



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA



“Análisis sobre la Esperanza de Vida para la población de México: Un enfoque
actuarial (1990-2030)”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN ACTUARÍA

PRESENTA:

MIGUEL ÁNGEL MAY GARCÍA

ASESOR:

M. en A. **MIRIAM DÍAZ GUTIÉRREZ**

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

MAYO 2015

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a todas las personas que han sido mi soporte en la vida.

A mis padres por guiarme a cada paso que doy en la vida y apoyarme en cualquier decisión que elija.

A mis hermanas por siempre estar conmigo y levantarme cuando caigo.

Y a mis maestros por tenerme la paciencia de enseñarme y prepararme para lo que viene en mi futuro.

Tabla de contenido

Introducción	4
I. Marco Teórico y referencial sobre la temática	9
1.1 Antecedentes	10
1.2 Teoría sobre la Mortalidad	15
1.3 Leyes de Mortalidad	22
1.4 Marco Referencial	24
II. La Metodología: Tablas de Mortalidad un enfoque Actuarial	28
2.1 Definición y Conceptos	29
2.2 Modelo	31
2.3 Caso Específico	37
III. Lenguajes de Programación	41
3.1 La Programación	42
3.2 La Tecnología y las Ciencias Actuariales	47
3.3 Mathematica y las Ciencias Actuariales	50
IV. Esperanza de Vida en México	52
4.1 Población en México en el Siglo XX y su mortalidad	53
4.2 Composición de Mortalidad del Siglo XXI	60
V. Una proyección de la Esperanza de Vida en México mediante la aplicación del Análisis Actuarial de Supervivencia	64
5.1 Base de Datos	66
5.2 Modelos y Variables	66
5.3 Desarrollo del Modelo	69
5.4 Resultados	74
Conclusiones	76
Anexos	78
Bibliografía	113

Introducción

Actualmente en el campo de estudios actuariales existen diferentes técnicas y modelos que permiten medir la esperanza de vida de las personas, a través de técnicas estadísticas y poblacionales. Uno de los problemas que encontramos en estas técnicas es que la mayoría de éstas están enfocadas a estudios de países desarrollados.

Hoy en día existen pocos estudios de modelos de esperanza de vida para nuestro país; ya que la mayoría, como se ha mencionado, están basados en estadísticos de países de América del Norte o de Europa. Esta dificultad es debido a que se han planteado escasos estudios sobre este tema.

En México, se utilizan tablas para calcular la esperanza de vida, quizá basados en las de otros países que no reflejan la realidad de la población en este país; o por otro lado, si existen están desactualizados al contexto actual, que provoca cálculos erróneos en rubros como el análisis de pensiones y de seguros; que de alguna manera si no están más apegados a la realidad provocarán con ello grandes pérdidas a los asegurados o pensionados, como por ejemplo si la reserva de la pensión está mal calculada respecto a la tabla de mortalidad la pensión no le será suficiente o se le agotará antes de lo previsto. O por otro lado a las instituciones que manejan estos instrumentos. Esto puede ocasionar colapsos financieros al mediano y corto plazo.

Además que la información es lo más importante hoy en día y se encuentra en constante cambio, ésta tiene que ser lo más precisa y exacta posible para que se reduzca el riesgo de pérdidas al utilizar las tablas de vida.

Es por ello, que es necesario desarrollar modelos de esperanza de vida del comportamiento de la población en México mediante la utilización de software

especializado que permita modelar y simular con mayor detalle este fenómeno natural que esté apegado al comportamiento anual de nuestro país.

Ya que hace falta un Modelo dinámico en México que permita ver más a detalle el comportamiento de la mortalidad, que pueda ser de fácil manejo y que se encuentre en constante cambio ya que la mortalidad va evolucionando de acuerdo a lo que va sucediendo y necesitamos un modelo que evolucione con la mortalidad. Y que ayude a realizar los procedimientos actuariales de una forma más sencilla.

Los objetivos del trabajo son los siguientes:

- Construir un modelo de esperanza de vida que permita medir el comportamiento de este fenómeno para los próximos quince años
 - Construir tablas de mortalidad de México y analizar su comportamiento.
 - Realizar el programa de la tabla de mortalidad

Con esos objetivos se buscará cumplir la hipótesis del trabajo que es posible construir un modelo de esperanza de vida que permitirá predecir y simular este fenómeno hasta el 2030 para la población de México.

El trabajo se realizará utilizando la siguiente metodología:

Primero se realiza el Marco Teórico que integra:

- Marco histórico: donde se ve la historia de la tabla de vida y su evolución a través del tiempo
- Marco Referencial: se desarrolla el programa donde contenga años anteriores al actual para ver cómo ha evolucionado la tabla de mortalidad, y se realiza para el año 2020 y 2030 para ver cómo va a evolucionar la mortalidad en México

➤ Marco Conceptual: En donde se ve la técnica para realizar el programa.

Una vez obtenido el marco conceptual se obtienen los datos demográficos para realizar las tablas de vida en fuentes de información confiables (INEGI, consultorías especializadas, trabajos de investigación, etc.). Con la información necesaria se desarrollan las tablas de vida.

Se analiza el comportamiento de la población mexicana y se asigna un modelo que mejor se adapte a la mortalidad de México.

Cuando se obtiene el modelo se realiza un programa mediante lenguaje informático y realiza un ejercicio de prueba y error hasta que el programa esté funcionando correctamente.

Al obtener el programa se hacen modelos para simular la mortalidad de los años pasados, presentes y futuros y así poder agregarlos al programa.

Para terminar se realizan las conclusiones y discusión final.

Este trabajo está dividido en cinco apartados:

En el capítulo I, se comenta cómo está fundamentada la teoría de mortalidad y la esperanza de vida por diferentes autores sobre el tema. En él se comentan como se desarrollaron la teorías principales de las teorías de la mortalidad, y como empezó analizándose este fenómeno actuarial.

Se analizan en una frontera del conocimiento basándose en las nuevas investigaciones que se están haciendo acerca de la mortalidad, demostrando cómo es un tema relevante y de interés por la comunidad científica; y que no se ha

dejado de estudiar, presentándose en este capítulo I algunas investigaciones que se han hecho en algunas partes del mundo sobre el tema. Y también se muestran algunos estudios en México.

En el capítulo II, se analizan las variables que conforman las tablas de mortalidad y sus definiciones. En él se enseña la metodología de las tablas de mortalidad, como calcular cada una de las variables mencionadas en el inciso anterior. Y se analiza un caso específico acerca de otro país.

En el capítulo III, se ve como el uso de programas ha facilitado la vida a través de la tecnología, como los lenguajes de programación han hecho todo más rápido y simple.

Se mencionan los lenguajes de programación, los conceptos de la realización de un programa y la mejor manera de realizarlo.

Se ve como la programación se ha integrado a las ciencias actuariales y cómo poco a poco se han complementado ya sea en realizar cálculos más exactos o realizar algunos procedimientos de formas más eficientes. Como algunos procesos no se podrían realizar sin la ayuda de la programación y como transforma cualquier proceso más dinámico y fácil de actualizar a la situación correspondiente.

En el capítulo IV, se muestra el fenómeno de la mortalidad en México desde el siglo pasado. Y como es un fenómeno que se encuentra en constante cambio. Se construirán tablas de vida que nos permitan apreciar este fenómeno de una manera más detallada y analizar su comportamiento.

En el capítulo V, se realiza el programa de la esperanza de vida se describirá el proceso de cómo se fue realizando este proyecto paso a paso, utilizando los conceptos ya vistos en los capítulo II.

Se verá cómo se realiza una tabla de vida para el caso de México ajustándola a la curva de mortalidad y así poder ver su tendencia. Una vez viendo su comportamiento se podrá realizar un pronóstico hasta el 2030.

Una vez obtenida la tabla de vida y los pronósticos se realiza el programa a través de los lenguajes de programación, se aprecia cómo se va construyendo a través de prueba y error. Hasta que esté completa la herramienta en donde se pueda apreciar la evolución de mortalidad en México, como se comporta, cuál es la probabilidad de vida a cierta edad y cuál será en un futuro cercano.

Capítulo

I. Marco Teórico y referencial sobre la temática

Introducción

En este primer capítulo se va a conocer como la humanidad se ha interesado por pronosticar cuál es el tiempo esperado de vida que tenemos como individuos. Como empezó la realización de los análisis de la mortalidad y cómo ha evolucionado a través del tiempo hasta llegar a nuestros días, quiénes han sido los pioneros en el área y sus aportaciones.

