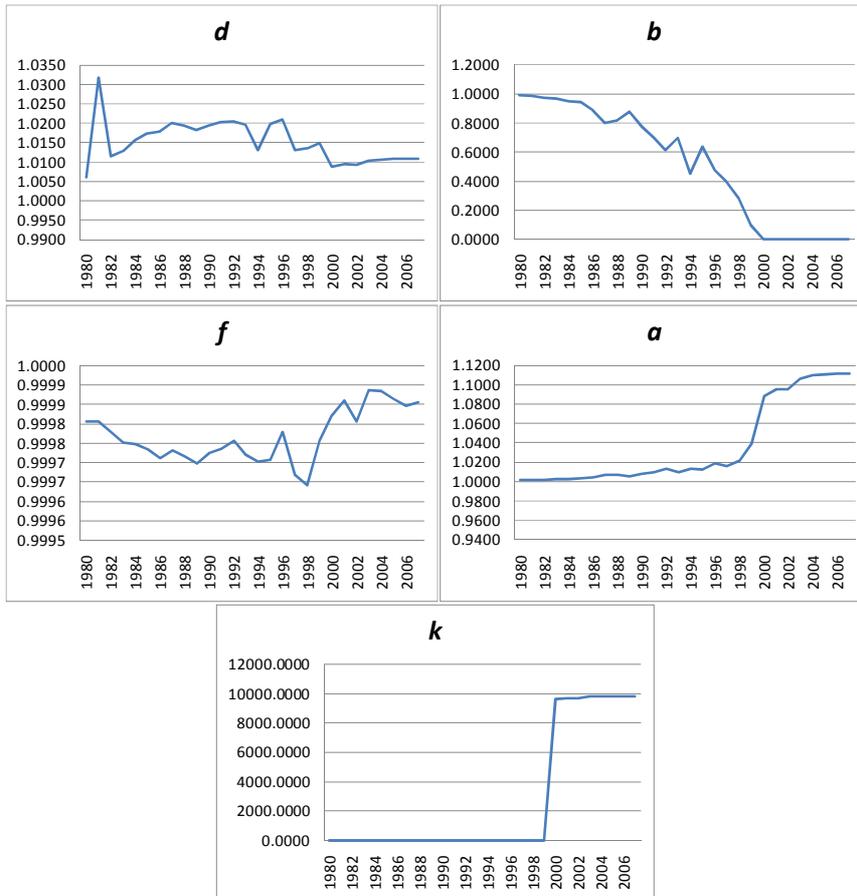
*Edades 0 a 3*



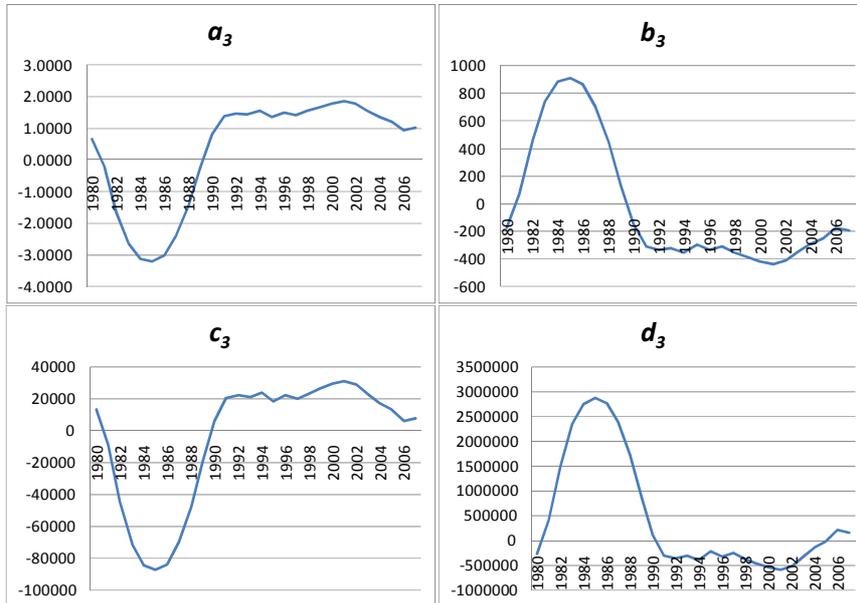
*Segmento Spline*



*Segmento Lazarus*

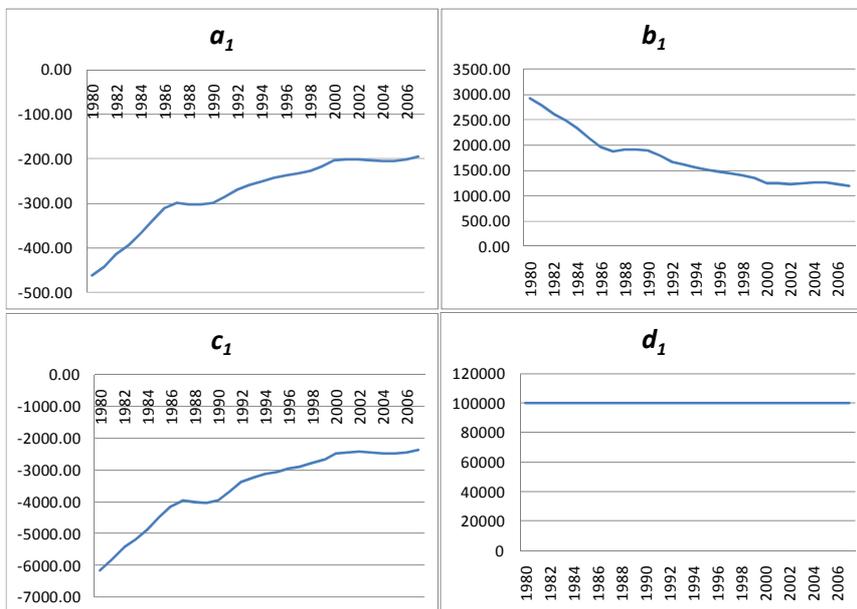


*Edades mayores*

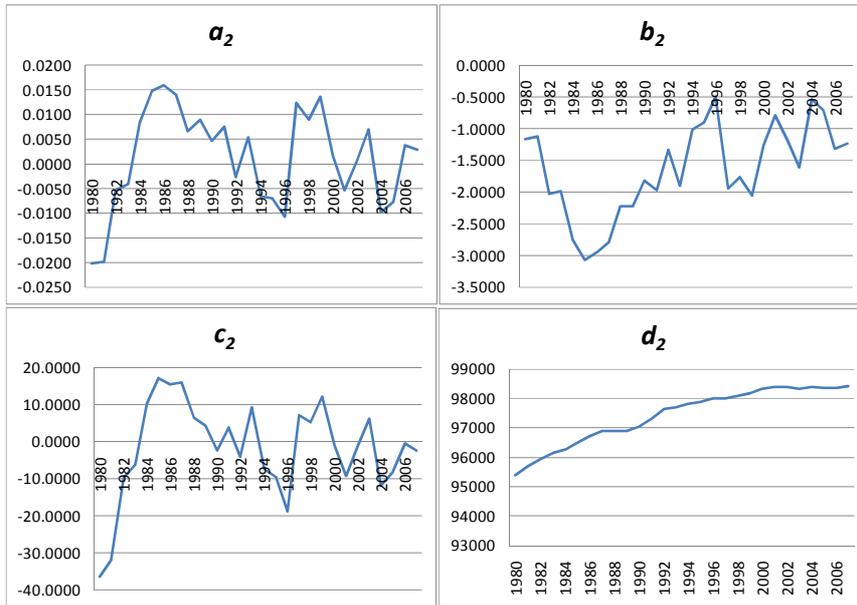


**Diabetes Mujeres**

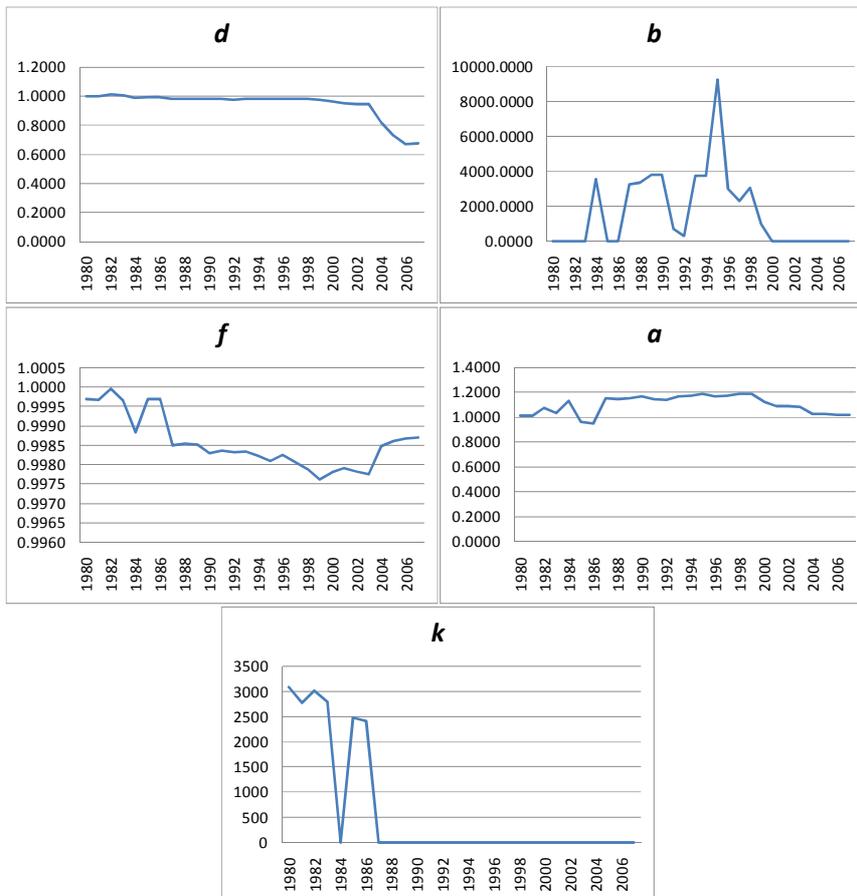
*Edades 0 a 3*



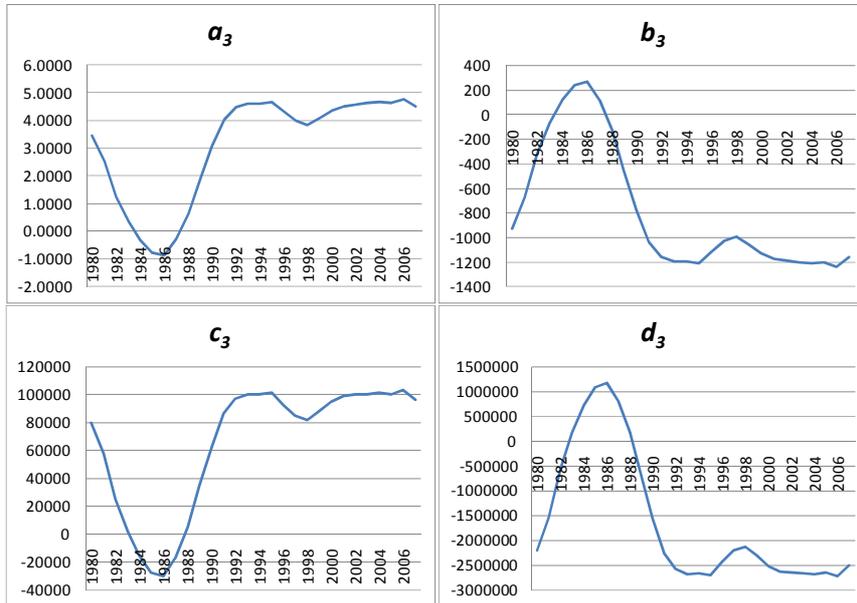
*Segmento Spline*



*Segmento Lazarus*

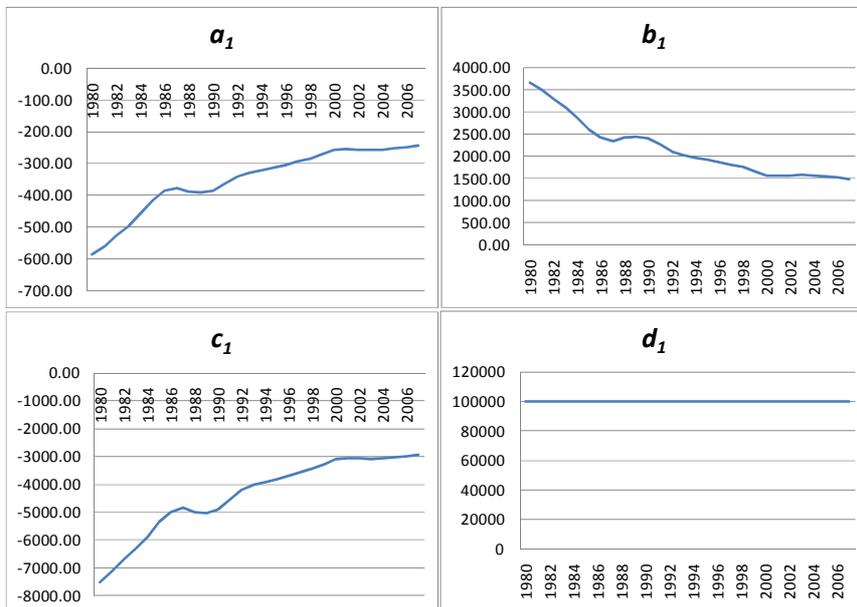


*Edades mayores*

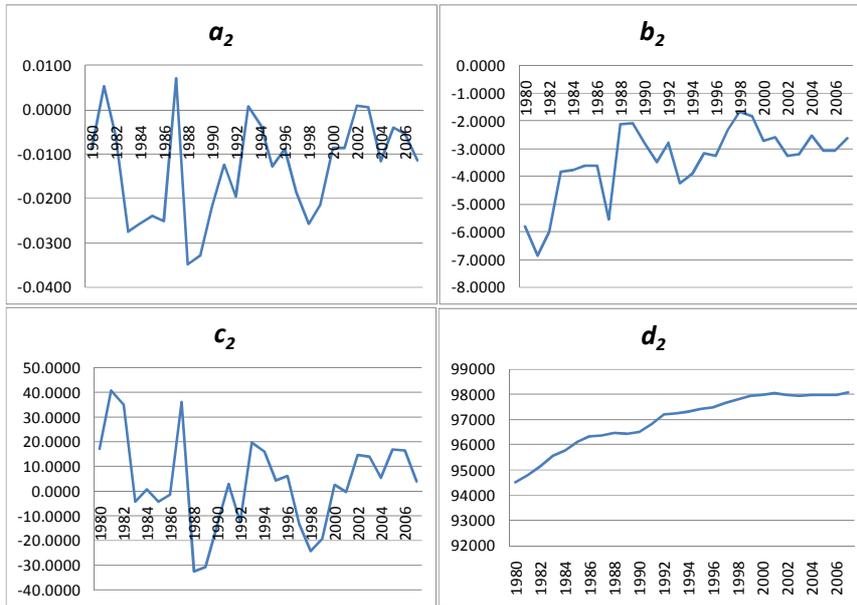


**Enfermedades Cardiovasculares Hombres**

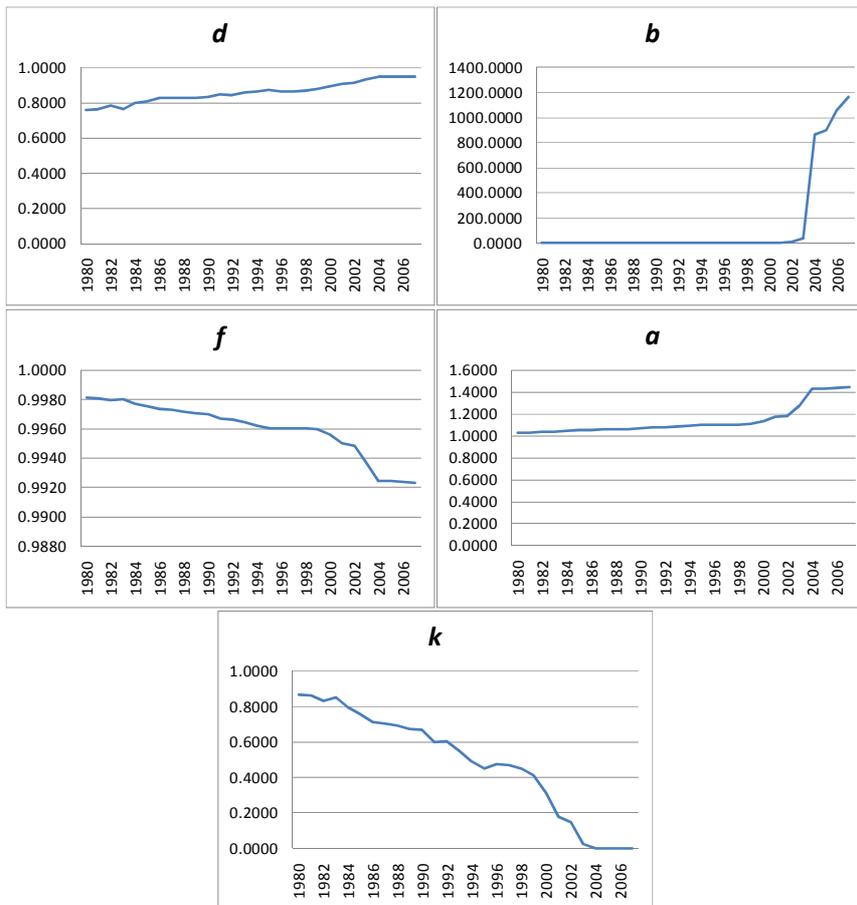
*Edades 0 a 3*



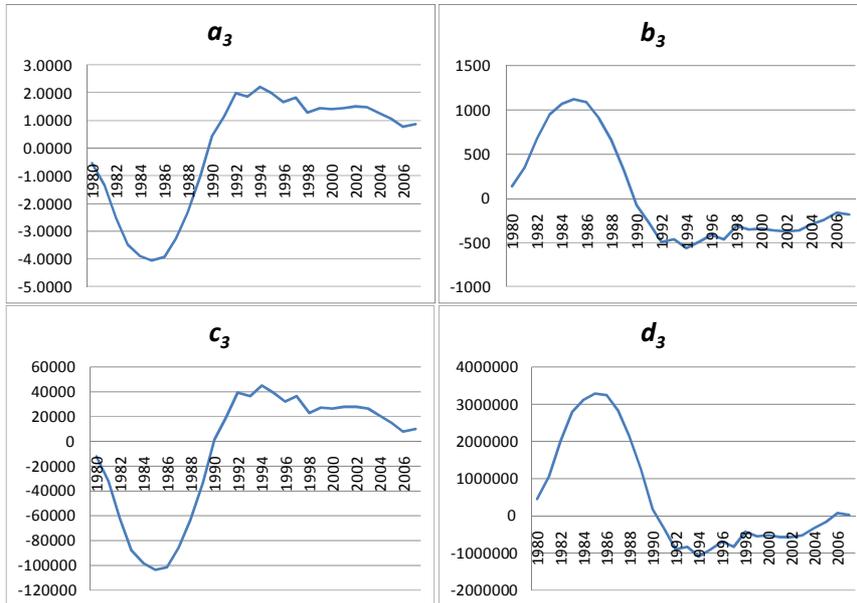
*Segmento Spline*



*Segmento Lazarus*