Se conocerá el concepto de mortalidad, y como se componen sus supuestos fundamentales. Se verán algunas teorías que se utilizan para la realización de las tablas de mortalidad. Como se conforman y cuáles son las características que tiene cada una.

Se mencionarán algunos trabajos de investigación acerca de la mortalidad mundial, donde se ve la metodología que implementaron, y se analizarán las conclusiones que obtuvieron.

1.1 Antecedentes

La estadística siempre ha sido un campo de estudio muy importante para la humanidad para poder llevar un control sobre los eventos o para disminuir el riesgo de los acontecimientos futuros.

El hombre siempre se ha preocupado por todo aquello que lo rodea por definición se puede decir que es curioso por naturaleza. Y uno de los fenómenos que le han interesado a través del tiempo es el del comportamiento de la población y cuánto tiempo es el que tiene de vida.

Pero para poder saber la mortalidad de la población se tiene que tomar en cuenta varios factores antes de poder determinarla, es por eso que se realizan estudios demográficos en los que se puede identificar cómo se comporta la población y a qué riesgos se enfrenta cierta población.

Debido a que no puede haber un estudio de análisis de vida sin haber detrás un estudio demográfico es que los orígenes de la mortalidad se remontan hasta los orígenes de los estudios de población.

Spiegelman (1955) dice que hay estudios de que en Babilonia, antes del año 3800 a.c., en China cerca del año 3000, y en Egipto alrededor de 2500 a.c., se hicieron recuentos de población. Se tiene registro de un censo efectuado en una parte de China durante el primer siglo de la era cristiana y otro en el siglo siguiente.

Pero estas civilizaciones no fueron las únicas de las que se han encontrado información que llevaban un registro de acuerdo a Spiegelman (1955) en Roma y Grecia antiguas se llevaron a cabo numerosos recuentos de población en los que la información se recolectaba en relación con ciertas características económicas y sociales de los individuos.

Y otra de las civilizaciones antiguas que realizó recuentos de población fueron los hebreos, en la biblia menciona que los realizaban con el fin de conocer cuál era su poderío militar.

Al llegar la Edad Media, algunos países empezaron a guardar registros de las características de ciertas categorías de la población, que generalmente eran los que tenían un cierto poder en la sociedad como la nobleza y el clero, pero no se tiene información de que se hayan llevado registros sobre la población general.

Siegal (1998) menciona que al llegar al periodo 1855-1864 más países realizaban un registro poblacional pero la información no cubría ni la quinta parte de la población mundial. Para el lapso de 1945-1954 el ochenta por ciento de la población mundial se logró numerar. Y para el lapso de 1955-1963 ya se realizaban censos de población en 192 países y territorios.

Para la información de registros que se refieren a los sucesos vitales de la población que son nacimiento, muerte fetal, matrimonio, divorcio y muerte. El desarrollo es más reciente comparado a los censos porque no se pueden llevar a cabo estudios específicos de la población sin tener antes un registro de la población.

Una de las civilizaciones de las que aparentemente guardaba un registro acerca de los nacimientos y de las defunciones fueron los incas. Y hasta los principios de la Edad Media se encuentran registros detallados de los sucesos vitales entre las clases adineradas y la nobleza del Continente Europeo (Siegal, 1998).

Las colonias de Norteamérica en 1632 fueron los primeros lugares donde se promulgaron leyes para volver obligatorio el registro de los nacimientos, los matrimonios y defunciones. Pero hasta 1842 en Massachusetts se convirtió en el primer estado en donde se exigieron que se realizaran archivos de los registros suministradas por la secretaría del Estado.

Ya una vez que se realizaban estudios sobre la población como censos e información de registros se empezaron a realizar estudios más avanzados ya teniendo la base.

Y antes de la probabilidad de muerte lo primero que se empezó a calcular fue la esperanza de vida, cuanto tiempo es el que te hace falta vivir. Domitius Ulpiano en año 230 d.c. fue el que empezó a elaborar las tablas de Ulpiano, en donde aparecían las edades asociadas a la esperanza de vida en años. Esta tabla es la que constituyó las bases de las tablas de esperanza de vida. La aparición de estas tablas es considerada el nacimiento de la Estadística Actuarial.

Las primeras tablas de mortalidad de las que se tiene registro comenzaron a publicarse en 1592 porque se necesitaba un recuento de las muertes a causa de

la peste en la ciudad de Londres. Pero hasta 1603 fue cuando se empezaron a publicar regularmente por Jonh Graunt quien describe como realizaba las tablas: "Cuando alguien muere, entonces, doblando o tañendo una campana, o encargando una fosa al Sepulturero, esto es sabido por los Registradores, en contacto con el mencionado Sepulturero. Los Registradores van al lugar donde descansa el Muerto, y a vista, o por otras investigaciones examinan de qué Enfermedad o Accidente murió. Sobre esto hacen un informe al Sacristán, y él, cada martes por la noche; lleva un Recuento de todos los Entierros de la Casa. El miércoles se hace el recuento general, se imprime, y el jueves se publica y distribuye" (Graunt, 1662).

En 1662 Graunt constituyó las bases de la estadística científica, realizando las Tablas de Mortalidad de la ciudad de Londres. En la obra que realizó llamada "*Natural and Political Observations Mentioned in a following Index, and made upon the Bills of Mortality*" donde publicó sus observaciones basadas en dichas tablas. En esta obra también se incluyó la primera tabla de mortalidad de historia que se muestra a continuación.

Tabla 1.1

La primera tabla de mortalidad de la historia realizada por Graunt en 1662

x	0	6	16	26	36	46	56	66	76
Lx	100	64	40	25	16	10	6	3	1

Fuente: "*Natural and Political Observations Mentioned in a following Index, and made upon the Bills of Mortality.*"

Donde x es la edad de la persona y Lx representa las personas de la muestra que están vivas en la edad x .

En el libro también menciona como llegó a dichos resultados de algunas de las probabilidades. La información a la que tenía acceso Graunt respecto a la mortalidad de la población indicaba la causa de la muerte y el sexo de los difuntos, pero no la edad. Pero lo que Graunt realizó para determinar las probabilidades de

mortalidad infantil él registró la proporción de personas que morían de enfermedades infantiles, añadiendo la mitad de las personas que morían de enfermedades como sarampión o viruela, concluyendo que 36 de cada 100 personas morían antes de los 6 años. Y con la hipótesis de que casi nadie sobrevivía en el año 1662 a los 76 años el concluyo la última columna.

Pero en sus publicaciones no menciona como es que llegó a obtener las demás probabilidades. Hacking plantea que Graunt pudo haber utilizado una interpolación entre las edades de 6 y los 76 años siguiendo una ley exponencial con $\mu=.047$ pudiendo realizar la siguiente ecuación $l_x = 64e^{-.047(x-6)}$

Pero uno de los supuestos clave que ayudó a más científicos como Jan de Witt y Jan de Hudde a construir tablas de mortalidad fue el de asumir que la fuerza de mortalidad es constante. Pero este supuesto solo tuvo una gran importancia en los inicios de las Matemáticas Actuariales.

Edmund Halley el matemático, astrónomo y actuario fue el primero en realizar una tabla de mortalidad de manera en que la conocemos hoy en día en 1693. Halley se basó en las estadísticas de los números de nacimientos y defunciones de la ciudad Breslaw y llevaba un registro del número de personas de una a edad a otra por ejemplo de 0 a 1 año y así sucesivamente. Una vez obtenidos estos datos los reducía en n años a un valor por cada periodo efectuando una media aritmética.

El problema con las tablas de Halley es que él tomaba el supuesto de que la fuerza de mortalidad era constante es decir que el número completo de la población al igual que la edad y el género no cambiaban en muchas décadas. Este supuesto no toma en cuenta muchos de los factores que pueden afectar la probabilidad de vida como los progresos médicos, flujos migratorios, etc. Es por eso que estas tablas eran imprecisas.

Luego en 1725 De Moivre fue el primero en ajustar una fórmula Matemática a una tabla empírica utilizando la tabla de Halley como referencia. La fórmula de $l_x = 86 - x$ para las edades x comprendidas entre los 12 y los 86 años. Y gracias a las tablas de Halley fue el primero en calcular una prima de seguro de vida.