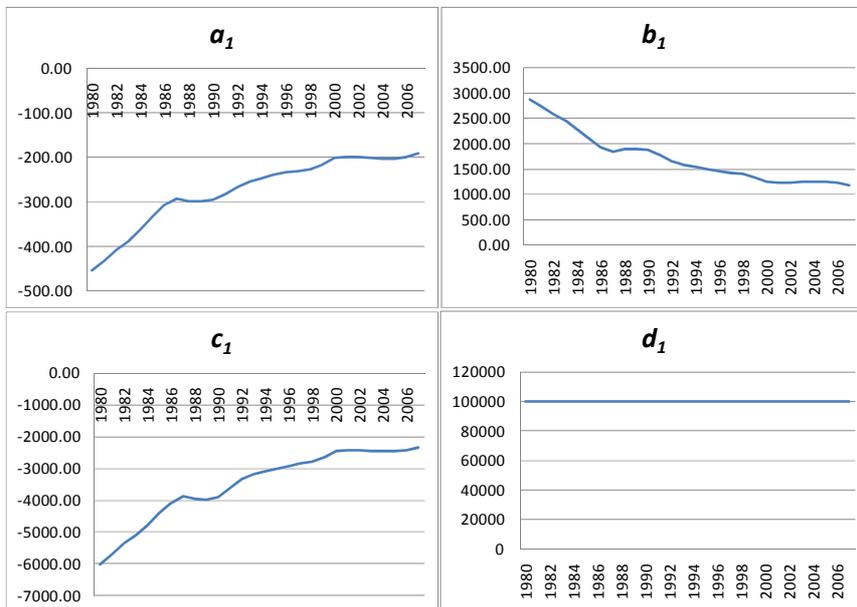


*Edades mayores*

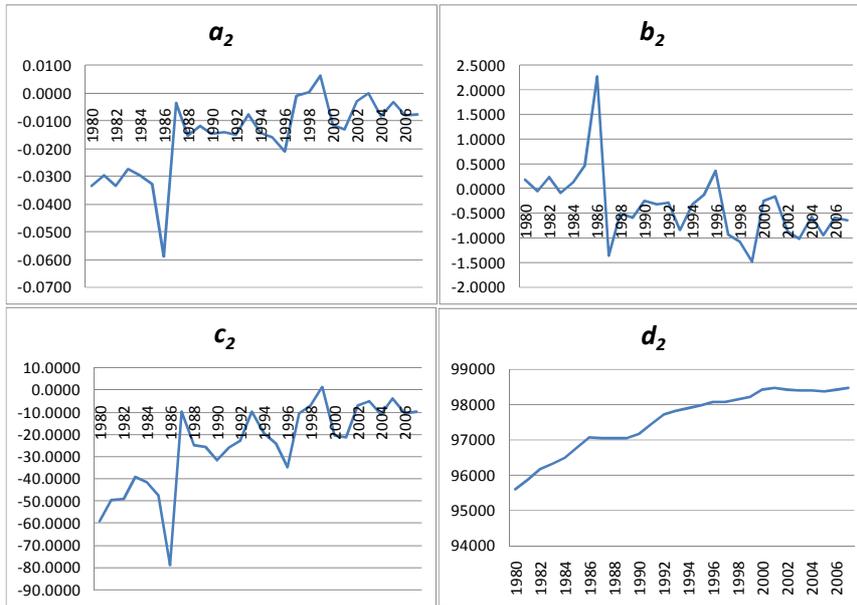


**Enfermedades Cardiovasculares Mujeres**

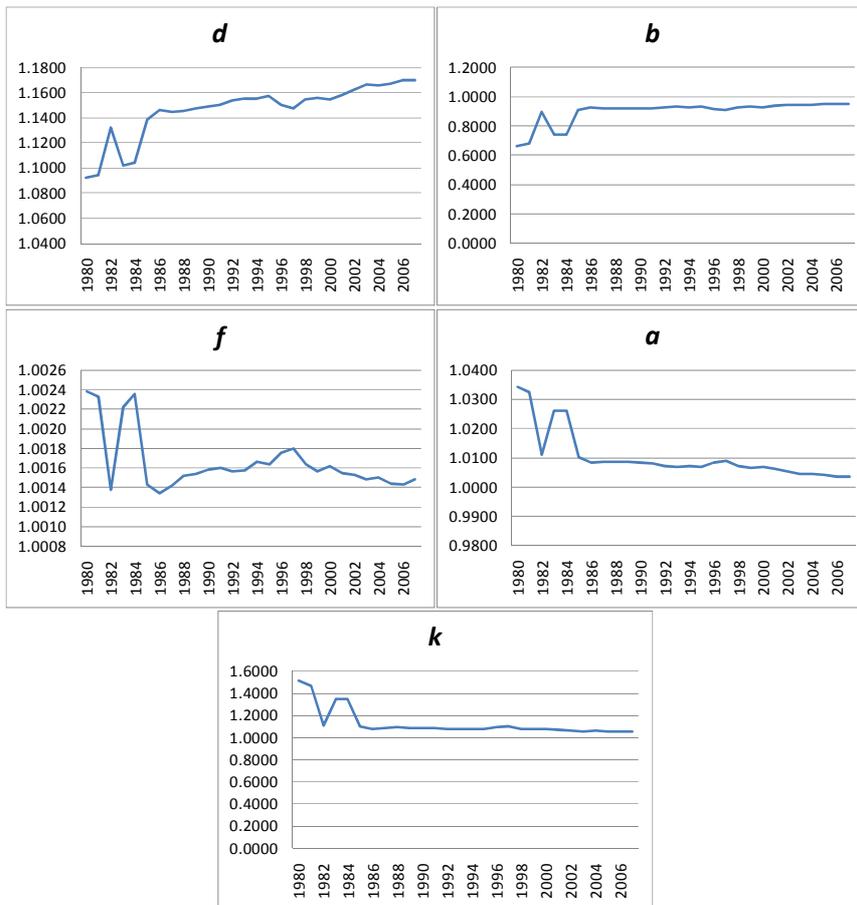
*Edades 0 a 3*



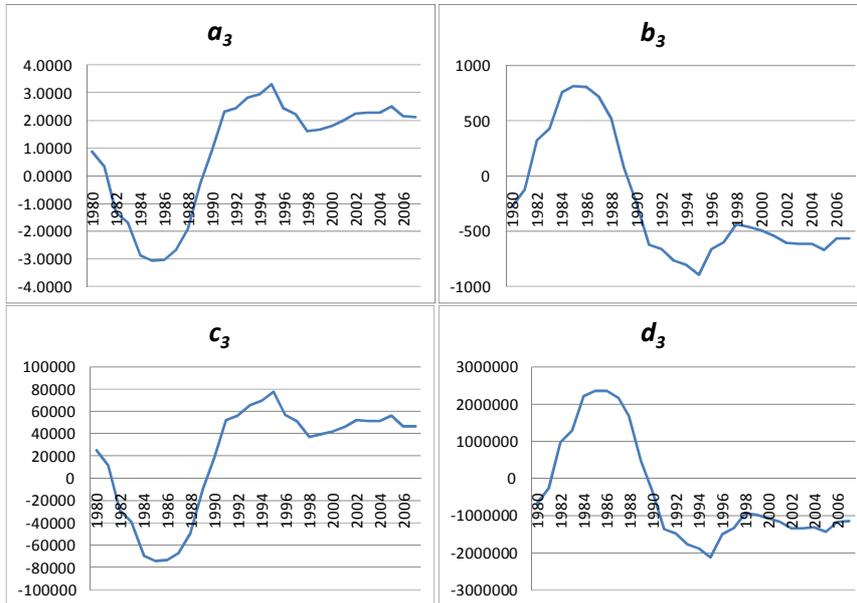
*Segmento Spline*



*Segmento Lazarus*

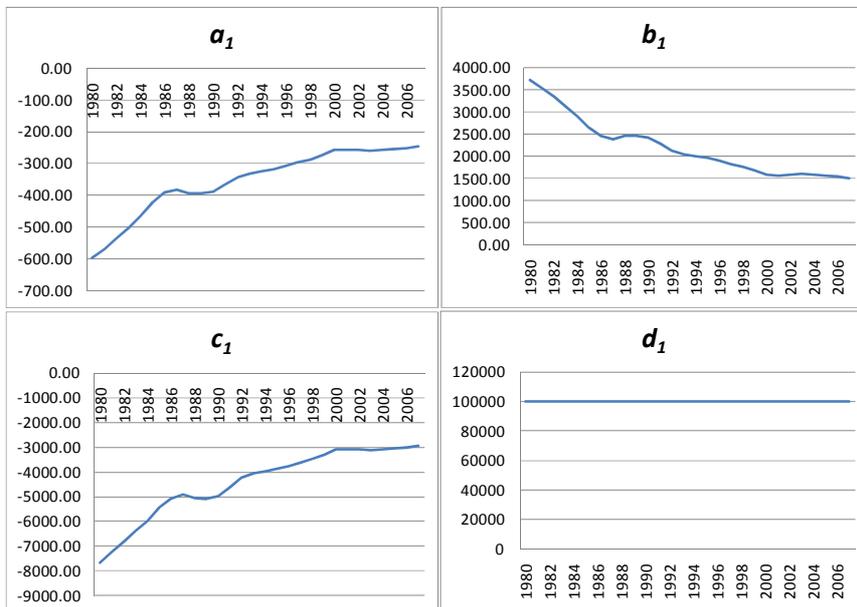


*Edades mayores*

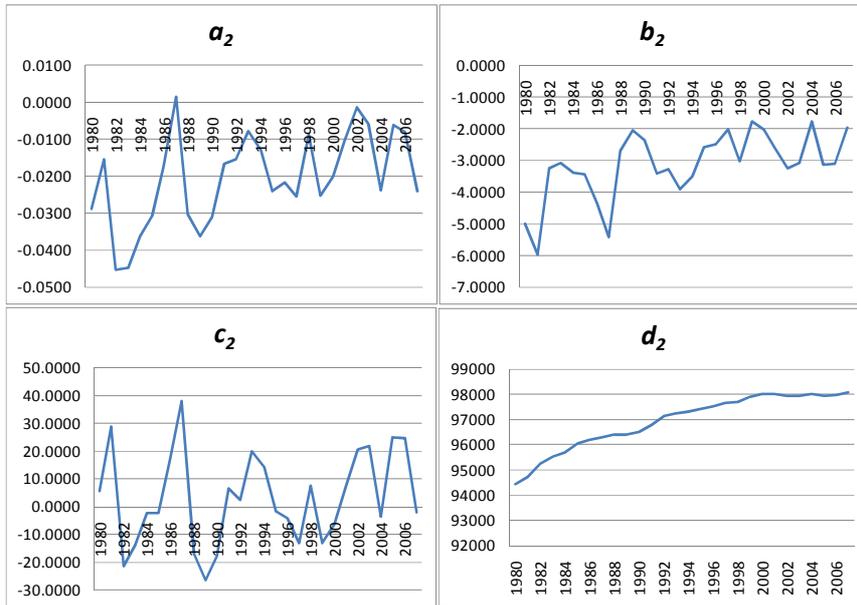


**Tumores Hombres**

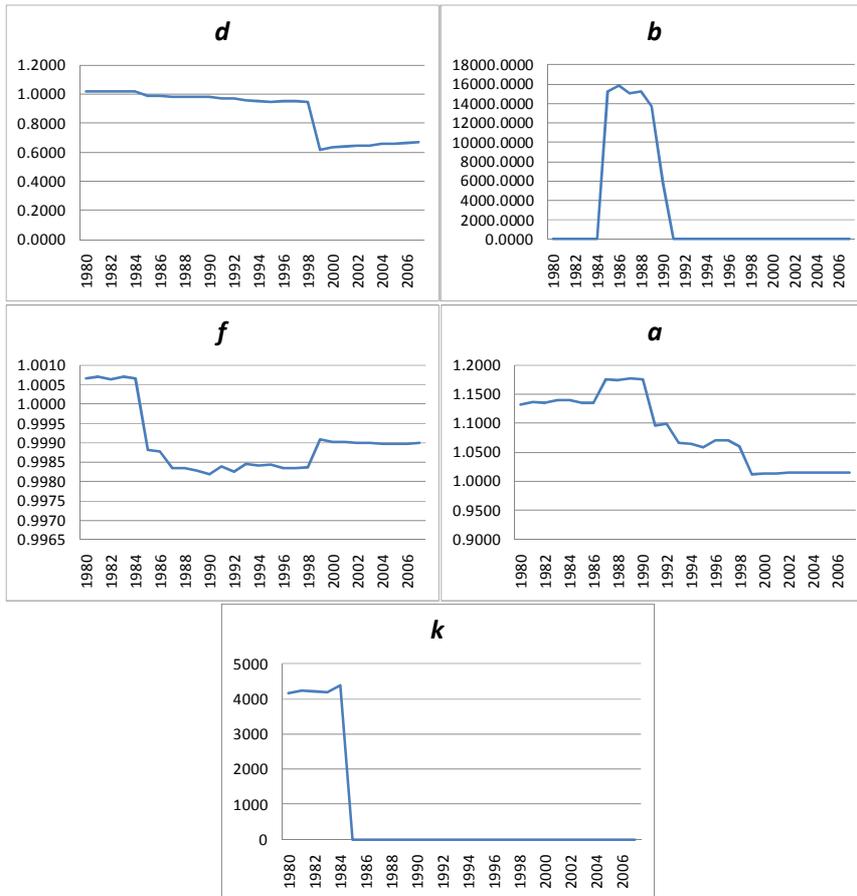
*Edades 0 a 3*



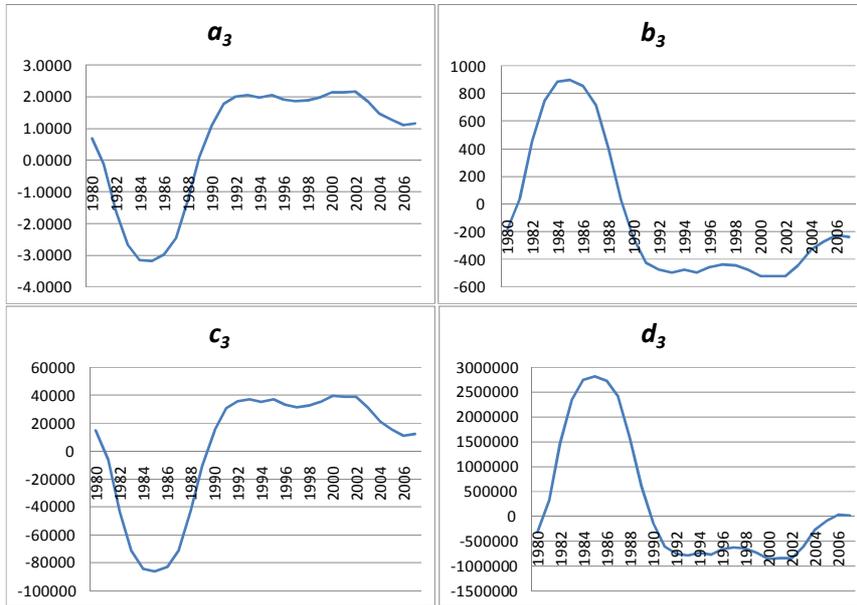
*Segmento Spline*



*Segmento Lazarus*

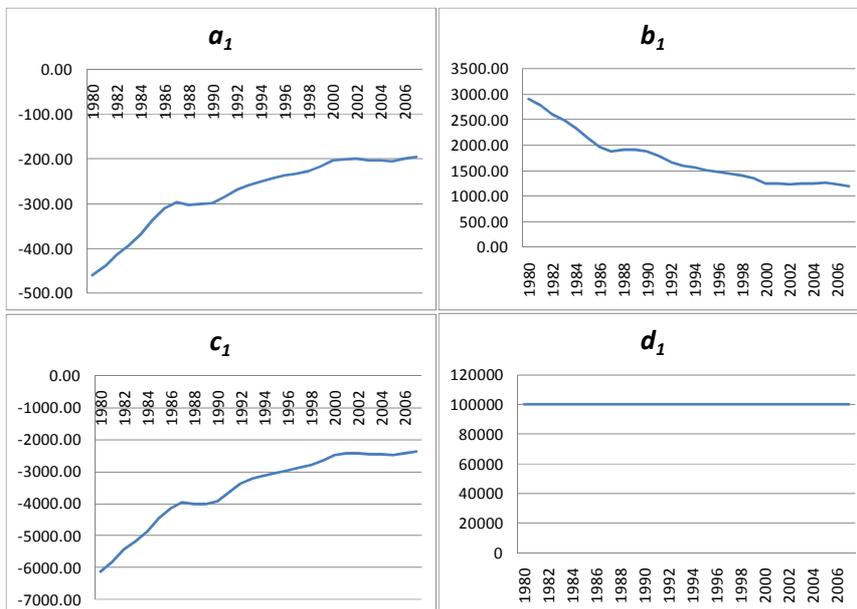


*Edades mayores*

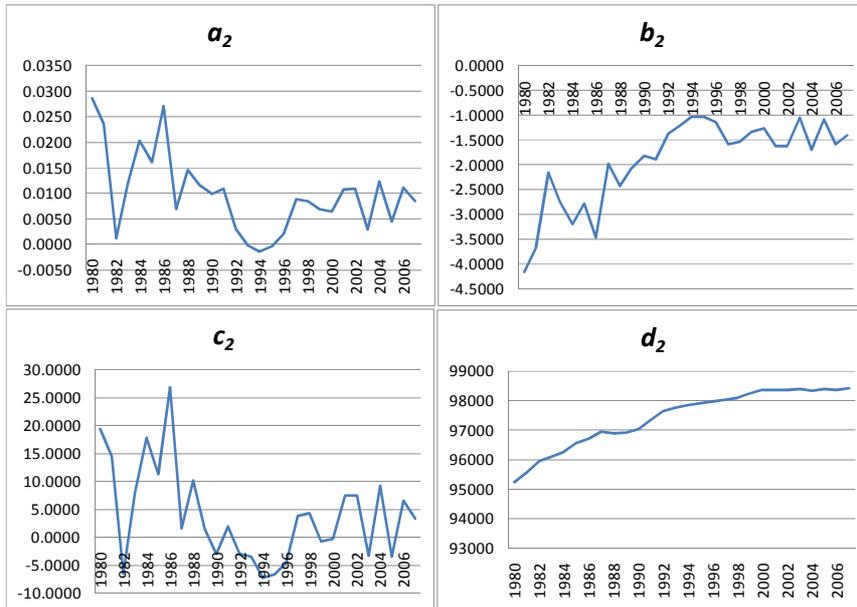


**Tumores Mujeres**

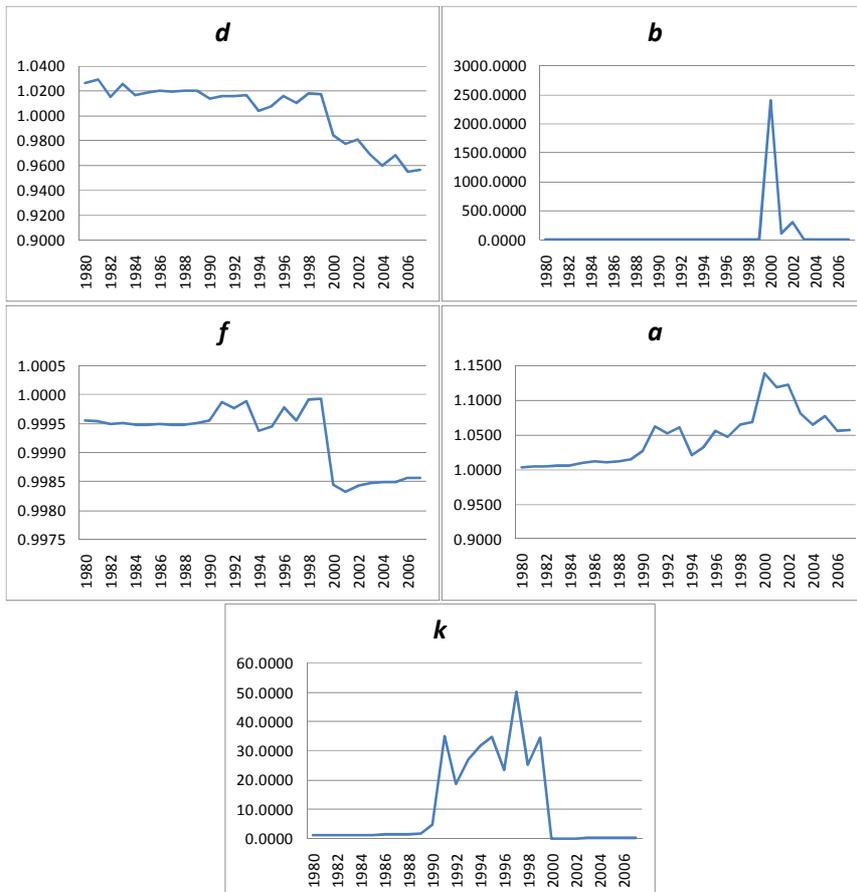
*Edades 0 a 3*



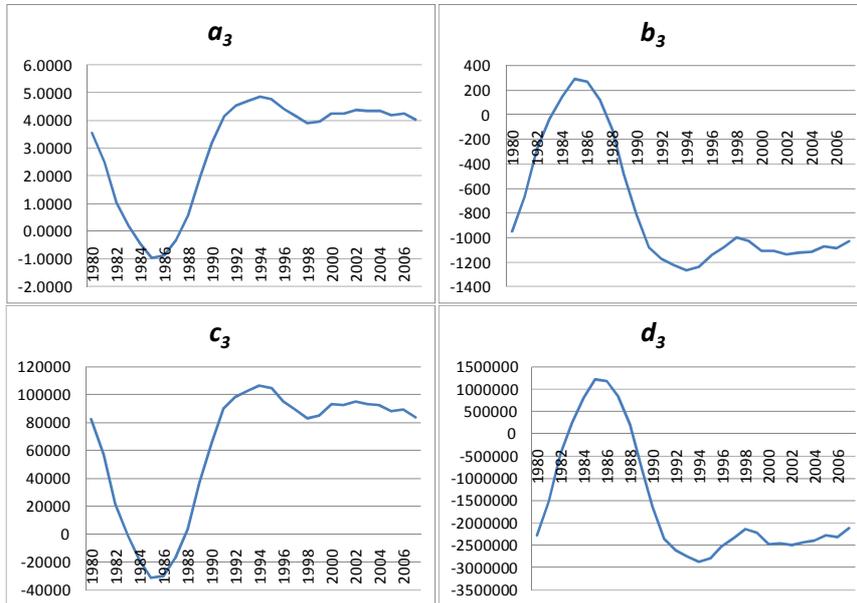
*Segmento Spline*



*Segmento Lazarus*

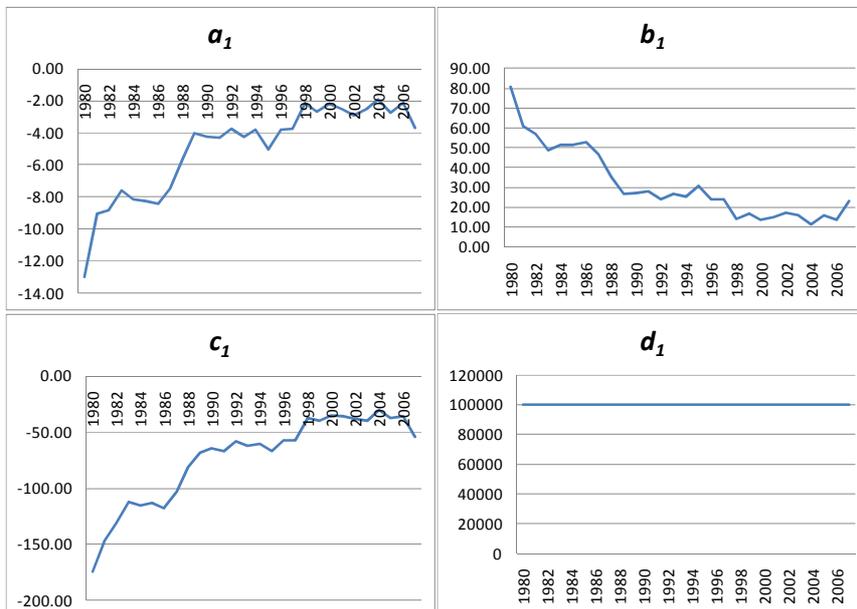


*Edades mayores*

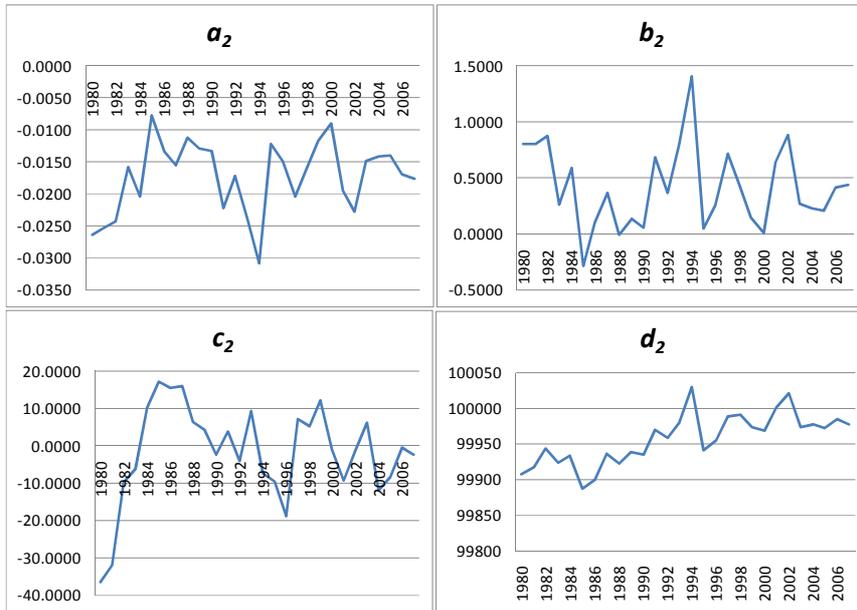


**Resto de Defunciones Hombres**

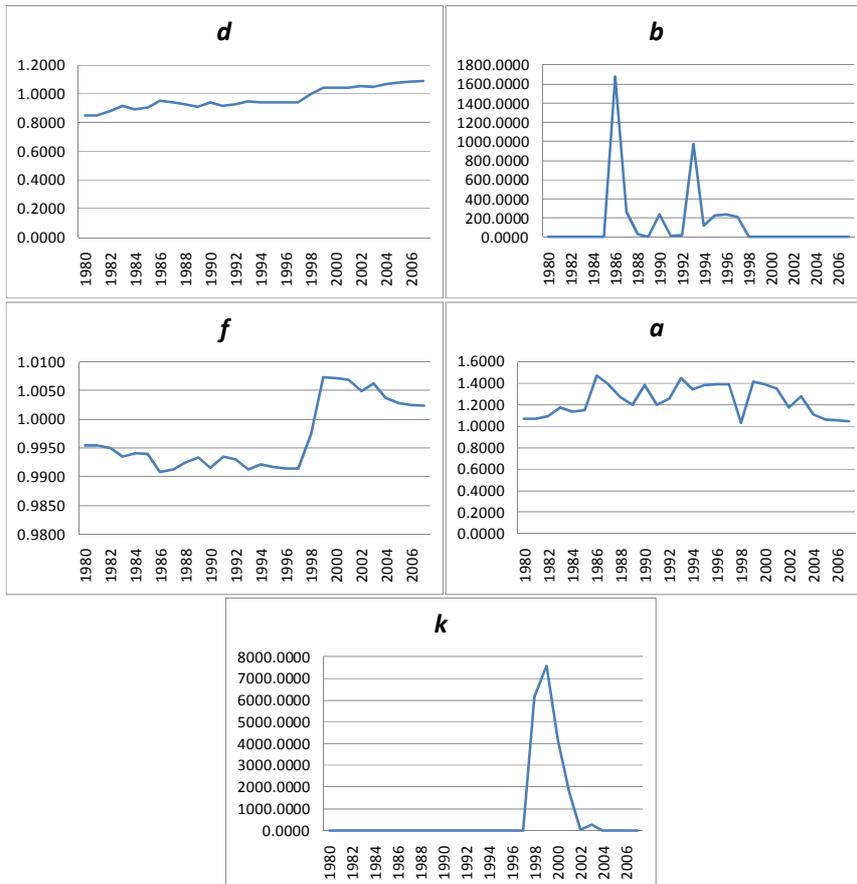
*Edades 0 a 3*



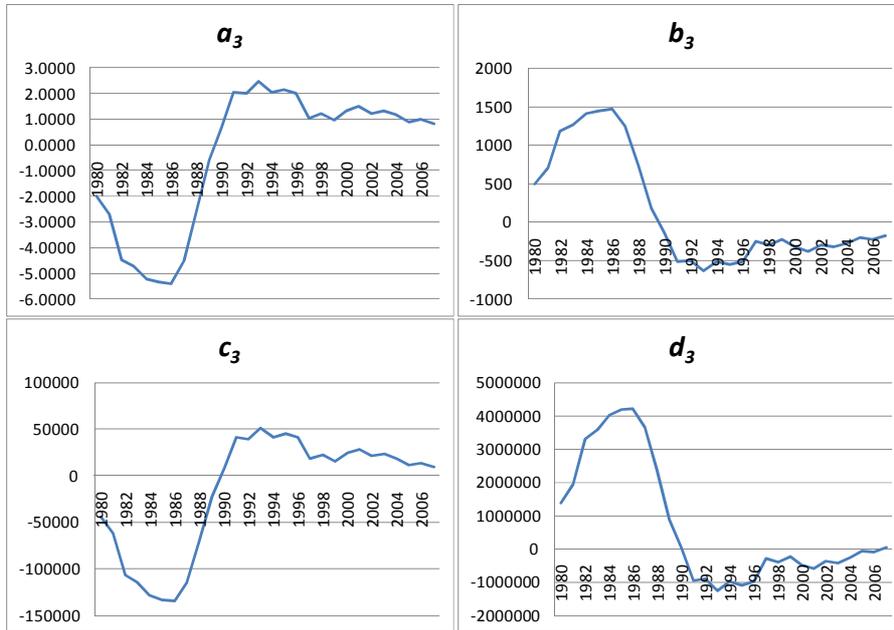
*Segmento Spline*



*Segmento Lazarus*

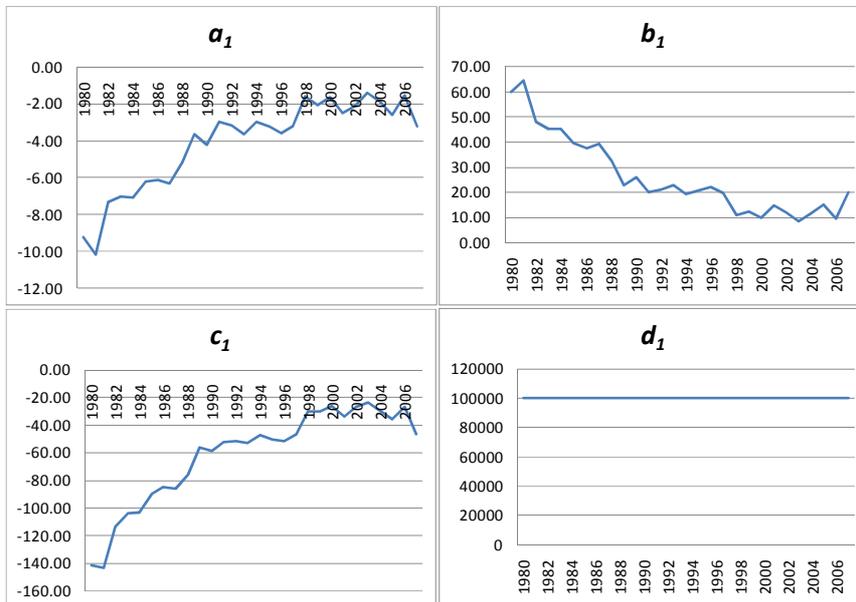


*Edades mayores*

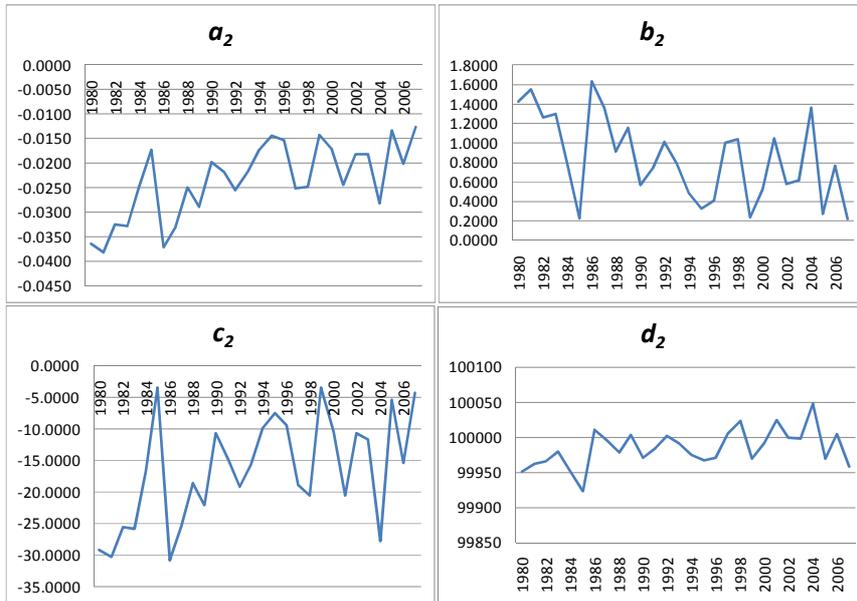


**Resto de Defunciones Mujeres**

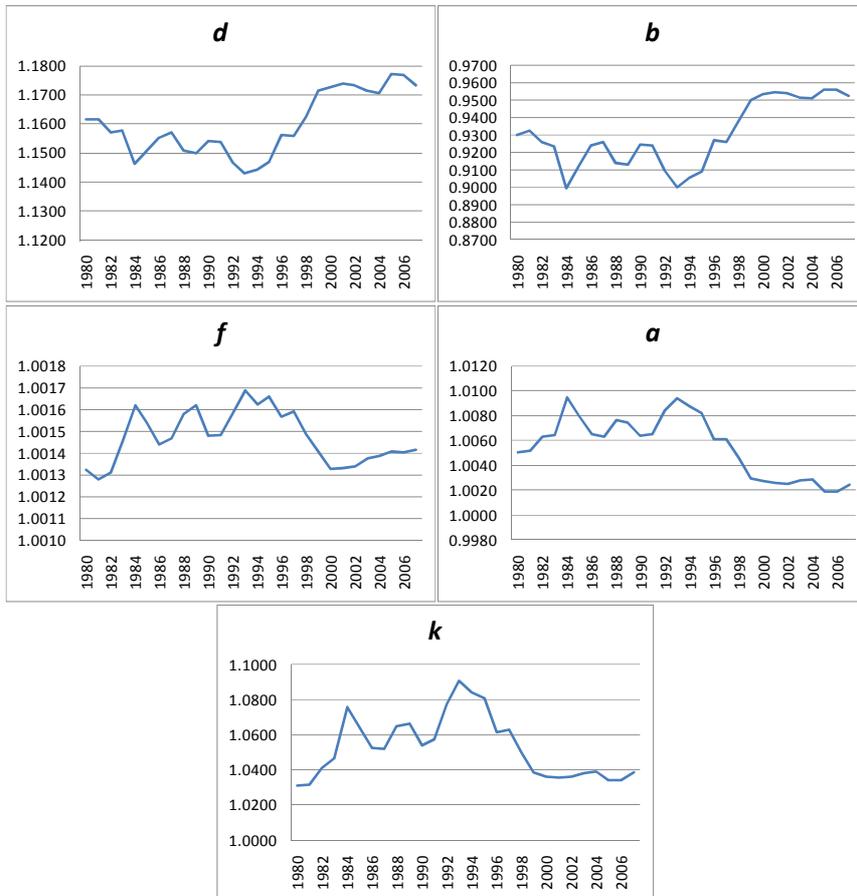
*Edades 0 a 3*



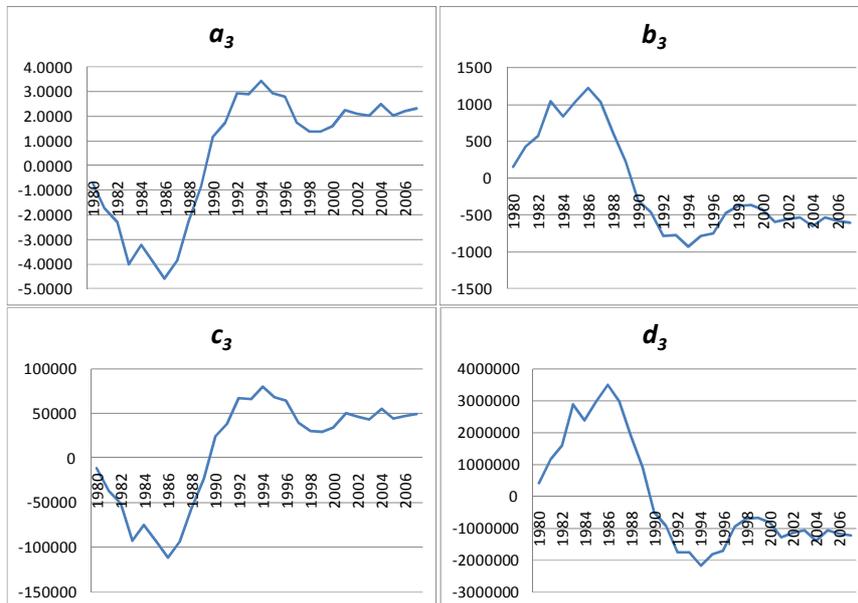
*Segmento Spline*