En 1775 James Dobson no sólo calculaba las primas para los diferentes tipos de seguros sino que también calculaba las reservas matemáticas. Dobson fue el que realizó un modelo aplicable a la sistematización a las compañías aseguradoras que garantizaran su existencia.

Milne en 1815 realizó la primera tabla de mortalidad elaborada científicamente y considerada correcta, se basó en la información de la población como en la muerte clasificada por edad, esta tabla se sustentaba en la experiencia de Mortalidad de dos parcelas de la ciudad de Calisle, Inglaterra, durante los años 1779 a 1787.

Los primeros países en tener las tablas de mortalidad fueron los países europeos pero hoy en día cada país lleva su estadística y se siguen buscando nuevas técnicas para realizar las tablas de vida lo más precisas posibles ya que es una herramienta que se sigue utilizando y se seguirá utilizando.

1.2 Teoría sobre la mortalidad

Antes de hablar sobre las teorías de la mortalidad hay que definirla. De acuerdo a al diccionario de la real academia española la mortalidad es “Tasa de muertes producidas en una población durante un tiempo dado, en general o por una causa determinada.”

Para la Fundación Mapfre las tablas de mortalidad son “Documento o estados en que, previo estudio y cálculo actuariales, se reflejan las posibilidades de fallecimiento de una colectividad de personas en función de los diferentes tipos de

edades de éstas y del periodo de vida más o menos prolongada que se considere.

Las tablas de mortalidad, base para la fijación de los tipos de prima aplicables a las diferentes modalidades de seguro de vida, están determinadas sobre los principios que se deducen de la ley de los grandes números y el cálculo de probabilidades.”

Para el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) “El instrumento básico para el estudio cuantitativo del fenómeno de la Supervivencia es el conocido como “Tabla de Mortalidad” o “Tabla de Vida”, conceptuado como un modelo teórico que permite dar cuenta de los hechos de mortalidad vividos por una cohorte hipotética de nacidos en una misma fecha, desde el momento del nacimiento hasta la extinción completa de la generación, por exclusiva acción de la mortalidad.

En la definición de la real academia de la lengua española dice que es el número de muertes en un periodo determinado pero las definiciones de las otras dos fuentes nos mencionan que es la probabilidad de muerte de individuos de una generación. La variación de los conceptos se debe a que en la real academia de la lengua sólo se está definiendo lo que es la mortalidad.

De acuerdo a estas definiciones se puede definir la tabla de mortalidad como un instrumento que permite medir las probabilidades de vida y de muerte de una población en función de la edad. Este instrumento nos da la información estadística de la mortalidad, y es la base del modelo de la población estacionaria.

López (1996) nos menciona los supuestos fundamentales de una tabla de mortalidad:

- Es un modelo teórico que describe numéricamente el proceso de extinción, por muerte, de un grupo inicial, generalmente un grupo hipotético de recién nacidos.
- La ley de extinción corresponde a la mortalidad experimentada por la población durante un intervalo de tiempo relativamente corto y referida, la mayoría de las veces, a un año civil determinado.
- Como consecuencia de los puntos anteriores, aunque los valores de la tabla están expresados en función de la edad, ellos no toman en cuenta las variaciones de la mortalidad en el tiempo, esto es la población envejece independientemente del tiempo.

Pero la mortalidad no ha sido constante en el tiempo y es un fenómeno muy estudiado por lo mismo existen varias teorías que tratan de explicarlo y descubrir una manera más precisa de realizar los estudios.

Las tablas de mortalidad tienen varios usos en varias ciencias por ejemplo “Muchos tipos de estudios demográficos involucran la medición de la mortalidad, el modelo de la tabla de mortalidad y las técnicas de esta como herramientas especiales para la medición de la mortalidad que pueden en una amplia variedad de estudios. La tabla de mortalidad es una herramienta necesaria o al menos de gran utilidad para el análisis de fertilidad, algunas áreas de la salud, reproducción, la inmigración y la estructura poblacional; en la estimación y proyección de la estimación y proyección del tamaño de la población, así como el análisis de numerosos estudios de población de índole social y económica, tales como: estado matrimonial, estado de la fuerza de trabajo, estado familiar y educativo. En muchos de estos casos, las funciones de la tabla estándar se combinan con probabilidades para otros tipos de eventos contingentes, por ejemplo, tasas de primer matrimonio y tasas de ingreso a la fuerza laboral para la obtención de nuevas medidas.” (Siegel, 1998)

La Dinámica de la mortalidad es la serie de magnitudes cuantificadas según los indicadores adoptados a través del tiempo. Es decir, es una historia de la mortalidad de una población que estaría dada por la sucesión temporal de las esperanzas de vida a una edad “x” y la de las probabilidades de morir.

La dinámica de la mortalidad se da mediante niveles y estructuras. Esto nos dice que la serie temporal analizada se divide por unidades y éstas son las observaciones del año. Eso nos dice que los niveles están divididos por factores que son segmentos esenciales de la incidencia de la mortalidad por edad, esas son nuestras variables que nos indicarán la distribución de la incidencia a lo largo de todas las edades. Y ya que la unidad temporal es el año calendario logramos realizar un análisis de la variación interanual.

Lenderman y Breas (1959) nos dicen que gracias a la dinámica de la mortalidad se puede realizar el Análisis de Componentes Principales que nos permite reducir el total de cocientes disponibles para cada tabla de mortalidad a un número de factores que nos dan la incidencia de mortalidad por edades, como la mortalidad infantil, juvenil, adulta y anciana.

La Teoría de la Supervivencia es la base donde se estipulan los supuestos de las tablas de mortalidad. La teoría se fundamenta en la variable de tiempo biométrico (tiempo transcurrido desde el nacimiento del individuo hasta el tiempo actual) donde se formula una hipótesis de partida:

➤ *Homogeneidad:*

Donde supones que todos los individuos forman un grupo homogéneo respecto al fenómeno de supervivencia, que la única característica importante es la edad.

➤ *Independencia:*

La probabilidad de supervivencia de un individuo a determinada edad es independiente de la supervivencia de cualquier otro individuo del mismo grupo.

➤ *Estacionariedad:*

En esta hipótesis se toma en cuenta todos los factores externos que pueden afectar la probabilidad de muerte de una persona como avances en la medicina, estilo de vida, ámbito social y cultural etc.

Otro de los factores importantes de esta teoría es la del sexo. En todas las poblaciones hay una diferencia entre ambos sexos.

Las tablas de mortalidad pueden diferir entre unas y otras por los factores que influyen en ellas o lo que se quiera investigar.

1.2.1 Tablas de Mortalidad en base al año de referencia

En estas tablas su factor principal es del periodo de tiempo que estemos estudiando puede ser muy corto o muy largo y los dos tipos que existen son:

1.) Tabla de Mortalidad Actual

Este tipo es para determinar los muertos dentro de un pequeño lapso de tiempo en el cual la mortalidad ha permanecido no tan cambiante. Por lo general estas tablas se utilizan para periodos no mayores a tres años y los datos de la población se relacionan al punto medio del periodo. Por lo tanto estas tablas sólo pueden analizar un corto periodo de tiempo que nos podría servir para ver la mortalidad actual pero no como va trascendiendo a través del tiempo.

2.) Tabla de Mortalidad Generada

Esta Tabla se basa en las tasas de mortalidad experimentadas por un conjunto de personas que estén relacionadas por el año de nacimiento. Aquí se observa a las personas que son parte del grupo de estudio desde el momento en el que nacen hasta que cada uno de los individuos fallezca. Y como es imposible estar observando a cada una de las personas hasta que perezcan y realizar una tabla de mortalidad que lleve contenga datos actuales. Este tipo de tablas se utilizan para las proyecciones, tendencias y estudios de la mortalidad.

1.2.2 Tablas de Mortalidad en base a información

En estas tablas su factor principal es la información donde se contemple toda la información de la persona estudiada o en lapsos y los dos tipos que existen son:

1.) Tabla de Vida Completa

Esta tabla contiene la información completa sobre un individuo o un grupo con un registro año con año hasta la defunción. Los valores básicos que presenta esta tabla por lo general aparecen cada 5 años.

2.) Tabla de Vida Abreviada

En este tipo de tabla encontramos la información en intervalos de 5 años o 10 años depende de quién esté realizando la tabla. Y en estos lapsos de tiempo se encuentra la información necesaria para la mayoría de los propósitos.