*Segmento Lazarus*



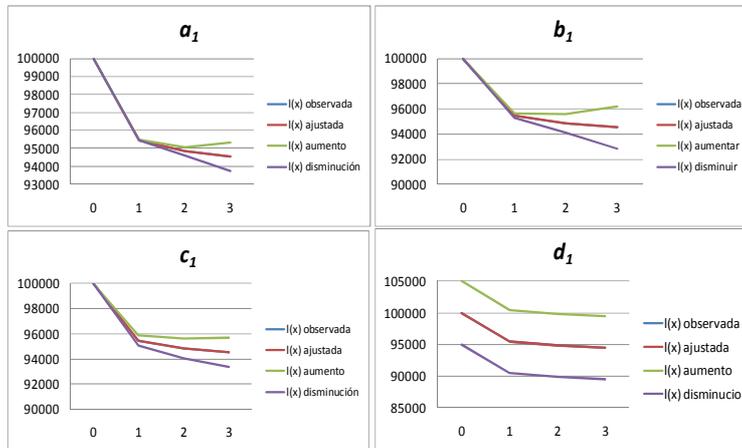
*Edades mayores*



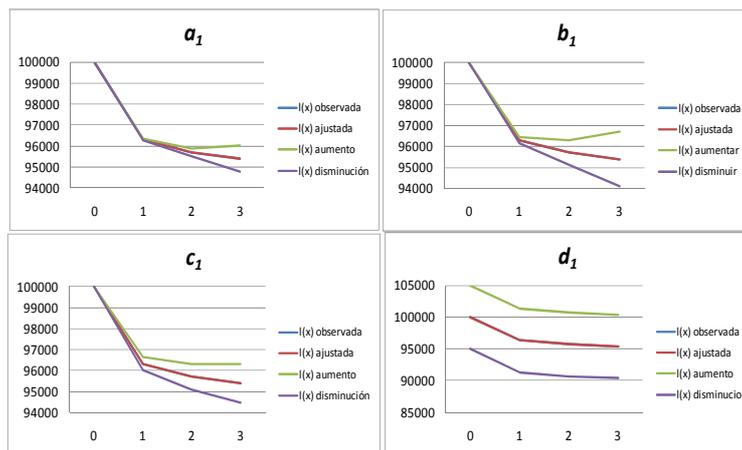
**Anexo XV– Gráficas del efecto de cambios a los parámetros, en la curva de mortalidad.**

**Edades Jóvenes 0 a 3 años**

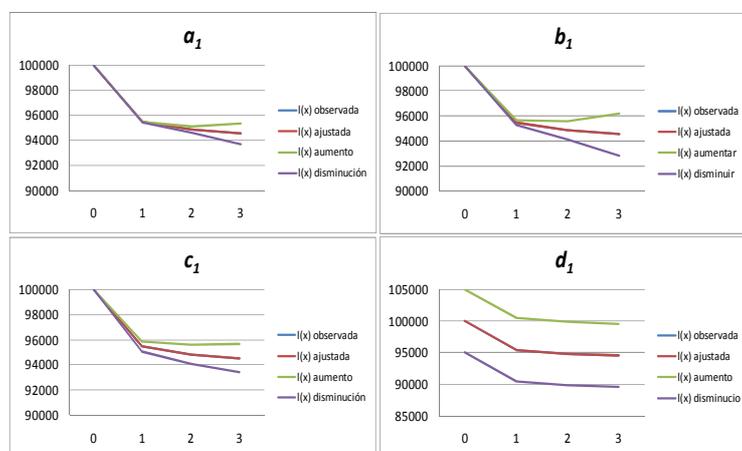
*Total de defunciones hombres*



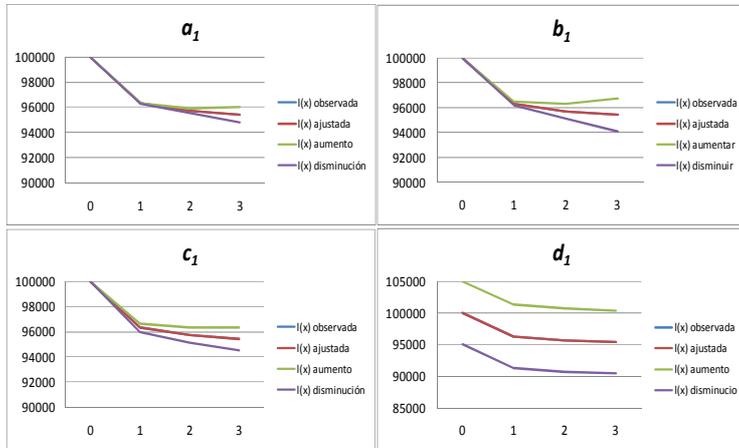
*Total de defunciones mujeres*



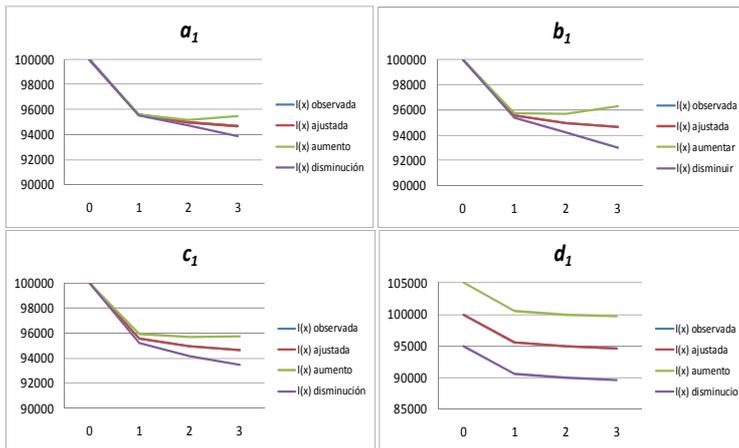
*Diabetes hombres*



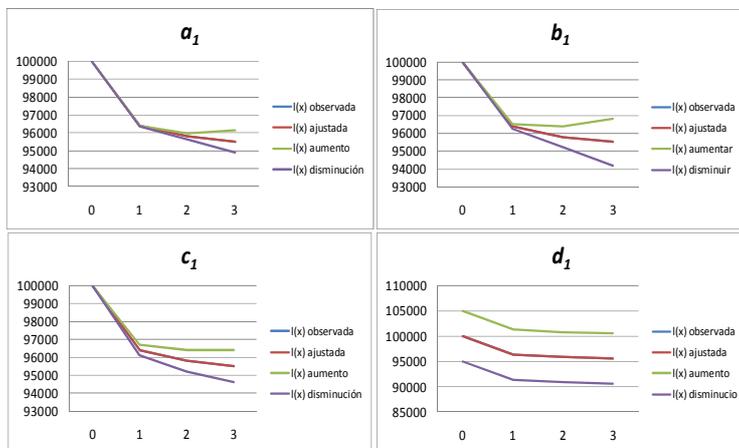
### Diabetes mujeres



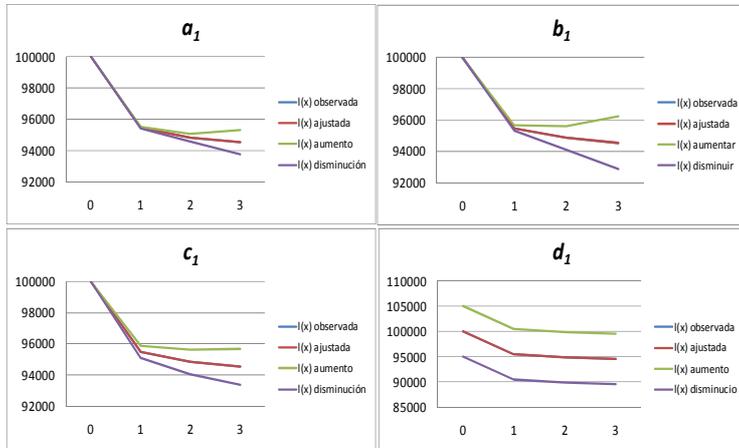
### Enfermedades cardiovasculares hombres



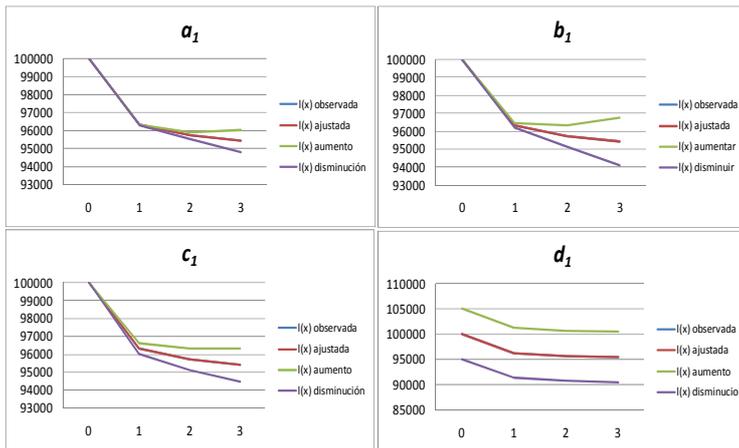
### Enfermedades cardiovasculares mujeres