También existen otros factores de los cuales puede depender una tabla de vida y crear nuevos modelos.

1.2.3 Demografía Histórica

En el caso de los modelos de mortalidad por su uso en la investigación de las poblaciones del pasado varía en las estrategias de estimación adoptadas, y existen de dos clases.

➤ *Directa:*

Basada en la disponibilidad de datos que reflejan el alcance del fenómeno en la población. En estos casos la información sea muy básica para obtener estimadores de mortalidad está disponible se requieren realizar ajustes en las estimaciones.

➤ *Indirecta:*

En esta estimación la información faltante es demasiada para construir una base de datos, existen muchas limitantes. Es por eso que es uso obligatorio de modelos para una estimación puntual en el tiempo, ya sea mediante técnicas como la proyección retrospectiva.

En cualquiera de las dos formas se está diciendo que el fenómeno es factible y no sólo eso sino que se reproducen los rasgos del mismo. Es decir, que podríamos generar las tablas de mortalidad de momentos anteriores en el tiempo para poder estudiar la forma de vida en el pasado.

1.3 Leyes de la Mortalidad

La probabilidad de supervivencia siguen una función matemática $S(x)$ que generan un modelo. Estos modelos nos sirven para ver el comportamiento de las edades y las probabilidades a través del tiempo.

Las leyes de mortalidad son expresiones de la función de supervivencia que tratan de modelar el comportamiento de la mortalidad en función de la edad. Para poder modelar debemos elegir el modelo adecuado que represente mejor a nuestra función. Y para elegir la mejor función tenemos que tener en cuenta nuestros datos.

Pero se debe tomar muy en cuenta que para cada tipo de población aplican diferentes leyes de mortalidad debido a sus características específicas. Las principales leyes o modelos que son utilizados son los siguientes:

A continuación se mencionarán los principales modelos para realizar tablas de mortalidad que deben cumplir determinados supuestos para poder elegir el mejor:

1.3.1 Ley exponencial

Es el que propone Graunt que la fuerza de la mortalidad es constante. Ya sabemos que esto no puede ser posible ya que la fuerza de la mortalidad debe incrementar con la edad, esta ley sólo puede ser aplicada a periodos muy cortos de tiempo.

1.3.2 Ley de Moivre

En esta ley la fuerza de mortalidad si aumenta conforme a la edad mediante una fórmula matemática que explica el tanto instantáneo de la mortalidad.

$$\mu_x = \frac{1}{w - x}$$

Donde w es la edad límite, la fuerza de mortalidad tiende hacia el infinito. Pero el factor que no tomó en cuenta esta ley es que el número de decesos no es constante.

1.3.3 Ley de Gompertz

La ley asume que cada individuo tiene una resistencia en contra de las enfermedades que va disminuyendo a través del paso de los años por lo que la probabilidad de morir aumenta con la edad y esta resistencia va disminuyendo a través de los años exponencialmente.

1.3.4 Primera ley de Makeham

Makeham al tanto instantáneo de la mortalidad le agrega la constante de la muerte accidental que es independiente a la edad del individuo y es utilizada para ajustar las tablas de mortalidad.

1.3.5 Segunda ley de Makeham

Como el ser humano tiene un aumento en la toma de riesgos en la juventud la constante agregada en la primera ley no ajustaba a todas las edades por eso el realiza esta segunda ley más elástica agregando a la fuerza de mortalidad otro sumando proporcional a la edad.

Existen muchas otras leyes que tratan de explicar el fenómeno de la mortalidad donde se ven diferentes puntos de vista como la de Weibull, Pareto, Risser, Dormoy, donde este último propone una función exponencial no negativa y convexa respecto a la edad. Sang (1817) que toma en cuenta la ley de Dormoy

pero en vez de una función exponencial toma una función de supervivencia geométrica respecto a las edades.

En 1867 Lazarus modifica la primera ley de Makeham con el objetivo de mejorar la bondad de ajuste, teniendo en cuenta donde se le agrega otra constante para ampliar el riesgo en las edades menores. La de Babbage supone una función de supervivencia polinomio de segundo grado para el instante de la mortalidad.

También se proponen mixturas finitas para obtener una función de densidad que combine dos o más leyes ya establecidas, o donde los parámetros se calculen de diferente forma como estimación bayesiana, todo con el fin de poder explicar mejor este fenómeno. Con el objetivo de ir encontrando una ley universal de la mortalidad que se aplique a todos los casos.

Hasta aquí se ha realizado un breve análisis de las principales teorías de la mortalidad, en el siguiente apartado se hará referencia a algunos trabajos de investigación recientes sobre la teoría de la mortalidad, y cómo lo han desarrollado.

1.4 Marco Referencial

La teoría de la mortalidad ha sido de interés desde mediados de siglo XVII, como se mencionó en el apartado anterior, pero hoy en día se han escrito varios trabajos de investigación sobre la temática, pero de una manera más específica. A continuación, se mencionarán algunos trabajos que apoyan esta importancia en la temática.

Para comenzar se comentará el trabajo realizado por Contreras (2009) llamado “Mortalidad diferencial por sexo”, donde realiza una investigación de tipo observacional y descriptiva. Donde analiza la mortalidad para Venezuela

diferencial por sexo con Información quinquenal del tiempo comprendido de 2000-2004. Donde observa la mortalidad fue superior en el sexo masculino pero ésta va disminuyendo al ir incrementando la edad.

En 2011 Fernández et al. en Cuba en la Provincia Ciego de Ávila realizó un estudio epidemiológico de la mortalidad por Cáncer para conocer el comportamiento de algunas variables con relación al riesgo de morir por este padecimiento. Donde concluyó que la mortalidad para las personas con Cáncer es 18.7% y la mortalidad de los hombres es mayor comparado al de las mujeres.

En España en el año 2010 Julio Laria realizó un trabajo llamado “Mortalidad de Jóvenes en accidentes de Tráfico” debido a que hay muchos factores que pueden llegar a provocar un accidente. Utilizó una metodología observacional descriptiva para saber el comportamiento de las variables que están involucradas en los accidentes viales. De acuerdo a su trabajo observó que el día lunes es el más accidentado con 17% de percances y los peores accidentes le ocurren a los jóvenes menores de 22 años.

Fernández et. al. en 2010 realizó una investigación acerca de las causas externas de la mortalidad femenina y qué relación hay con la violencia debido a que en los últimos años en Argentina ha crecido el interés por las causas de violencia a las mujeres. Donde se encontró que las principales causas de suicidio son por ahorcamiento y armas de fuego.

“Frecuencia de morbilidad-mortalidad en recién nacidos productos de embarazos con infecciones urinarias” es el trabajo realizado por Contreras et. al. donde se realizó un muestreo no probabilístico de 30 mujeres preñadas donde se tomaban en cuenta las pacientes que padecían de una infección urinaria durante la gestación. Donde se determinó que el estado socio-económico, la procedencia y el nivel de instrucción son los factores para poder evitar o tener una rápida recuperación y no poner en riesgo al producto.

En 2012 Milena et. al. realizaron un análisis descriptivo de los infantes menores de quince años que mueren debido a la leucemia linfocítica desde el 2008 al 2010. Ya que si existen muchas muertes es un indicador que la atención en salud no es la adecuada. Se pudo observar que del periodo analizado murieron 21 niños y su edad promedio fue de diez años y medio.

En Colombia en el 2013 Segura et. al. se realizó un estudio descriptivo acerca de las “Tendencias de la mortalidad por fiebre amarilla” de 1998 a 2009 ya que es un factor que hay que toma en cuenta el Instituto Nacional de Salud para las decisiones respecto a la salud. Debido al análisis se observa que la población que reside al norte de Santander son los que tienen un mayor riesgo a enfermar y a morir debido a la fiebre amarilla y con esa información pueden brindar más atención a esa zona.

Edwin Fernando Quiroga en 2012 llevó a cabo un estudio llamado “Mortalidad por desnutrición en menores de cinco años, Colombia, 2003-2007” con el objetivo de conocer mejor los efectos de la desnutrición en los infantes ya corresponde al 50% de las muertes en los infantes. Se pudo observar que gracias a la desnutrición los niños presentan enfermedades infecciosas y la mortalidad de un individuo desnutrido es cinco veces mayor a la normal.