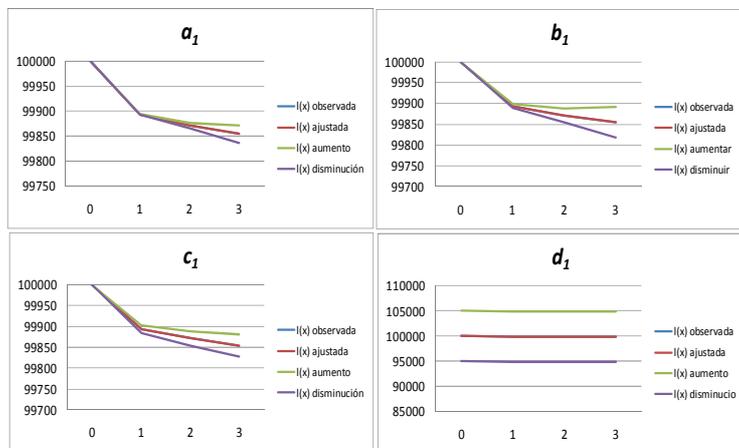
*Tumores hombres*



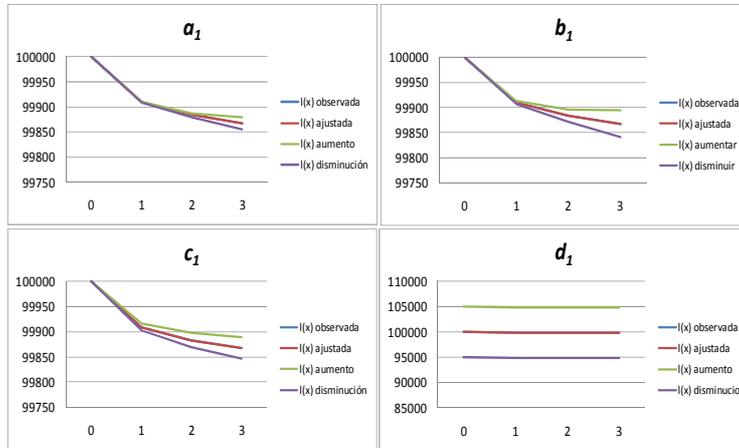
*Tumores mujeres*



*Resto de defunciones hombres*

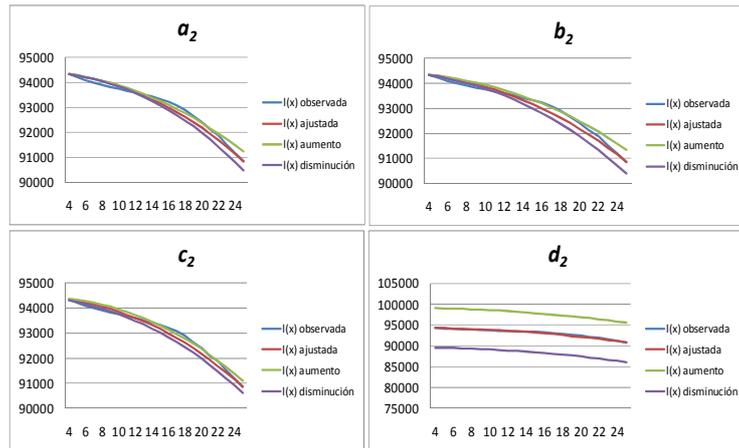


*Resto de defunciones mujeres*

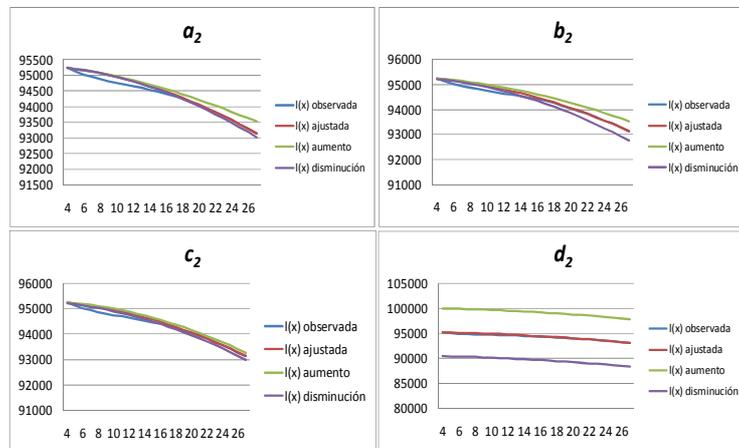


**Edades de la niñez a la adultez joven**

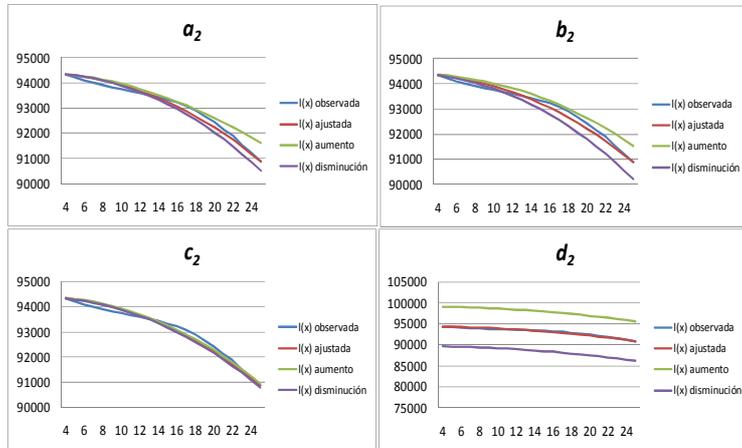
*Total de defunciones hombres*



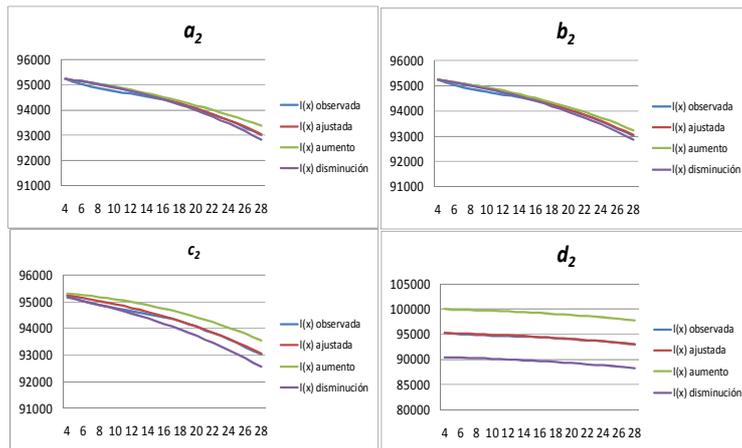
*Total de defunciones mujeres*



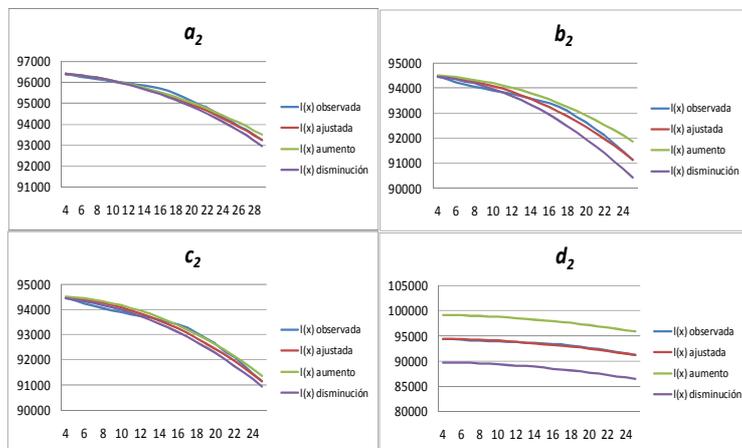
*Diabetes hombres*



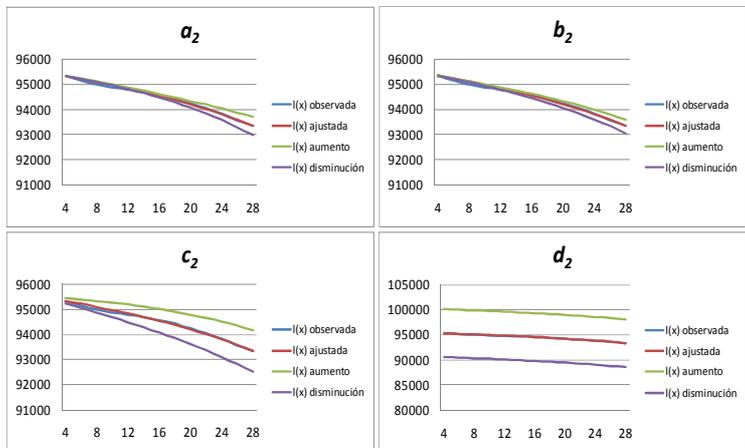
*Diabetes mujeres*



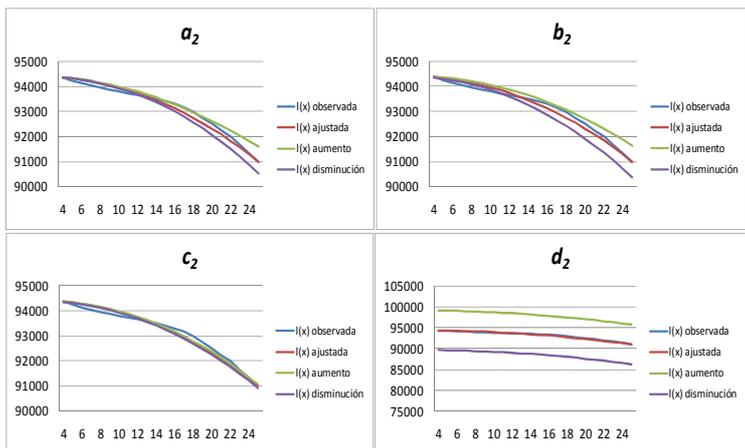
*Enfermedades cardiovasculares hombres*



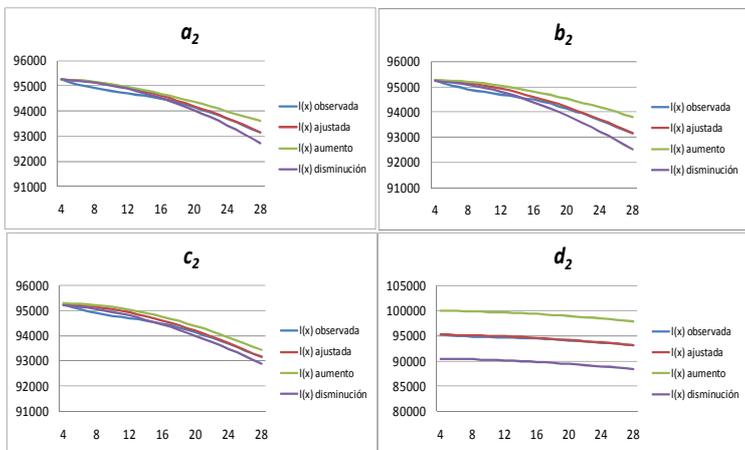
*Enfermedades cardiovasculares mujeres*



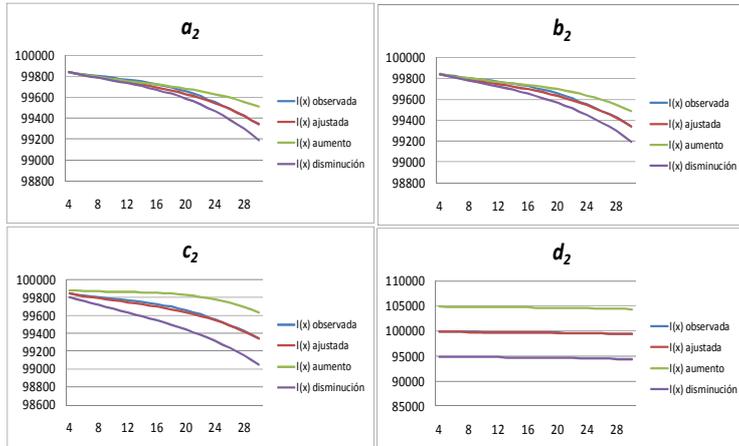
*Tumores hombres*



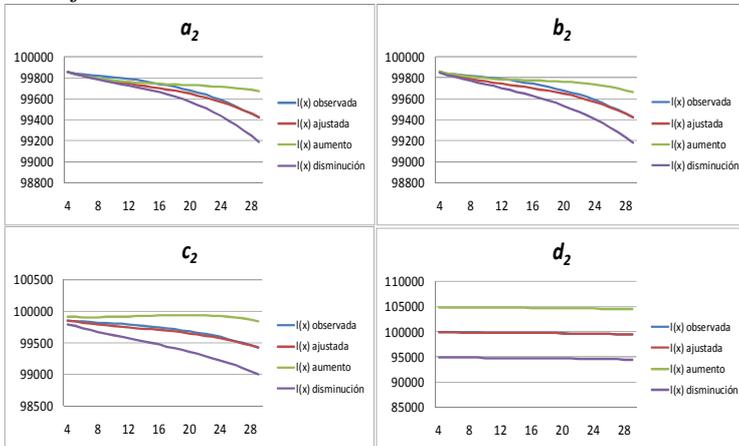
*Tumores mujeres*



*Resto de defunciones hombres*

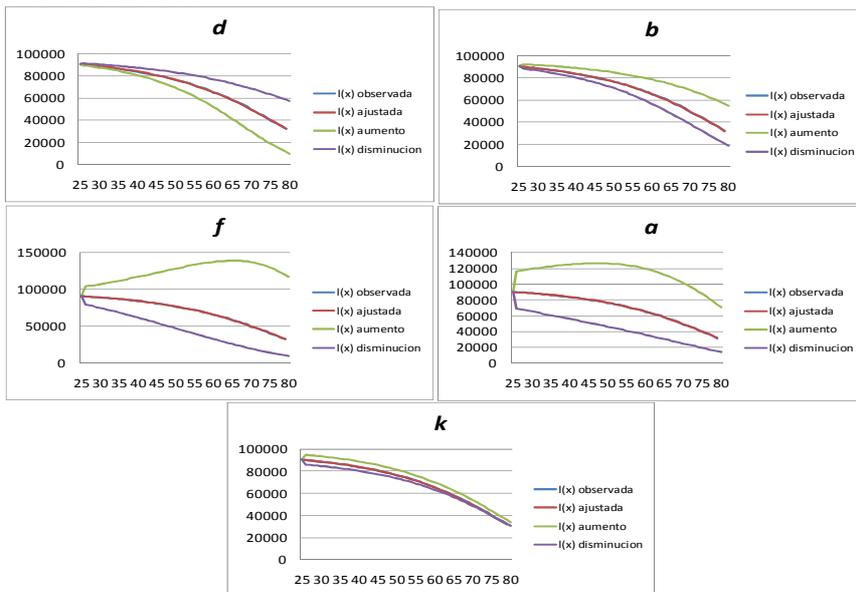


*Resto de defunciones mujeres*

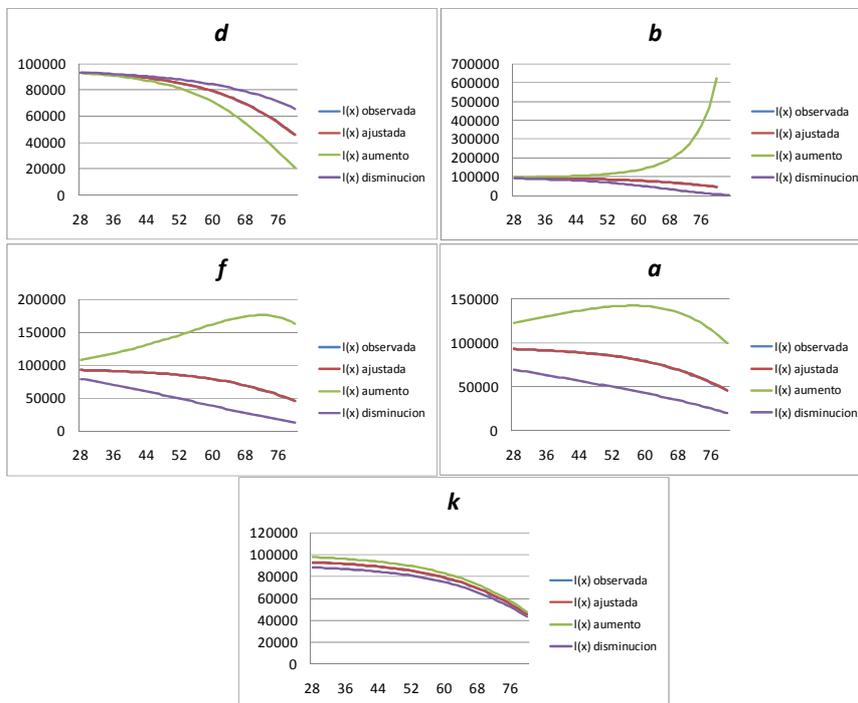


**Edades adultas**

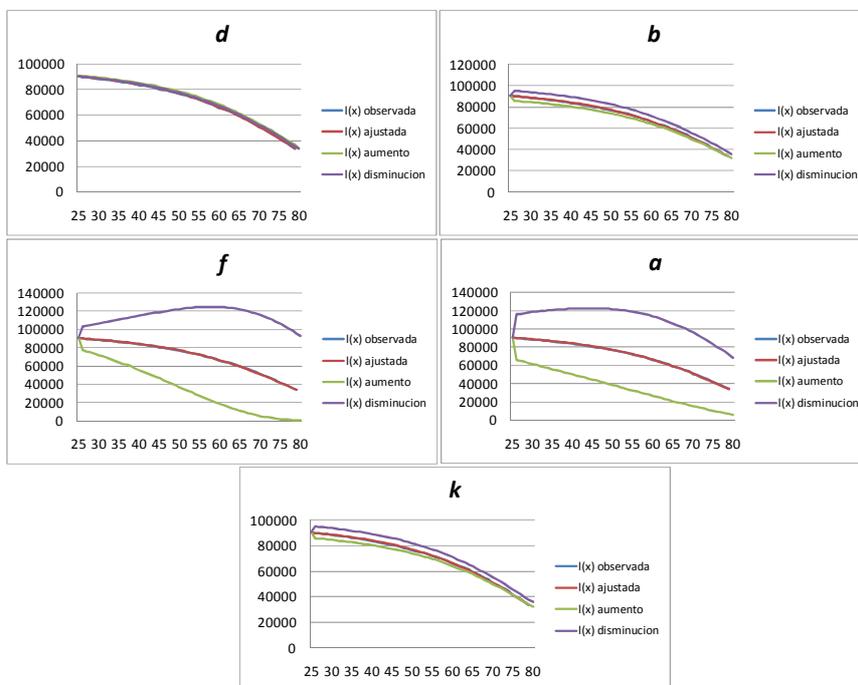
*Total de defunciones hombres*



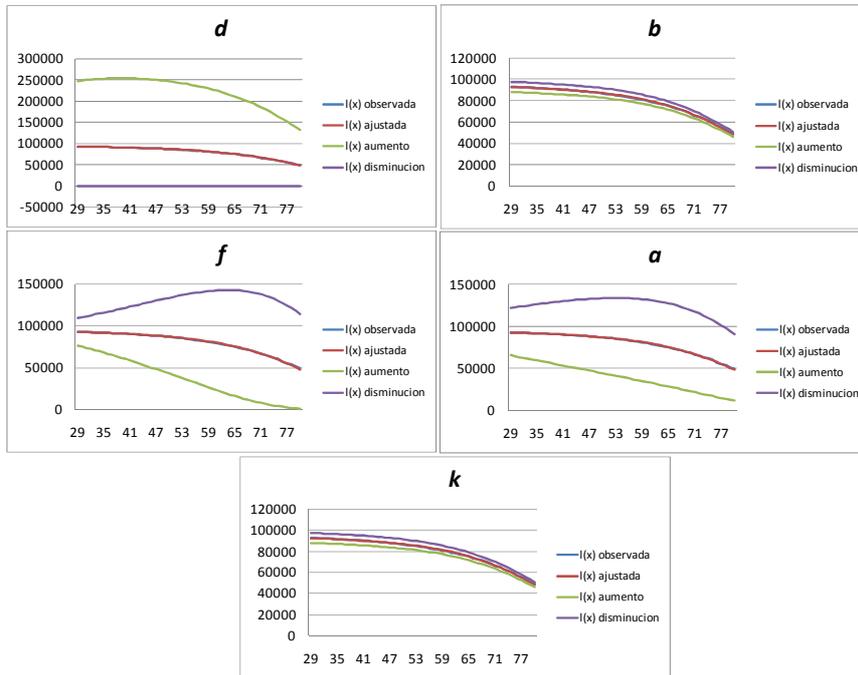
Total de defunciones mujeres



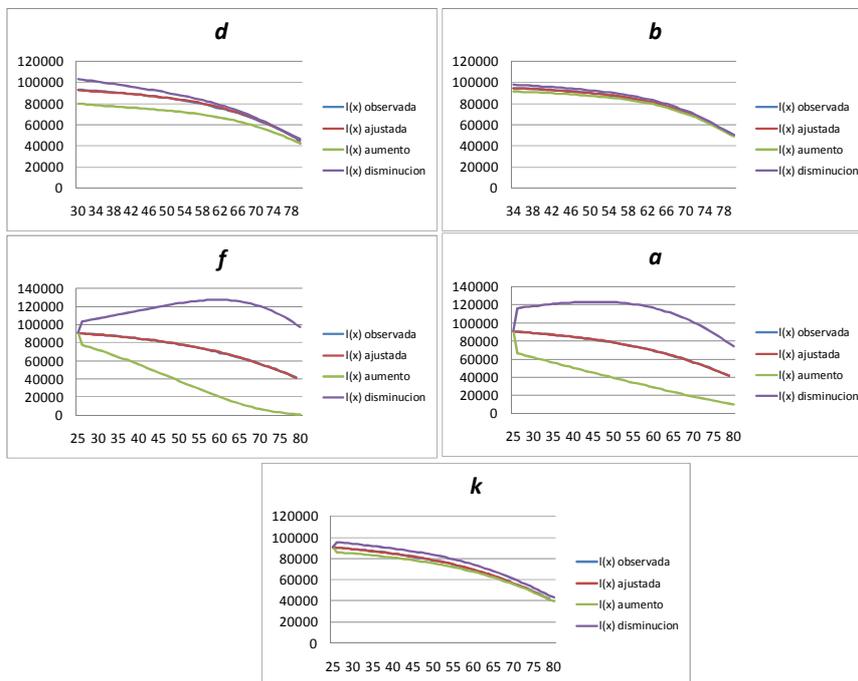
Diabetes hombres



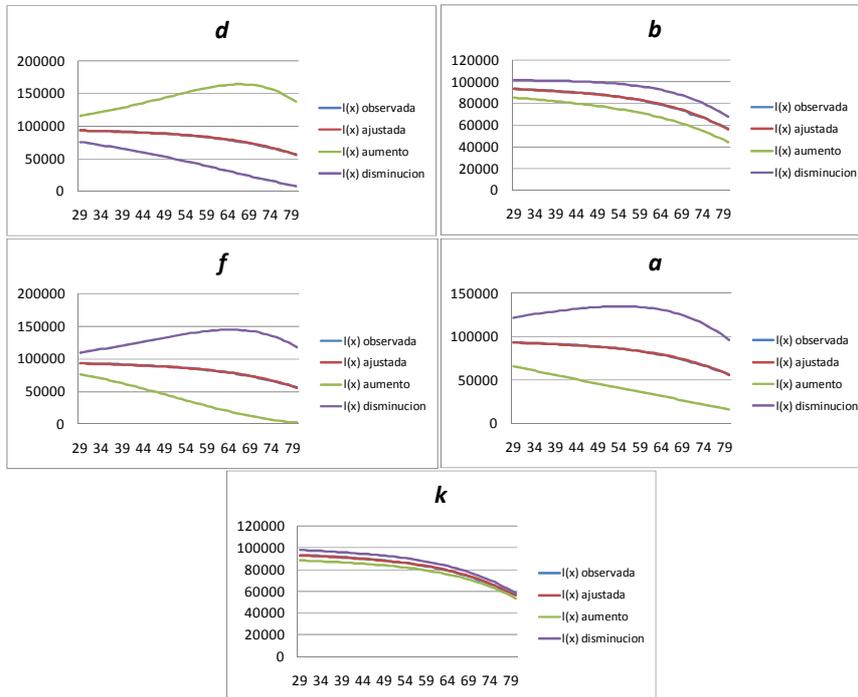
*Diabetes mujeres*



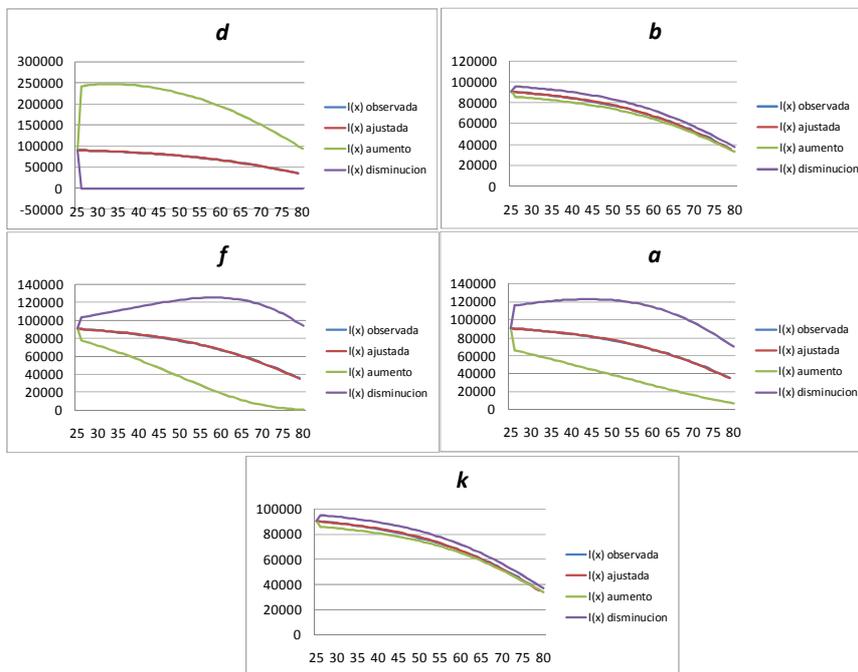
*Enfermedades cardiovasculares hombres*



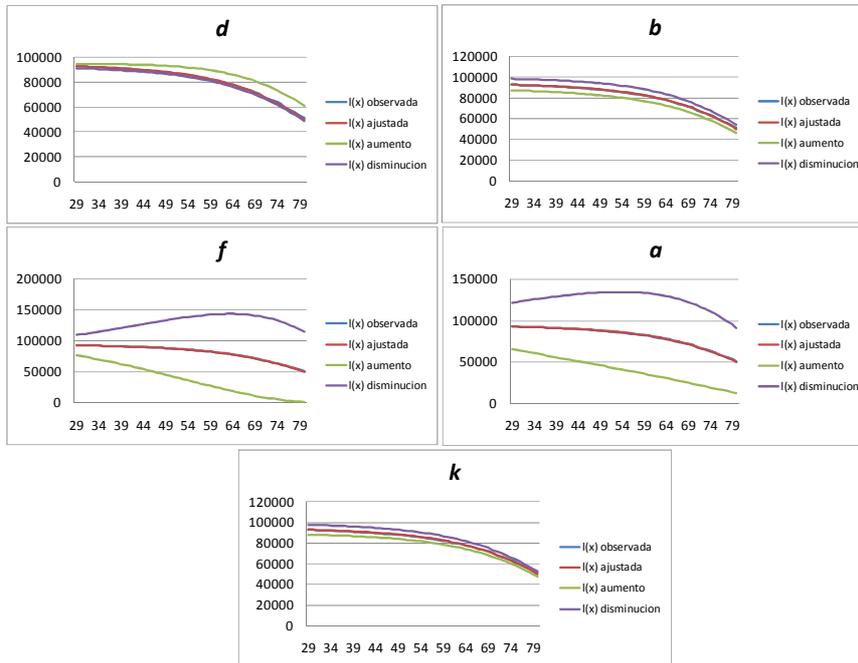
## Enfermedades cardiovasculares mujeres