En México también se realizan estudios acerca de la mortalidad como Fernández et. al. realizó un estudio acerca de “La mortalidad materna y el aborto en México” donde se analizaron los datos sobre los cambios sobre su mortalidad. Donde se estimó que en México hay 4,200,000 embarazos por año y solo el 60% logra tener al bebé.

Otra investigación es la de “Evolución reciente de la Mortalidad en México” de Narro et. al. en 1984 hicieron el trabajo con el objetivo de conocer la situación

de México respecto a la mortalidad y cómo ha evolucionado. Donde se encontró que la mortalidad de México ha disminuido desde el cese de la revolución.

Como éstos existen varios trabajos de investigación sobre la mortalidad en todo el mundo porque es un tema que suma importancia para la humanidad y siempre tendrá un campo de estudio.

Capítulo

II. La Metodología: Tablas de Mortalidad un Enfoque Actuarial

Introducción

En este capítulo se conocerán los conceptos con su correspondiente definición que son necesarios para construir y entender una tabla de mortalidad.

Se explicara cómo realizar los cálculos necesarios para obtener cada uno de los parámetros para obtener la tabla de mortalidad y que operaciones se necesitan dependiendo de la muestra y de su comportamiento.

Se verá un caso específico de otro país para analizarlo para poder ver el uso de las herramientas y poder ejemplificar los conceptos y funciones antes ya mencionadas.

2.1 Definiciones y Conceptos

Bowers Y Promislow nos definen el concepto de las tablas de mortalidad como tal. Promislow (2006) define las tablas de mortalidad como un estimado de un patrón de mortalidad sobre un grupo de individuos. Pero para llegar a comprender las tablas de mortalidad hay que identificar cada uno de sus conceptos.

Es importante mencionar que la mayoría de este texto está basado en el trabajo "*Actuarial Mathematics*" escrito por Bowers (1986).

Bowers (1986) menciona los conceptos de las tablas de vida y la base de las tablas de mortalidad es " x " (la edad de muerte) porque es nuestra variable que podemos cambiar dependiendo lo que se quiera identificar, es la edad del grupo o individuo del que se quiera obtener la probabilidad de vida.

Por ello este trabajo se basará en la notación de Bowers (1986) en donde se definen los siguientes conceptos:

- " x ": notación para una edad de vida x
- " X ": Edad de muerte, a una variable aleatoria
- " ω ": Es el límite de edad de la tabla de vida
- " $T(x)$ ": Tiempo futuro de vida, se obtiene al restar la edad de muerte menos la edad " x "
- " $K(x)$ ": Tiempo futuro de vida abreviado, se obtiene al integrar el tiempo futuro de vida
- " $S(x)$ ": Tiempo futuro de vida de " x " dentro del año de muerte, se obtiene al restar el tiempo futuro de vida menos el tiempo futuro de vida abreviado
- " $s(x)$ ": Función de supervivencia, es la probabilidad de que los recién nacidos vivan hasta la edad " x "
- " m_x ": Tasa central de muerte en un subconjunto de la población entre las edades de $(x, x + 1)$
- " ${}_tq_x$ ": La probabilidad que una persona de edad " x " muera dentro de " t " años
- " ${}_{t|u}q_x$ ": La probabilidad que una persona de edad " x " sobreviva " t " años y muera antes de " $t + u$ " años
- " ${}_tp_x$ ": La probabilidad que una persona de edad " x " viva al menos " t " años
- " ${}_nD_x$ ": Número de muertes entre los intervalos de $(x, x + n)$
- " $L(x)$ ": Número de supervivientes de a la edad " x "
- " $\mu(x)$ ": Fuerza de mortalidad a la edad " x " en una tabla de mortalidad global
- " $\mu(t)$ ": Fuerza de mortalidad restablecida a la edad $x + t$ dada la selección de la edad " x "
- " l_x ": Número esperado de sobrevivientes a edad x , se obtiene con el valor esperado del número de supervivientes de edad x .
- " ${}_nd_x$ ": Número de muertes entre las edades " x " y $x + n$, se obtiene con el valor esperado de muertes entre los intervalos de $(x, x + n)$
- " ${}_nL_x$ ": Número esperado de años vividos entre las edades x y $x + n$ por sobrevivientes a la edad " x " del grupo inicial
- " T_x ": Número esperado de años vividos después de la edad " x " por supervivientes de edad x del grupo inicial

- “ e_x^0 ”: Esperanza de vida completa para “ x ”, se obtiene con la esperanza del Tiempo futuro de vida
- “ e_x ”: Esperanza de vida abreviada para “ x ”, se obtiene con la esperanza del Tiempo futuro de vida abreviado

Para construir las tablas de vida primeramente es determinar la probabilidad de muerte ahí es donde surge el concepto de la fuerza de mortalidad, que se define como la probabilidad que el individuo muera en el tiempo t , una vez que ya haya sobrevivido hasta ese tiempo.

2.2 Modelo

Dickens y Bowers (1986) en sus respectivas obras dan la estructuración para construir las tablas de mortalidad.

De acuerdo a estos autores pilares del Cálculo Actuarial para construir una tabla de mortalidad se tiene que iniciar con una edad de x_0 a nuestra máxima edad de ω . Después se define la función de l_x para $x_0 \leq x \leq \omega$. Y como ya se definió en el apartado anterior que ${}_t p_x$ es la probabilidad que una persona de edad “ x ” viva al menos “ t ” años y l_x es el número esperado de sobrevivientes a edad x se puede ver que:

$${}_t p_x = \frac{l_{x+t}}{l_x} \quad (2.1)$$

Donde l_{x+t} es el número esperado de sobrevivientes a las edad de $x + t$. Una vez definida la probabilidad de vida se podrá definir la probabilidad de muerte de la siguiente manera:

$${}_t q_x = 1 - \frac{l_{x+t}}{l_x} \quad (2.2)$$

Y

$${}_{t|u}q_x = {}_t p_x \cdot {}_u q_{x+t} = \frac{l_{x+t}}{l_x} \left(1 - \frac{l_{x+t+u}}{l_{x+t}}\right) \quad (2.3)$$

La mayoría de las tablas de vida son utilizadas con edades completas para una facilidad en su uso. Vista así la tabla de mortalidad es una forma de resumir una distribución de un tiempo de vida. Y con las edades completas dos formas de definir el número de muertes en un periodo de tiempo conocido como d_x .

$$d_x = l_x - l_{x+1} \quad (2.4)$$

O en la segunda interpretación d_x es el número esperado de muertes en el año de la edad x a $x + t$.

$$d_x = l_x q_x \quad (2.5)$$

Una vez definidas las probabilidades de vida y de muerte podemos obtener las funciones de supervivencia. Donde x es tomada como una variable aleatoria continua. Para cualquier valor positivo de x , $s(x)$ es la probabilidad que un recién nacido llegue a la edad x . Y la función acumulada es la probabilidad de que la edad de muerte sea mayor a la edad x .

$$F_x(x) = \Pr(X \leq x) \quad (2.6)$$

Entonces

$$s(x) = 1 - F(x) \quad (2.7)$$

Pero también se pueden definir funciones discretas de supervivencia con las probabilidades de vida y de muerte.

$$F_{k(x)}(y) = \sum_{h=0}^k h|q_x \quad (2.8)$$

Luego ya obtenidas las funciones de supervivencia se puede calcular la fuerza de mortalidad, que es la probabilidad condicional que el individuo muera entre las edades de x y z , dado que ya sobrevivió hasta x . La probabilidad condicional describe la función de probabilidad de muerte en un futuro cercano con una vida alcanzada de x . Y se puede ver de la siguiente manera.

$$\Pr(x < X \leq x + \Delta x | X > x) = \frac{Fx(x + \Delta x) - Fx(x)}{1 - F(x)} \quad (2.9)$$

Para cada edad x , se le da un valor condicional para la función de probabilidad X a una edad exacta de x , dada la supervivencia de esa edad, y es denotada $\mu(x)$.

$$\mu(x) = \frac{fx(x)}{s(x)} \quad (2.10)$$

Después calculamos los sobrevivientes de la edad x con una distribución binomial se denota a $\mathcal{L}(x)$ como:

$$\mathcal{L}(x) = \sum_{j=1}^{l_0} I_j \quad (2.11)$$

Donde I_j es un indicador de la supervivencia de vida j donde:

$$I_j = \begin{cases} 1 & \text{si } j \text{ sobrevive a la edad } x \\ 0 & \text{de cualquier otra forma} \end{cases}$$