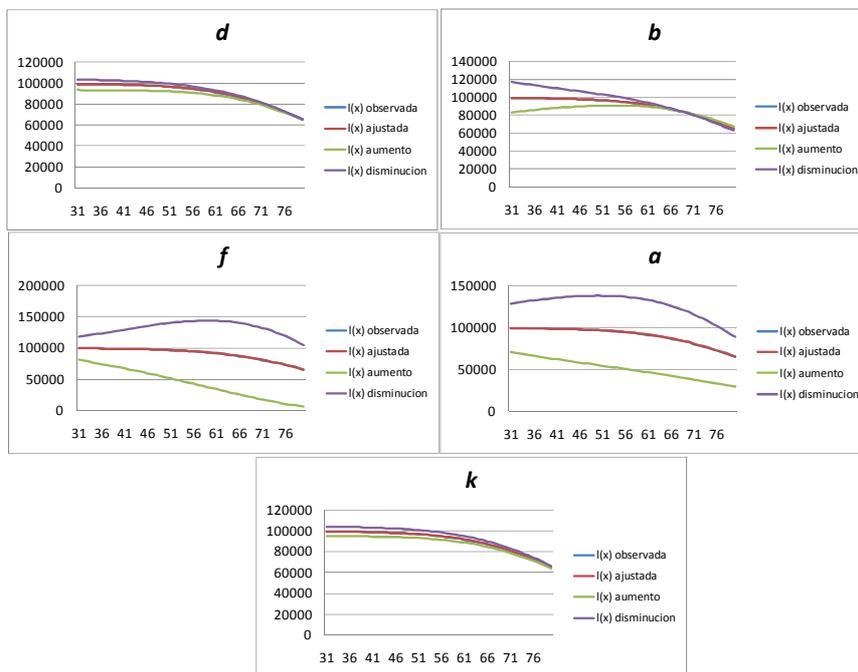
## Tumores hombres



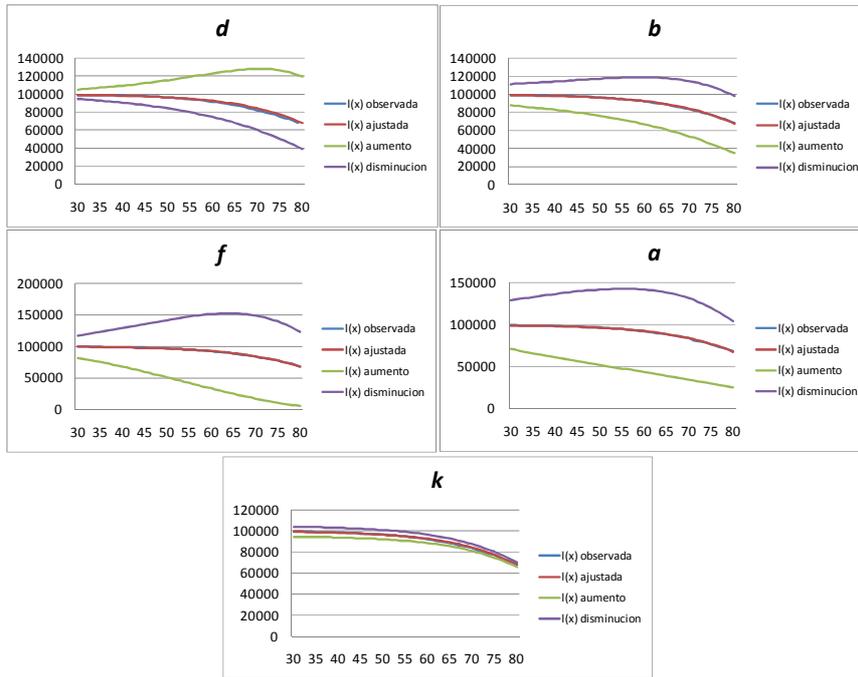
*Tumores mujeres*



*Resto de defunciones hombres*

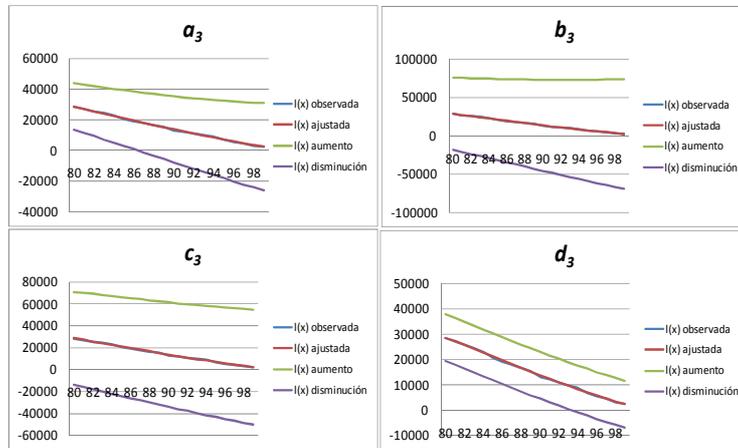


*Resto de defunciones mujeres*

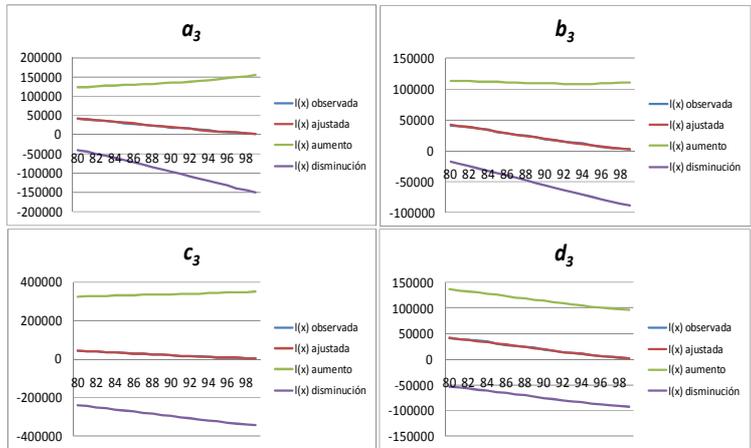


**Edades adultas mayores**

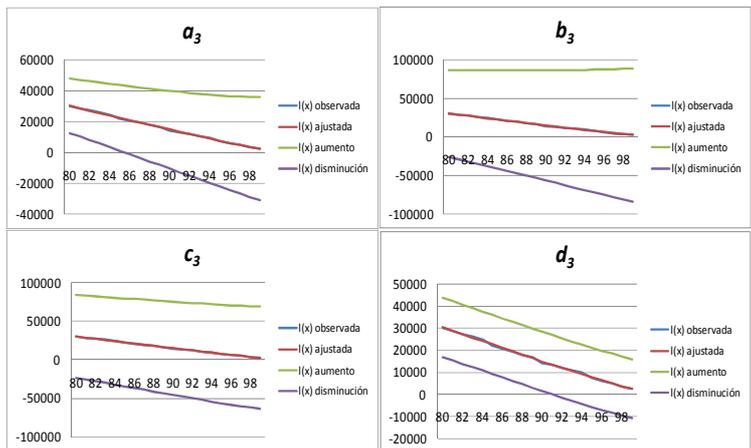
*Total de defunciones hombres*



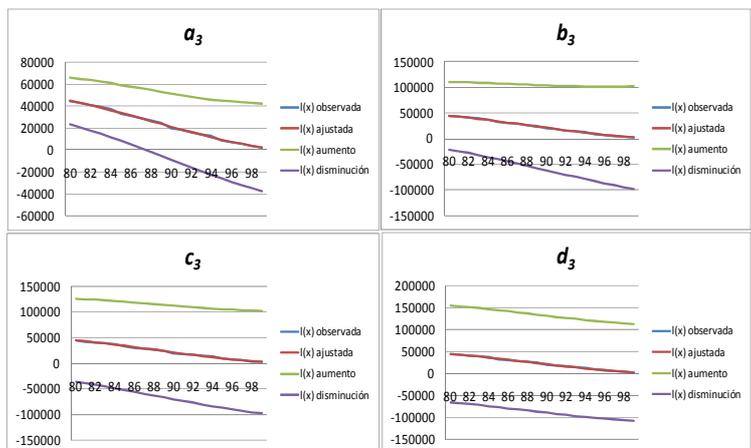
Total de defunciones mujeres



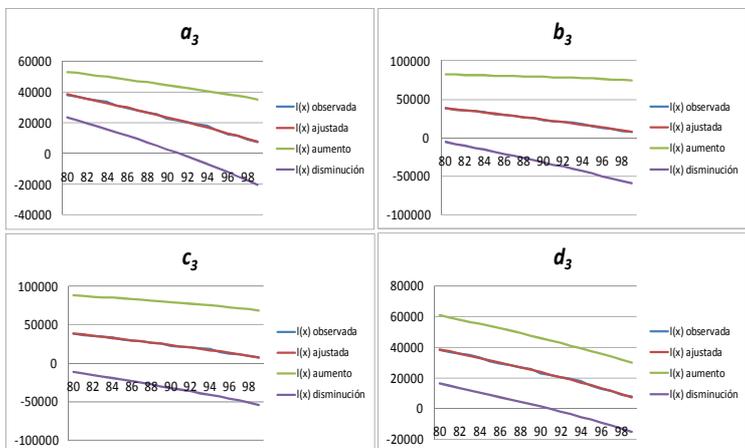
Diabetes hombres



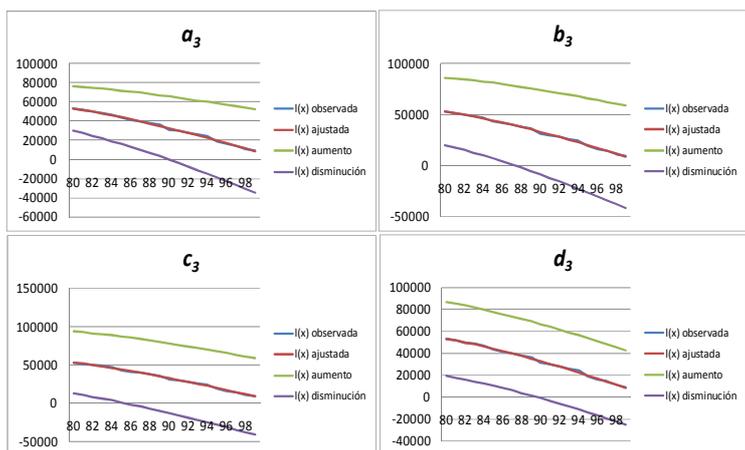
Diabetes mujeres



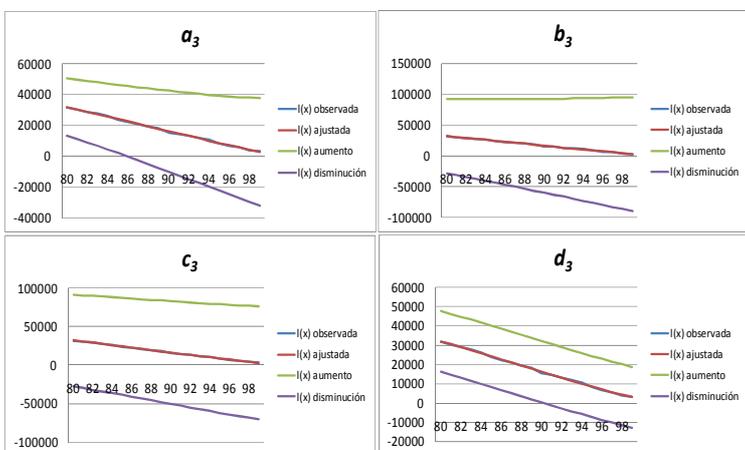
*Enfermedades cardiovasculares hombres*



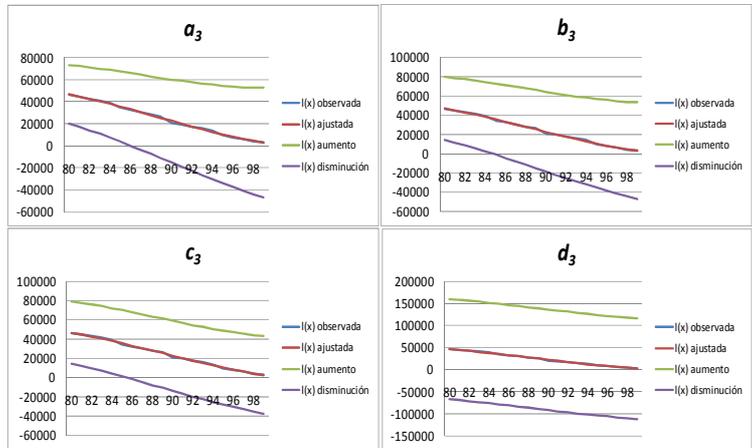
*Enfermedades cardiovasculares mujeres*



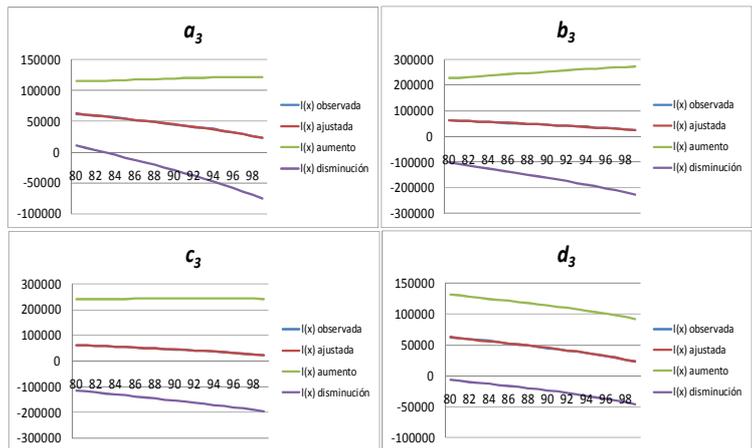
*Tumores hombres*



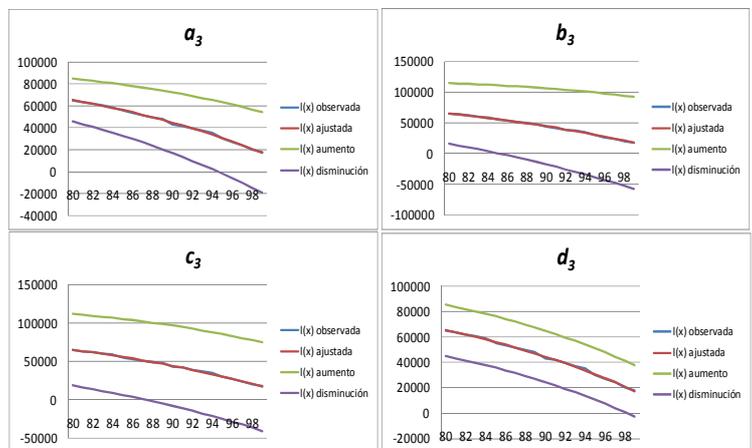
*Tumores mujeres*



*Resto de defunciones hombres*



*Resto de defunciones mujeres*





## **Bibliografía**

- Alba, F., 2006. Hacia una política migratoria integral: perspectivas y retos. En: Elena Zúñiga Herrera et al., ed. 2006. *Migración México-Estados Unidos. Implicaciones y retos para ambos países*. México: Consejo Nacional de Población, pp. 311-327.
  
- Alho, J., 2003. Experiences from Forecasting Mortality in Finland. *Perspectives on Mortality Forecasting, Social Insurance Studies*. No. 1, pp. 29-40.
  
- Alho, J. y Spencer, B., 2005. *Statistical Demography and Forecasting*. NY: Springer.
  
- Anderson, R. et al., 2001. Comparability of Cause of Death Between ICD-9 and ICD-10: Preliminary Estimates. *National Vital Statistics Report*, 49 (2), p. 32.
  
- Arbeev G. K. et al., 2005. Mathematical models for human cancer incidence rates. *Demographic Research*, 12 (10), pp. 237-272.
  
- Arreola Ornelas, H. et al., 2003. Pobreza y Salud: Una relación dual. *Economía de la Salud, Instituto Mexicano del Seguro Social*, p. 191.
  
- Barcelo A., et al., 2003. The cost of diabetes in Latin America and the Caribbean. *Bull World Health Organization*, No. 81, pp. 19-27.
  
- Barrera, P. et al., 1996. El ABC de los Splines. *Sociedad Matemática Mexicana. Serie Aportaciones Matemáticas*, No.9, p. 245.
  
- Bengtsson, T., 2003. The Need for Looking Far Back in Time When Predicting Future Mortality Trends. *Perspectives on Mortality Forecasting, Social Insurance Studies*, No.1, pp. 87-97.
  
- Booth, H., et al. 2006. Lee-Carter mortality forecasting: a multi-country comparison of variants and extensions. *Demographic Research*, 15 (9), p. 24.
  
- Camposortega Cruz, S., 1992. *Análisis Demográfico de la Mortalidad en México 1940-1980*. Distrito Federal: El Colegio de México.

- Camposortega Cruz, S. 1997. Cambios en la mortalidad / cien años de mortalidad en México. *Demos*, [En línea], disponible en <<http://www.ejournal.unam.mx/dms/no10/DMS01005.pdf>>, [Acceso el 12 de marzo de 2012].
  
- Cárdenas, R., 2001. Las causas de muerte en México. En: Gómez de León, J., Rabell, C. y Aguilar A. ed. 2001. *La población de México: tendencias y perspectivas sociodemográficas hacia el siglo XXI*. México: Fondo de Cultura Económica, pp. 109-144.
  
- Carriere, J. F., 1992. Parametric models for life tables. *Transactions of Society of Actuaries*, No. 44, pp. 77-99.
  
- Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE), 2005. Dinámica Demográfica y desarrollo en América Latina y el Caribe. *Serie Población y Desarrollo*, 58, 67 p.
  
- Cerisola, E., 1968. República Argentina: Análisis de la mortalidad por causa. *CELADE serie c*, 109, p. 61.
  
- Coale, A. y Trussell J., 1996. The Development and Use of Demographic Models. *Population Studies*, 50 (3), pp. 469-484.
  
- Congdon, P., 1993. Statistical Graduation in Local Demographic Analysis and Projection. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 156 (2), pp. 237-270.
  
- Consejo Nacional de Población (CONAPO), 2000. *Migración México-Estados Unidos. Presente y futuro*. México: CONAPO. Disponible en: <<http://www.conapo.gob.mx/publicaciones/Migra2/Pdf/ppyfuturo.pdf>> [Acceso el 12 de marzo 2012].
  
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). *Indicadores demográficos básicos 1990-2030*. <<http://www.conapo.gob.mx>> (Consultado el 16 de noviembre de 2011).
  
- Córdoba Villalobos, J. et al. 2008. Las enfermedades crónicas no transmisibles en México: sinopsis epidemiológica y prevención integral. *Salud Pública de México*, 50 (5), pp. 419-427.

- De los Ríos, J., et al., 2004. Calidad de vida en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. *Revista Médica IMSS*, 42 (2), pp. 109-116.
  
- Fanghänel-Salmón, G., et al., 2004. Estudio Comparativo entre Datos Nacionales y una Población Cautiva de Trabajadores en el Distrito Federal. *Epidemiología Cardiovascular en México*, 5 (4), pp.1252-1261.
  
- Forfar, D.O., McCutcheon J.J., y Wilkie, A.D., 1988. On graduation by Mathematical Formula. *Journal of the Institute of Actuaries*, No. 115, pp. 1-149.
  
- Frenk, J., 1990. La transición epidemiológica en América Latina. *Revista Española de Salud Pública*, 77 (5), pp. 485-496.
  
- Frenk, Julio, et al., 1991. Elementos para una teoría de la transición en salud. *Salud Pública de México*, 33 (005), pp. 448-462
  
- Freund, R. and Littell, R., 2000. *SAS System for regression*. 3<sup>rd</sup> ed. USA: SAS Institute.
  
- García y Garma I., 1988. Fuentes de datos y tratamiento de la información en el análisis de la mortalidad. En: Bronfman M. y Gómez de León, J., ed. 1998. *La Mortalidad en México, niveles tendencias y determinantes*. Distrito Federal: El Colegio de México, p. 468.
  
- Gavrilov, L. A. y Gavrilova, N. S, 2001. The reliability theory of aging and longevity. *Journal of Theoretical Biology*, 213 (4), pp. 527-545.
  
- Gavrilov, L. A. y Gavrilova, N. S., 2002. The quest for the theory of human longevity.. *The Actuary*, Living to 100, pp. 10-13.
  
- Gavrilov, L. A. y Gavrilova, N. S, 2006. Reliability Theory of Aging and Longevity. En: Masoro E.J. & Austad S.N.. (eds.): *Handbook of the Biology of Aging*, 6<sup>th</sup> ed. San Diego: Academic Press. pp. 3-42.
  
- Godínez Gutiérrez, S., 2001. Definición y diagnóstico. *Investigación en Salud*, vol. III, pp. 11-17.
  
- Goldman, N., 1980. Far Eastern Patterns of Mortality. *Population Studies*, 34 (1), pp. 5-19.

- Halli, S. y Rao K. V., 1992. *Advanced Techniques of Population Analysis*. N.Y: Plenum Press, The Plenum series on demographic methods and population analysis.
- Ham Chande, R., 2004. La supervivencia más allá de cien años y más. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 20 (1), pp. 103-124.
- Hartmann, M., 1987. Past and recent attempts to model mortality at all ages. *Journal of Official Statistics*, 3 (1), pp. 19-39.
- Heligman, L. y Pollard, L.H., 1980. The age pattern of mortality. *Journal of the Institute of Actuaries*, No.107, pp. 49-80.
- Héran, F., 2006. El porvenir de la población mundial: perspectivas demográficas, perspectivas éticas. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 21 (001), pp. 161-187.
- Hernández, L., 2000. Crecimiento económico, distribución del ingreso y pobreza en México, *Comercio Exterior*, 50 (10), pp. 863-873.
- Hernández Ortega, K. et al., 2010. Papel de la apoptosis y la senescencia celular en el envejecimiento del Sistema nervioso central. *Instituto de Geriatria*, pp. 103 – 114
- Himes, C. L., 1994. Age Patterns of Mortality and Cause-of-Death Structures in Sweden, Japan, and the United States. *Demography*, 31 (4), pp. 633-650.
- Hinde, A., 2001. *Demographic Methods*. London: Arnold Publishers.
- Horiuchi, S. and Wilmoth, J. R., 1998. Deceleration in the Age Pattern of Mortality at Older Ages. *Demography*, 35 (4), pp. 391-412.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2006. *Mujeres y Hombres en México*. 10ª ed. México: Instituto Nacional de las Mujeres.

- Islas Ortega, L. y Peguero García, M., 2006. *Obesidad Infantil*. México: Boletín de Práctica Médica Efectiva, Instituto Nacional de Salud Pública,
- Kerr, J.F.R., Wyllie, A. H., y Currie, A. R., 1972. Apoptosis: a basic, biological phenomenon with wide-ranging implications in tissue kinetic. *Br J. Cancer*, No.26, pp. 239-257.
- Kostaki A., Peristera P., 2004. Graduation of mortality data using kernel estimates. *Athens University of Economics and Business*, p.p. 561-568.
- Land, K.C., Yang, Y., and Yi, Z., 2004. Mathematical Demography. En: Poston, D.L. and Micklin, M. ed 2004. *Handbook of Population*. N.Y.: Springer, p. 96.
- Landry, A., 1934. *La révolution démographique - Études et essais sur les problèmes de la population*. Paris: INED-Presses Universitaires de France.
- Lazcano-Ponce, C., y Hernández-Ávila, M., 1997. Cáncer: frecuencia, factores de riesgo y medidas de prevención. *Salud Pública de México*, 39 (4), pp. 251-252.
- Lee, R. y Tuljapurkar, S., 1997. Death and Taxes: Longer Life, Consumption, and Social Security. *Demography: The Demography of Aging*, 34 (1), pp. 67-81.
- Lerner, M., 1973. Modernization and Health: A model of the health transition. *En Reunión Anual de la American Public Health Association*. San Francisco, Estados Unidos. Noviembre, 1973.
- McNown, R. y Rogers, A., 1989. Forecasting Mortality: A Parameterized Time Series Approach. *Demography*, 26 (4), pp. 645-660.
- Mina Valdés, A., 2001. Funciones de sobrevivencia empleadas en el Análisis demográfico. *Papeles de Población*, abril-junio, No. 28, pp. 131-154.
- Mina Valdés, A., 2006. Ley de mortalidad mexicana. Funciones de supervivencia. *Estudios Demográficos y Urbanos*, mayo-agosto, 21 (002), pp. 431-456.

- Monteverde, M. y Novak, B., 2008. Obesidad y esperanza de vida en México. *Población y Salud en Mesoamérica*, 6 (001), pp. 1-13.
- Morales, C., 1983. El impacto norteamericano en la política económica de México (1970-1983). *Cuadernos Políticos*, No. 38, pp. 81-101.
- Motulsky, H. J. and Christopoulos, A., 2004. *Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression*. NY: Oxford University Press.
- Myers, R.J. 1940. Error and Bias in the Reporting of Ages in Census Data. *Transactions of the Actuarial Society of America*, 41 (2), pp. 395-415.
- National Heart, Lung, & Blood Institute, 1998. The Practical Guide Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults. *National Institute of Health*, p. 94.
- Notestein, F.W., 1945. Population-The Long View. En: Shultz, T.W., ed. 1945. *Food for the World*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Olaiz-Fernández, G., et al., 2007. Diabetes mellitus en adultos mexicanos: Resultados de la Encuesta Nacional de Salud 2000. *Salud Pública de México*, 49 (3), pp. s331-s337.
- Olshansky, S.J., Carnes, B.A. y Désesquelles, A, 2001. Prospects for Human Longevity in an Aging World. *Science*, 291 (5508), pp. 1491-1492.
- Omran A., 1971. The Epidemiologic Transition. *Milbank Memorial Fund*, 49 (4), pp. 509-537.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 1999. Diabetes mellitus. Fact sheet, No. 138.
- OMS, 2001. Estrategias para reducir la morbilidad y mortalidad de la diabetes. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 10 (5), pp. 354-357.
- OMS, 2006. Consultado en <<http://apps.who.int/ghodata/>> [Acceso el 24 de mayo 2010].

- OMS, 2007. Maternal Mortality in 2005: estimates developed by WHO, UNICEF, UNFPA and The World Bank. *Department of Reproductive Health and Research, World Health Organization.*
- OMS, 2007. *Fight against cancer. Strategies that prevent, cure and care.* NY: Who Press.
- OMS, 2009. Consultado en <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html>> [Acceso el 23 de abril 2009].
- Organización Panamericana de la Salud (OPS), 1998. Enfermedades y Daños a la salud. *La salud en las Américas*, 1, pp. 168-175.
- OPS, 2003. La tabla de vida: una técnica para resumir la mortalidad y la sobrevivencia. *Boletín Epidemiológico*, 24 (4), pp. 6-10.
- OPS, 2007. *Situación de Salud en las Américas: Indicadores Básicos.* Washington D.C.: La salud en las Américas.
- OPS, 2007. *Salud en las Américas México, Volumen II.* Washington D.C.: La salud en las Américas.
- Palloni, A. 1981. Mortality in Latin America: Emerging Patterns. *Population and Development Review*, 7 (4), pp. 623-649.
- Palmer, E., 2003. Life Expectancy is Taking Center Place in Modern National Pension Schemes: A New Challenge for the Art of Projecting Mortality. *Perspectives on Mortality Forecasting, Social Insurance Studies*, No.1, pp. 7-18.
- Pardo Andreu, G., et al., 2004. *La apoptosis y la senescencia celular: mecanismos supresores de tumores.* Cuba: Universidad de Camagüey.
- Partida Bush, V., 2004. La transición demográfica y el proceso de envejecimiento en México, *La Situación Demográfica en México*, pp. 23-29.
- Patarra, N., 1973. Transición Demográfica. ¿Resumen histórico o teoría de población? *Demografía y Economía*, 19 (1), pp. 86-96.

- Pérez Jáuregui, J., et. al, 2007. Impacto de las modificaciones ADA-2003 en la prevalencia y clasificación de individuos con diabetes mellitus y otras categorías. *Bioquímica*, marzo, 32, pp. 131.
  
- Pérez Sáinz, J.P. y Mora Salas, M., 2004. De la oportunidad del empleo formal al riesgo de exclusión Laboral: desigualdades estructurales y dinámicas en los Mercados latinoamericanos de trabajo. *Alteridades*, julio-diciembre, 14 (028), pp. 37-49.
  
- Pollard, B., 1992. *The analysis of mortality and other actuarial statistics*. 6<sup>th</sup> ed. London: Butterworth-Heinemann.
  