Y al sacar el valor esperado de $\mathcal{L}(x)$ calculamos el número de supervivientes esperados a la edad x determinamos que:

$$l_x = l_0 s(x) \quad (2.12)$$

Ya podemos calcular las expresiones matemáticas que se deseen incluir en las tablas pero hay que saber cómo determinarlas pero con las expresiones anteriores se pueden calcular

Para calcular la expectativa de vida completa dado que $\lim_{t \rightarrow \infty} {}_t p_x = 0$

$$e_x^0 = \int_0^{\infty} {}_t p_x dt \quad (2.13)$$

Para calcular la esperanza de vida abreviada está la existencia de $E[K(x)]$ implica que $\lim_{k \rightarrow \infty} {}_k p_x = 0$

$$e_x = \sum_{k=0}^{\infty} {}_k p_x \quad (2.14)$$

Para la función adicional de L_x que denota el número de años esperados de vida entre los años x y $x + 1$ por los supervivientes del grupo inicial.

$$L_x = \int_0^1 l_{x+t} dt \quad (2.15)$$

La función de L_x también se usa para definir la tasa central de muerte sobre el intervalo de x a $x + 1$ denotado por m_x dónde:

$$m_x = \frac{l_x - l_{x+1}}{L_x} \quad (2.16)$$

Donde las definiciones de L_x y m_x se pueden extender a intervalos más grandes que uno:

$${}_n m_x = \frac{l_x - l_{x+n}}{{}_n L_x} \quad (2.17)$$

También podemos definir la función adicional T_x que denota el número total de años vividos después de la edad x con el grupo inicial de supervivencia.

$$T_x = \int_0^{\infty} l_{x+t} dt \quad (2.18)$$

Esta expresión se puede ver como la integral del tiempo total vivido entre los años $x + t$ y $x + t + dt$ por el número esperado de sobrevivientes del año $x + t$

Pero como la edad es un fenómeno continuo hay suposiciones que quieren explicar la probabilidad de vida completa. Pero para poder aplicar un modelo de vida fraccional se debe conocer el comportamiento de los datos para así poder elegir la distribución que más se le asemeje. Las suposiciones son las siguientes:

➤ Interpolación lineal.-

Ésta se conoce como una distribución uniforme de muertes entre cada año. Bajo esta suposición ${}_t p_x$ es una función lineal

➤ Interpolación Exponencial.-

En esta suposición menciona que existe una fuerza de mortalidad constante entre cada año. Bajo esta suposición ${}_t p_x$ es exponencial

➤ Interpolación armónica.-

Se conoce como la suposición hiperbólica. Bajo esta suposición ${}_t p_x$ es una curva hiperbólica

Con estas definiciones básicas y las fórmulas vistas para edades completas se pueden generar fórmulas para las tres suposiciones para probabilidades de tabla de vida que se presentan a continuación.

Tabla 2.1
Principales fórmulas de Cálculo Actuarial para edades Fraccionales

Fórmulas Edades Fraccionales			
Función	Interpolación Lineal	Interpolación Exponencial	Interpolación Armónica
${}_tq_x$	${}_t q_x$	$1-p_x^t$	$\frac{{}_tq_x}{1-(1-t)q_x}$
$\mu(x+t)$	$\frac{q_x}{1-tq_x}$	$-\log p_x$	$\frac{q_x}{1-(1-t)q_x}$
${}_{1-t}q_{x+t}$	$\frac{(1-t)q_x}{1-tq_x}$	$1-p_x^{1-t}$	$(1-t)q_x$
${}_yq_{x+t}$	$\frac{yq_x}{1-tq_x}$	$1-p_x^y$	$\frac{yq_x}{1-(1-y-t)q_x}$
${}_tp_x$	$1-tq_x$	p_x^t	$\frac{p_x}{1-(1-t)q_x}$
${}_tp_x\mu(x+t)$	q_x	$-p_x^t \log p_x$	$\frac{{}_tq_x}{[1-(1-t)q_x]^2}$

Fuente.- Bowers (1986) "Actuarial Mathematics"

Existen algunas interpretaciones de las tablas de mortalidad que no son probabilísticas como el grupo de supervivencia determinístico donde la tabla debe contener las siguientes características.

1. El grupo inicia de la edad cero
2. Los miembros del grupo es independiente cada año de sus vidas para poder realizar decrementos en la mortalidad
3. El grupo es cerrado. No se permite que entren más individuos una vez iniciado y los decrementos se dan sólo por las tasas de mortalidad

2.3 Caso Específico

Para ejemplificar el uso de los conceptos y el uso de las herramientas del apartado anterior se pondrá un caso específico basado en las tablas de mortalidad de Estados Unidos para el año 2010.

La oficina de seguridad social de Estados Unidos realiza tablas de mortalidad para la población que está dentro del sistema. En la tabla 2.2 se refiere al periodo del 2010 donde se da a conocer la información de promedio de años de vida por vivir para una persona de una edad y usando la mortalidad para el 2010 sobre el curso de su restante vida. Se puede apreciar la tabla completamente en el Anexo 2.1

Tabla 2.2

Tabla de Mortalidad de Estados Unidos Abreviada

(x)	Hombres			Mujeres		
	${}_tq_x$	l_x	e_x^0	${}_tq_x$	l_x	e_x^0
0	0.006680	100,000	76.10	0.005562	100,000	80.94
1	0.000436	99,332	75.62	0.000396	99,444	80.39
2	0.000304	99,289	74.65	0.000214	99,404	79.43
3	0.000232	99,259	73.67	0.000162	99,383	78.44
4	0.000172	99,235	72.69	0.000132	99,367	77.46
5	0.000155	99,218	71.70	0.000117	99,354	76.47
6	0.000143	99,203	70.71	0.000106	99,342	75.47
7	0.000131	99,189	69.72	0.000099	99,332	74.48
8	0.000115	99,176	68.73	0.000093	99,322	73.49
9	0.000096	99,164	67.74	0.000090	99,313	72.50
10	0.000082	99,155	66.74	0.000090	99,304	71.50
109	0.553778	5	1.24	0.514292	31	1.35

(x)	Hombres			Mujeres		
	${}_tq_x$	l_x	e_x^0	${}_tq_x$	l_x	e_x^0
110	0.581467	2	1.17	0.545149	15	1.26
111	0.610541	1	1.09	0.577858	7	1.17
112	0.641068	0	1.02	0.612530	3	1.08
113	0.673121	0	0.95	0.649282	1	1.00
114	0.706777	0	0.89	0.688238	0	0.92
115	0.742116	0	0.83	0.729533	0	0.84
116	0.779222	0	0.77	0.773305	0	0.77
117	0.818183	0	0.71	0.818183	0	0.71
118	0.859092	0	0.66	0.859092	0	0.66
119	0.902047	0	0.60	0.902047	0	0.60

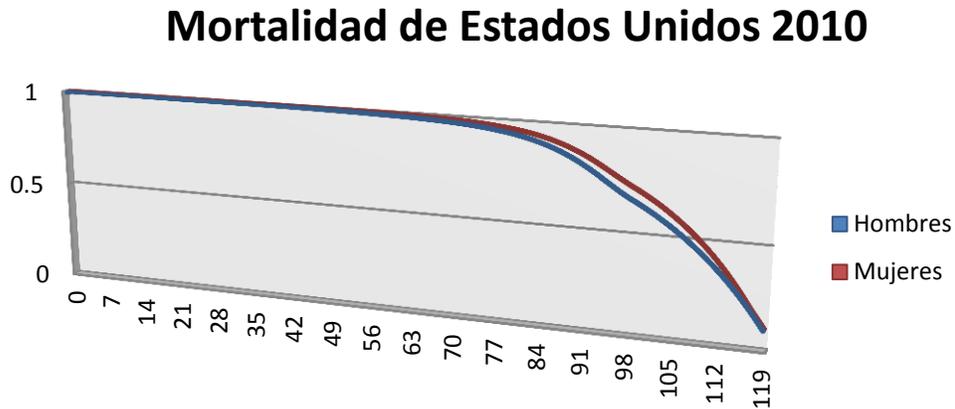
Fuente.- Página oficial de seguridad social de Estados Unidos (2010)

De acuerdo a la figura 2.1 se puede apreciar que la población empieza a descender con mayor rapidez a la edad de 70 años para los hombres y 74 años para las mujeres. Y que al menos el 80% de la población va a sobrevivir hasta los 65 años que en tablas de vida de los años 80 sobrevivía un 77% de la población se ve un incremento en la probabilidad de vida. También se puede observar que existen más mujeres que llegan a las edades más avanzadas que los hombres ya que el último hombre llega a los 111 años y la mujer llega a los 113.

También se observa que se pierde el 1% de la población en los hombres hasta los 17 años y en las mujeres hasta los 23 cuando antes ese uno por ciento se perdía al año.

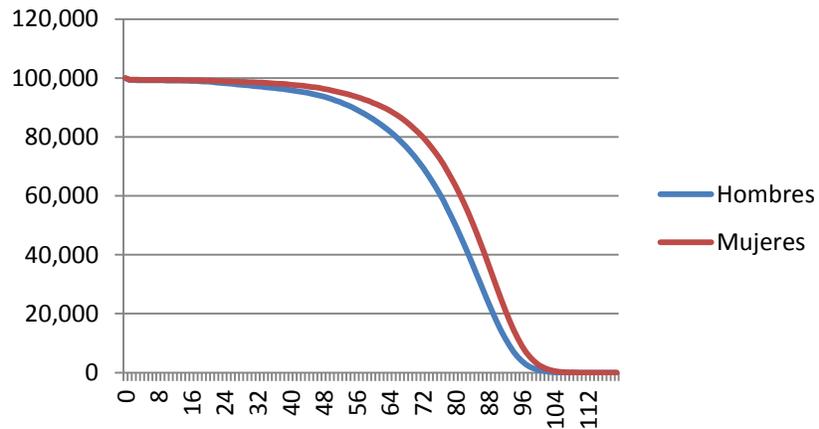
Con estos datos se puede ver el comportamiento de la esperanza de vida de la población de Estados Unidos como se aprecia en la figura 2.1 donde se observa cómo va disminuyendo la probabilidad de vida con el paso del tiempo.

Figura 2.1
Gráfica de Mortalidad de Estado Unidos



Fuente.- Elaboración propia con datos de la página oficial de seguridad social de Estados Unidos (2010)

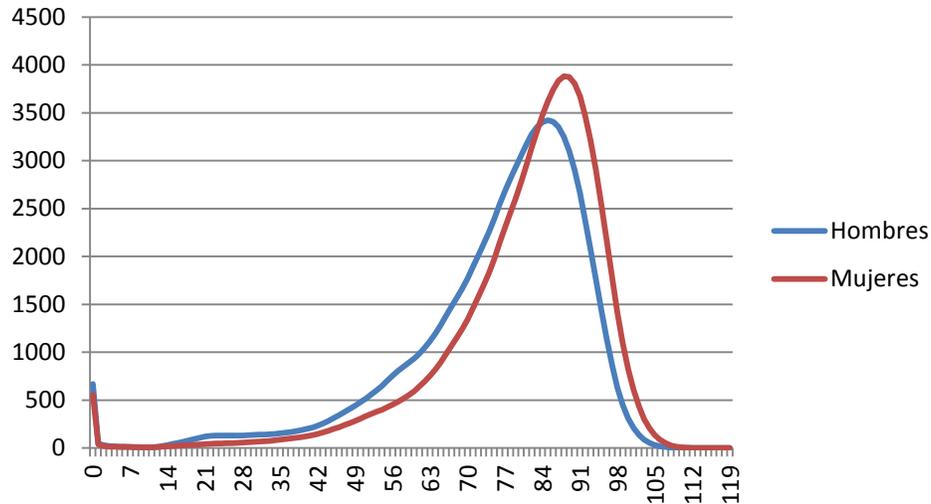
Figura 2.2
Grafica de Supervivientes en la edad x



Fuente.- Elaboración propia con datos de la página oficial de seguridad social de Estados Unidos (2010)

En la figura 2.2 se observa que a partir de los 16 años las mujeres en una población muestra sobreviven más que los hombres, y la población de hombres desaparece antes que la de mujeres.

Figura 2.3
Grafica de muertes en la edad x



Fuente.- Elaboración propia con datos de la página oficial de seguridad social de Estados Unidos (2010)

En la figura 2.3 se muestran las muertes ocurridas entre cada periodo, se observa que para los hombres cuando empiezan a fallecer más es a la edad de 84 años mientras que en las mujeres es a la edad de los 91 años. Pero el crecimiento de las muertes en los hombres empieza a los 21 años y en las mujeres a los 28 años.

Con esto se finaliza este Capítulo, en el que analiza la técnica que se utilizará como base para desarrollar el trabajo de investigación.

Capítulo

III. Lenguajes de Programación

Introducción

En el capítulo se conocerá la historia de la programación, de cómo surgió la comunicación entre hombre y máquina. Cómo se ha estado transformando para poder hacer de esta comunicación más sencilla. Se verán los diferentes lenguajes que son la base de los programas que existen hoy en día y como algunos aún siguen siendo esenciales.

Se conocerá como las Ciencias Actuariales han estado evolucionando desde los cálculos manuales hasta los programas y lenguajes que ayudan a realizar cálculos más rápidos y precisos. Cómo la tecnología ha ayudado a impulsar grandes avances tanto educacional y laboralmente.

3.1 La Programación

El hombre desde el inicio de los tiempos ha buscado facilitarse la vida, y lo ha conseguido mediante la innovación. Pero desde la creación de las computadoras se ha tenido que desarrollar un lenguaje en el cual las máquinas puedan realizar las tareas que se les han otorgado.

Las órdenes que se le dan a las computadoras en el lenguaje determinado para resolver un determinado problema o cumplir una función se le llama programa. El primer lenguaje en el que se pudo asignar una tarea a las computadoras fue el código binario (código máquina).

El código máquina consiste en introducir todos los datos y las instrucciones en sistema binario, y esto obliga a saber de memoria dónde se almacenaban cada uno de los datos.

Debido a los problemas al programar en los años 50 se creó el código de ensamblaje, que consiste en utilizar abreviaturas de asociación de ideas que

representan las operaciones. Al inicio la traducción del código se realizaba manualmente pero se observó como el ordenador podía interpretar el código y se desarrolló un programa traductor llamado ensamblador.

Existen centenares de lenguajes de programación así como de lenguajes humanos, pero lo que tienen en común todos éstos es que al final todos se tienen que traducir al código binario para que la computadora realice la función determinada y esta tarea la realiza el compilador o un intérprete.

Existen dos formas en que funciona un intérprete informático la primera traduce instrucción a instrucción del usuario al ordenador y así hacer la interacción con el usuario más sencillo y con respuesta inmediata.

La segunda es donde se le indica al ordenador todo el procedimiento que realizará y una vez que esté completo el traductor lo pasará al código binario para que la máquina pueda realizar su función, a esta forma del traductor se le denomina compilador y ahorra memoria al no tener que tener al traductor en cada instrucción.

Pero los dos procesos tienen sus ventajas y desventajas, todo depende del uso que se le quiera dar. Ya que el compilador no señala los errores hasta que se compila el programa y cada vez que se modifica el programa hay que volver a realizar una compilación.

A continuación se mencionan algunos lenguajes de programación a través del tiempo y como han ido evolucionando:

➤ FORTRAN (Formula Translator)

John Backus al principio de los 50, creó el programa speedcoding. Este programa fue creado para resolver problemas científico-técnicos, teniendo una

curva de aprendizaje bastante sencilla. Al paso del tiempo al ir evolucionando y se fueron introduciendo en empresas, escuelas y la vida cotidiana el lenguaje fue evolucionando también a una forma más sencilla de comprender y utilizar. Estos lenguajes son conocidos como de alto nivel porque la estructura que los conforma se adapta al pensamiento humano.

➤ **COBOL** (*Common Business Oriented Language*)

Al término de los años 50, existían grandes inconvenientes con los lenguajes de programación, principalmente dos: los programas no se podían pasar de un equipo a otro y resultaban muy difíciles de leer y de modificar. Debido a estos inconvenientes se realizó una conferencia llamada la CODASYL (*Conference on Data Systems Languages*) donde se reunieron las grandes empresas del sector informático. En la conferencia se estableció el COBOL que es un lenguaje que cumple las tareas administrativas, bastante claro, comprensible y portable.