- Pollard, J. H., 1979. Bias in Graduated Life Table Functions. *Demography*, 16 (1), pp. 131-135.
  
- Portes, A., 2007. Migration, Development, and Segmented Assimilation: A Conceptual Review of the Evidence. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, marzo, 610, pp. 73-97.
  
- Pressat, R., 2000. *El análisis demográfico: métodos, resultados y aplicaciones*. 3<sup>a</sup> ed. México: Fondo de Cultura Económica.
  
- Rendón, T. y Salas, C., 2000. La evolución del empleo. En: Alcalde, A. et al., ed. 2000. *Trabajo y trabajadores en el México contemporáneo*. México: Miguel ángel Porrúa, pp. 25- 91.
  
- Reynales, L., 2006. Costos de atención médica de las enfermedades atribuibles al consumo de tabaco en América: revisión de la literatura. *Salud Pública de México*, 48 (1), pp. s190-s200.
  
- Rogers, A., 1986. Parameterized Multistate Population Dynamics and Projections. *Journal of the American Statistical Association*, 81 (393), pp. 48-61.
  
- Rogers, A. y Castro, L., 1981. *Migration model schedules*. Laxenburg: International Institute for Applied System Analysis.
  
- Sánchez y Medina, 2003. Modelos de supervivencia adecuados para análisis actuariales de mortalidad. *XI jornadas asesuma, Universidad de Oviedo*, p. 14.

- Salas C., 2003. El contexto económico de México. En: Garza, E. y Salas, C., ed. 2003. *La situación del trabajo en México*. Distrito Federal: Universidad Autónoma Metropolitana, p. 377.
- Salomon, J. A. y Murray C., 2002. The Epidemiologic Transition Revisited: Compositional Models for Causes of Death by Age and Sex. *Population and Development Review*, junio, 28 (2), pp. 205-228.
- Schulze, M. y Hu, F., 2005. Primary prevention of diabetes: What Can Be Done and How Much Can Be Prevented? *Annual Review of Public Health*, No. 26, pp. 445-467.
- Smith, S., Tayman, J. and Swanson, D., 2001. *State and Local Population Projections: Methodology and Analysis*. Durham: The Springer Series on Demographic Methods and Population Analysis.
- Stover, J. y Kirmeyer, Sh., 2007. *Demproj, un programa computarizado para calcular proyecciones de población*. USA: Proyectos POLICY y Spectrum.
- Swanson, H.S. and Siegel J.S., 2004. *The Methods and Materials of Demography*. USA: Academic Press.
- Szreter, S. 1993. The idea of demographic transition and the study of fertility change: a critical intellectual history. *Population and Development Review*, 19 (4), pp.659-701.
- Thompson, W,S. 1929. Population. *American Journal of Sociology*, Vol. 34, pp. 959-975.
- Tokman, V., 2004. El sector informal: características, debates y tendencias. En: Tokman, V. ed. 2004. *Una voz en el camino. Empleo y equidad en América Latina: 40 años de búsqueda*. México: Fondo de Cultura Económica, pp. 177-233.
- Urquieta-Salomón, J., et al., 2008. El gasto en salud relacionado con la condición de discapacidad. Un análisis en población pobre de México. *Salud Pública de México*, 50 (2), pp. 136-146.
- Uthoff, A. et al., 2006. Relación de dependencia del trabajo formal y brechas de protección social en América Latina y el Caribe. *Financiamiento del Desarrollo CEPAL*, No.169, p. 52.

- Vaupel, J. W., 2003. Forecasting Life Expectancy: The SCOPE Approach. *Perspectives on Mortality Forecasting, Social Insurance Studies*, No.1, pp. 75-80.
- Vera Bolaños, M., 2000. Revisión crítica a la Teoría de la Transición Epidemiológica. *Papeles de Población*, julio-septiembre, No. 25, pp. 179-206.
- Verón, J, 2005. Esperanza de vida y dinámica de las poblaciones. *Notas de Población, Celade*, No. 80, pp. 11-26.
- Villa, A., et al., 2004. Estimación y proyección de la prevalencia de obesidad en México a través de la mortalidad por enfermedades asociadas. *Gaceta Médica de México*, 140 (2), pp. s21-s26.
- Villalobos, A., 2004. *Mortalidad por causas en el estado de Oaxaca y su comparación con el nivel nacional: 1990-2000*. Distrito Federal: El Colegio de México.
- Villarreal, E., et al., 2002. Costo de la atención de la hipertensión arterial y su impacto en el presupuesto destinado a la salud en México. *Salud Pública de México*, 44 (1), pp. 7-13.
- Villegas, J, et al., 1997. “Modernidad” y polarización de la salud en México. Condiciones de vida de los trabajadores y sus familias. *Saúde Pública*, 13 (3), pp.435-445.
- Wong, R. y Lastra, M. A., 2001. Envejecimiento y salud en México: un enfoque integrado. *Estudios Demográficos y Urbanos*, No. 048. p.p. 519-544.

## Índice de Cuadros

<b>Cuadro 1:</b> Edad moda a la muerte, México 1979 a 2008.....	<b>161</b>
<b>Cuadro 2:</b> Bondad de ajuste función Gompertz mediante $R^2$ para la serie $l_x$ , México 1980 - 2007 .....	<b>178</b>
<b>Cuadro 3:</b> Bondad de ajuste función Gompertz-Makeham mediante $R^2$ para la serie $l_x$ , México 1980 - 2007.....	<b>180</b>
<b>Cuadro 4:</b> Bondad de ajuste función Lazarus mediante $R^2$ para la serie $l_x$ , México 1980 - 2007 .....	<b>182</b>
<b>Cuadro 5:</b> Bondad de ajuste función Gompertz mediante $R^2$ parámetros óptimos para la serie $l_x$ , México 1980 - 2007.....	<b>186</b>
<b>Cuadro 6:</b> Bondad de ajuste función Gompertz-Makeham mediante $R^2$ parámetros óptimos para la serie $l_x$ , México 1980 - 2007.....	<b>187</b>
<b>Cuadro 7:</b> Bondad de ajuste función Lazarus mediante $R^2$ parámetros óptimos para la serie $l_x$ , México 1980 - 2007.....	<b>189</b>
<b>Cuadro 8:</b> Bondad de ajuste $R^2$ por medio de splines para la serie $l_x$ , México 1980 - 2007.....	<b>205</b>
<b>Cuadro 9:</b> Bondad de ajuste $R^2$ por medio de splines para la serie $q_x$ , México 1980 - 2007.....	<b>205</b>
<b>Cuadro 10:</b> Alcances y limitaciones de los distintos ajustes y correcciones realizados.....	<b>208</b>
<b>Cuadro 11:</b> Esperanza de vida estimada por grupos quinquenales de edad, Total de Defunciones Hombres en México.....	<b>282</b>
<b>Cuadro 12:</b> Esperanza de vida estimada por grupos quinquenales de edad, Total de Defunciones Mujeres en México.....	<b>283</b>
<b>Cuadro 13:</b> Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Diabetes Hombres, México.....	<b>284</b>
<b>Cuadro 14:</b> Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Diabetes Mujeres, México.....	<b>285</b>
<b>Cuadro 15:</b> Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Enfermedades Cardiovasculares Hombres, México.....	<b>286</b>
<b>Cuadro 16:</b> Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Enfermedades Cardiovasculares Mujeres, México.....	<b>287</b>
<b>Cuadro 17:</b> Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Tumores Hombres, México.....	<b>288</b>

<b><i>Cuadro 18:</i></b> Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Tumores Mujeres, México .....	<b>289</b>
<b><i>Cuadro 19:</i></b> Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Resto de defunciones Hombres, México .....	<b>290</b>
<b><i>Cuadro 20:</i></b> Ganancias en esperanza de vida por grupos quinquenales de edad, Resto de defunciones Mujeres, México.....	<b>291</b>

## Índice de gráficas

<b>Gráfica 1:</b> Tasas específicas de mortalidad total de enfermedades 1980 y 2007, hombres.....	13
<b>Gráfica 2:</b> Tasas específicas de mortalidad total de enfermedades 1980 y 2007, mujeres.....	13
<b>Gráfica 3:</b> Modelo de Rogers y Castro (1981) para migración.....	47
<b>Gráfica 4:</b> Tasas de mortalidad, enfermedades cardiovasculares 1980 – 2005, Hombres.....	64
<b>Gráfica 5:</b> Tasas de mortalidad, enfermedades cardiovasculares 1980 – 2005, Mujeres .....	64
<b>Gráfica 6:</b> Tasas de mortalidad, diabetes 1980 – 2005, Hombres .....	67
<b>Gráfica 7:</b> Tasas de mortalidad, diabetes 1980 – 2005, Mujeres.....	67
<b>Gráfica 8:</b> Tasas de mortalidad, tumores (neoplasias) 1980 – 2005, Hombres .....	70
<b>Gráfica 9:</b> Tasas de mortalidad, tumores (neoplasias) 1980 – 2005, Mujeres.....	70
<b>Gráfica 10:</b> Ley de mortalidad de Heligman y Pollard (1980) .....	127
<b>Gráfica 11:</b> Histogramas de defunciones: Total de Enfermedades 1980-2005.....	140
<b>Gráfica 12:</b> Histogramas de defunciones: Diabetes Mellitus 1980-2005 .....	142
<b>Gráfica 13:</b> Histogramas de defunciones: Enfermedades Cardiovasculares 1980 - 2005 .....	143
<b>Gráfica 14:</b> Histogramas de defunciones: Tumores (Neoplasias) 1980 - 2005 .....	145
<b>Gráfica 15:</b> Histogramas de defunciones: Resto de Enfermedades 1980 - 2005.....	146
<b>Gráfica 16:</b> Índice de Whipple para defunciones, México 1979 a 2008.....	148
<b>Gráfica 17:</b> Índice de Myers para defunciones, México 1979 a 2008 .....	150
<b>Gráfica 18:</b> Edad media a la muerte, México 1979 a 2008.....	156
<b>Gráfica 19:</b> Edad mediana a la muerte, México 1979 a 2008.....	158
<b>Gráfica 20:</b> Desviación estándar de defunciones, México 1979 a 2008.....	163
<b>Gráfica 21:</b> Tasas específicas de mortalidad total de defunciones, México 1980 a 2005 .....	167
<b>Gráfica 22:</b> Tasas específicas de mortalidad diabetes mellitus, México 1980 a 2005.....	167
<b>Gráfica 23:</b> Tasas específicas de mortalidad enfermedades cardiovasculares, México 1980 a 2005.....	167
<b>Gráfica 24:</b> Tasas específicas de mortalidad tumores, México 1980 a 2005.....	168
<b>Gráfica 25:</b> Tasas específicas de mortalidad resto de defunciones, México 1980 a 2005.....	168
<b>Gráfica 26:</b> Serie supervivientes a edad $x$ , Gompertz–Makeham diabetes, 1990.....	194
<b>Gráfica 27:</b> Serie supervivientes a edad $x$ , corrección lineal Tumores hombres, 2000 .....	195
<b>Gráfica 28:</b> Probabilidades de muerte, Gompertz Cardiovasculares hombres, 1984 .....	196

<b>Gráfica 29:</b> Supervivientes a edad $x$ , Lazarus para diabetes, hombres 1980.....	197
<b>Gráfica 30:</b> Supervivientes a edad $x$ , Lazarus para diabetes, hombres 1980 por segmentos.....	198
<b>Gráfica 31:</b> Supervivientes a edad $x$ , Lazarus para diabetes, hombres 1980 adultos mayores..	198
<b>Gráfica 32:</b> Probabilidades de fallecimiento Lazarus, para diabetes hombres 1980 .....	199
<b>Gráfica 33:</b> $R^2$ para serie $q_x$ de ajuste función Lazarus por corrección polinómica.....	200
<b>Gráfica 34:</b> Tendencia de los parámetros de la función final, segmento 0 a 3 años, total de defunciones hombres 1980 a 2007.....	219
<b>Gráfica 35:</b> Tendencia de los parámetros de la función final, segmento 0 a 3 años, total de defunciones mujeres 1980 a 2007.....	220
<b>Gráfica 36:</b> Tendencia de los parámetros de la función final, segundo segmento, total de defunciones hombres 1980 a 2007.....	221
<b>Gráfica 37:</b> Tendencia de los parámetros de la función final, segundo segmento, total de defunciones mujeres 1980 a 2007.....	221
<b>Gráfica 38:</b> Tendencia de los parámetros de la función final, segmento Lazarus, total de defunciones hombres 1980 a 2007.....	222
<b>Gráfica 39:</b> Tendencia de los parámetros de la función final, segmento Lazarus, total de defunciones mujeres 1980 a 2007.....	223
<b>Gráfica 40:</b> Tendencia de los parámetros de la función final, segmento de edades mayores, total de defunciones hombres 1980 a 2007.....	224
<b>Gráfica 41:</b> Tendencia de los parámetros de la función final, segmento de edades mayores, total de defunciones mujeres 1980 a 2007.....	224
<b>Gráfica 42:</b> Parámetro $a_1$ ajuste final, 1980 total defunciones hombres.....	229
<b>Gráfica 43:</b> Parámetro $b_1$ ajuste final, 1980 total defunciones hombres.....	232
<b>Gráfica 44:</b> Parámetro $c_1$ ajuste final, 1980 enfermedades cardiovasculares hombres.....	234
<b>Gráfica 45:</b> Parámetro $d_1$ ajuste final, 1980 diabetes mellitus mujeres .....	235
<b>Gráfica 46:</b> Parámetro $a_2$ ajuste final, 1980 resto de defunciones hombres .....	237
<b>Gráfica 47:</b> Parámetro $b_2$ ajuste final, 1980 total defunciones mujeres.....	239
<b>Gráfica 48:</b> Parámetro $c_2$ ajuste final, 1980 enfermedades cardiovasculares mujeres.....	241
<b>Gráfica 49:</b> Parámetro $d_2$ ajuste final, 1980 tumores mujeres.....	242
<b>Gráfica 50:</b> Parámetro $d$ ajuste final, 2005 total defunciones mujeres .....	244
<b>Gráfica 51:</b> Parámetro $d$ ajuste final b menor a 1, 1980 diabetes mellitus mujeres.....	246
<b>Gráfica 52:</b> Parámetro $d$ ajuste final b mayor a 1, 1990 diabetes mellitus mujeres.....	247
<b>Gráfica 53:</b> Parámetro $d$ ajuste final, 2005 enfermedades cardiovasculares hombres.....	247

<b>Gráfica 54:</b> Parámetro $d$ ajuste final, 2005 enfermedades cardiovasculares mujeres.....	248
<b>Gráfica 55:</b> Parámetro $d$ ajuste final $b$ menor a 1, 1990 tumores mujeres.....	250
<b>Gráfica 56:</b> Parámetro $d$ ajuste final $b$ mayor a 1, 2005 tumores mujeres.....	250
<b>Gráfica 57:</b> Parámetro $d$ ajuste final $b$ menor a 1, 1980 resto defunciones hombres.....	251
<b>Gráfica 58:</b> Parámetro $d$ ajuste final $b$ mayor a 1, 2005 resto defunciones hombres.....	252
<b>Gráfica 59:</b> Parámetro $b$ ajuste final, 1980 total defunciones hombres.....	253
<b>Gráfica 60:</b> Parámetro $b$ ajuste final, 1980 diabetes mellitus mujeres.....	254
<b>Gráfica 61:</b> Parámetro $b$ ajuste final, 2005 enfermedades cardiovasculares hombres.....	255
<b>Gráfica 62:</b> Parámetro $b$ ajuste final, 2005 tumores mujeres.....	257
<b>Gráfica 63:</b> Parámetro $b$ ajuste final, 1990 resto de defunciones mujeres.....	258
<b>Gráfica 64:</b> Parámetro $f$ ajuste final, 1990 total defunciones hombres.....	259
<b>Gráfica 65:</b> Parámetro $f$ ajuste final, 1990 enfermedades cardiovasculares hombres.....	260
<b>Gráfica 66:</b> Parámetro $a$ ajuste final, 2005 total defunciones hombres.....	262
<b>Gráfica 67:</b> Parámetro $a$ ajuste final, 1990 diabetes mellitus mujeres.....	263
<b>Gráfica 68:</b> Parámetro $k$ ajuste final, 1990 total defunciones hombres.....	264
<b>Gráfica 69:</b> Parámetro $k$ ajuste final, 1990 enfermedades cardiovasculares hombres.....	265
<b>Gráfica 70:</b> Parámetro $a_3$ ajuste final, 1980 total defunciones mujeres.....	267
<b>Gráfica 71:</b> Parámetro $b_3$ ajuste final, 2005 diabetes mellitus hombres.....	269
<b>Gráfica 72:</b> Parámetro $c_3$ ajuste final, 1980 enfermedades cardiovasculares mujeres.....	271
<b>Gráfica 73:</b> Parámetro $d_3$ ajuste final, 1980 tumores mujeres.....	273
<b>Gráfica 74:</b> Serie supervivientes a edad exacta $x$ estimada para diferentes años, Total de Defunciones hombres (izquierda) y mujeres (derecha), México.....	277
<b>Gráfica 75:</b> Serie supervivientes a edad exacta $x$ estimada para diferentes años, Diabetes hombres (izquierda) y mujeres (derecha), México.....	278
<b>Gráfica 76:</b> Serie supervivientes a edad exacta $x$ estimada para diferentes años, Enfermedades Cardiovasculares (izquierda) y mujeres (derecha), México.....	279
<b>Gráfica 77:</b> Serie supervivientes a edad exacta $x$ estimada para diferentes años, Tumores (izquierda) y mujeres (derecha), México.....	280
<b>Gráfica 78:</b> Serie supervivientes a edad exacta $x$ estimada para diferentes años, Resto de Defunciones (izquierda) y mujeres (derecha), México.....	281