El lenguaje COBOL su ventaja es que tiene una forma muy parecida al inglés (verbos, frases, párrafos, etc.). A causa de esto los programas se encuentran en cuatro divisiones (*Identification, Environment, Data, Procedure*) que se subdividen en frases para poder facilitar dar instrucciones al ordenador.

➤ **BASIC**

En 1964 dos profesores de la Universidad de Dartmouth, John Kennedy y Thomas Kurtz crearon un lenguaje que les ayudara a los estudiantes a introducirse en el mundo de la programación, se le dio el nombre de BASIC debido a su sencillez y es usado en tareas de gestión y en aplicaciones científicas.

Las dos grandes ventajas que tiene el lenguaje de BASIC son que el lenguaje es sencillo de aprender y el intérprete que compila el lenguaje utiliza poca memoria en sus primeras versiones.

Basic ha evolucionado con el tiempo y se han estructurado mejor pero la curva de aprendizaje sigue siendo sencilla y su máximo exponente es Visual Basic.

➤ LOGO

Seymour Papert en 1964 empezó a crear un lenguaje que sirviera para que los niños pudieran aprender a programar. Papert decía "Que los niños programen a los ordenadores y no los ordenadores a los niños".

Como los usuarios primordialmente serían infantes, ellos no tendrían conocimientos avanzados de matemáticas, por eso LOGO utilizó una forma gráfica de programación. LOGO se controlaba a partir de un robot que recibía instrucciones básicas y debido a su forma recibió el nombre de tortuga.

A pesar de sus avances en la enseñanza LOGO ha ido desapareciendo debido a que se vuelve complicado cuando se quieren usar otras funciones de la tortuga. Y otra razón es que la enseñanza ya no se basa en la programación, ahora se enfoca en la utilización de los programas.

➤ C

En 1970 Kenneth Thomson creó un lenguaje experimental que denominó B. En 1972 Dennis Ritchie a partir de B él desarrolló un nuevo lenguaje que llamó C. Como C no depende del ordenador, este lenguaje se

volvió muy portable y práctico. Y en 1984 se creó un compilador para el lenguaje llamado C++, creado para la programación orientada a objetos.

➤ PASCAL

Niklaus Wirth a principios de los 70 empezó a crear un lenguaje que fuera práctico, potente, y fácil de dominar para el rápido inicio dentro de la programación. De hecho Pascal es el lenguaje más fácil que da acceso a la información.

➤ PROLOG (*Programmation Logic*)

En 1972 Robert Kowalski, Alain Colmerauer y Phillippe Roussel surgieron con la idea de utilizar la lógica como lenguaje de programación por eso se le denominó al lenguaje *Programmation Logic*.

PROLOG es diferente a los otros lenguajes ya mencionados debido a que los otros lenguajes se les tienen que indicar cada uno de los pasos que seguir para realizar determinado procedimiento. Pero con PROLOG se le asignan algunos conocimientos sobre un tema, y algunas reglas que debe de seguir y con eso el programa no necesitará más instrucciones y sólo lo que nos interese saber.

PROLOG no está diseñado para cálculos científicos ya que se basa en la lógica. Su campo de desarrollo está en inteligencia artificial, comprensión del lenguaje humano, resolver problemas lógicos , etc.

➤ ADA

En 1975 en el Departamento de Defensa de Estados Unidos decidieron crear un nuevo lenguaje que se ajustara a sus necesidades que

eran permitir el diseño de programas estructurados, sencillos de comprender y compilar. Debido a que también tenía que tener funciones militares era necesario que pudiera controlar sus instrumentos. Y poder ejecutar varios procesos de forma simultánea.

Al tener el lenguaje se denominó ADA la única ventaja que tiene éste es que es el adecuado para programas grandes, pero debido a que el lenguaje es bastante complejo y estricto es muy poco utilizado.

➤ Java

En 1990 James Gosling diseñó un lenguaje utilizando como base C y C++, se creó este lenguaje con el objetivo de crear una interfaz interactiva para la electrónica. Pero debido a que la evolución de la tecnología no resultó como se esperaba no se utilizó. Hasta que en 1995 Bill Joy decidió modificarlo y utilizarlo para Internet.

Y aunque tiene una desventaja de lenta ejecución, es uno de los lenguajes más utilizados, debido a que es sencillo, con una gran capacidad, portable y seguro.

Existen otros lenguajes de programación pero muchos sólo se limitan a un campo de aplicación y otros han desaparecido por ser obsoletos. Y al evolucionar la tecnología evolucionarán los lenguajes de programación.

3.2 La Tecnología y las Ciencias Actuariales

En los siglos 18 y 19, los cálculos actuariales estaban limitados a cálculos manuales. Debido a la falta tecnológica que existía en el momento los actuarios de la época construyen tablas utilizadas fácilmente, utilizaban aproximaciones

llamadas funciones de conmutación, para facilitar los cálculos y realizarlos más precisos.

Desde que se crearon las primeras computadoras la Ciencia Actuarial se ha facilitado y crecido exponencialmente ya que los cálculos se han vuelto más fáciles y precisos que lo que se lograba realizar manualmente. Y gracias a los avances se desarrollaron diferentes técnicas y combinación de teorías.

Ya que las Ciencias Actuariales se han diversificado en varios campos como matemáticas, economía, informática, finanzas, probabilidad y estadística, etc. Por esa razón los programas utilizados por los actuarios son diversos y tienen diferentes funciones que nos ayuden a cumplir diferentes tareas. A continuación se mencionan algunos programas que se utilizan en Actuaría:

➤ Data Mining

Como su nombre lo indica este software nos sirve para la realización de Minería de Datos. Sus herramientas nos ayudan a analizar los datos para encontrar patrones, éstas tienen una gran capacidad de análisis que nos permiten visualizar los datos que nos permiten comprender el comportamiento de las muestras.

El Software de Data Mining nos permite trabajar con fuentes de datos y modificarlas para encontrar información donde no se tenía algún contexto. Aparte es una herramienta muy flexible para analizar la información de diferentes perspectivas y así poder obtener mejores resultados.

➤ SQL

Es un lenguaje de base de datos, que utiliza diferentes motores de bases de datos para realizar operaciones sobre algunos datos o su estructura.

Es considerado un lenguaje de alto nivel con el cual permite el acceso a la base de datos, donde aprovecha el poder y flexibilidad de los sistemas relacionales, que hacen más fácil la operación entre ellos. Se puede usar interactivamente para asignar las tareas y compilar el programa.

➤ SAS

SAS es un programa que nos permite integrar, clasificar, y analizar datos para obtener conocimientos que permitan resolver problemas complejos. Tiene un gran poder analítico que nos ayuda a hacer más fácil la toma de decisiones gracias a sus funciones de desarrollar modelos prescriptivos y descriptivos, pronósticos, simulación y optimización. Es un programa que nos ayuda a anticipar y manejar el cambio.

➤ SPSS

Es un software de análisis estadístico que sirve para realizar las funciones necesarias para analizar cualquier muestra. Es un programa accesible, con variedad de procedimientos que te ayuden a tomar la mejor decisión.

SPSS cuenta con un gran catálogo de procedimientos estadísticos, que ayudan a ordenar los datos para un mejor análisis, crea gráficas para poder ver más a detalle el comportamiento de la muestra, y soporta grandes cantidades de información.

➤ MATLAB (Matrix Laboratory)

Es un programa donde los problemas y las soluciones se expresan como se escriben matemáticamente. Se creó con el objetivo de ser un software matricial accesible. MATLAB se utiliza para resolver problemas prácticos con aplicaciones de control y redes neuronales. Su ventaja es el uso y análisis matricial.

Existen más programas que realizan diferentes funciones o las mismas de los programas que se mencionan pero todos tienen un objetivo en común que es ayudar a ampliar el campo Actuarial y a realizar análisis más precisos, que puedan cubrir cualquier eventualidad.

3.3 Mathematica y las Ciencias Actuariales

Stephen Wolfram en 1987 fundó la empresa *Wolfram Research* una de las compañías de investigación, web y software con una gran potencia científica y técnica. Es una empresa que tiene una visión a largo plazo para desarrollar ciencia, tecnología y herramientas para hacer de la computación una fuerza más potente el día de mañana.

Mathematica es creado en 1988 es un producto original lanzado por la empresa Wolfram, es un compilador que utiliza el Lenguaje Wolfram diseñado para que el usuario tenga una herramienta de gran capacidad en cualquier área de estudio. Tiene más de 4,500 funciones que están al alcance del usuario dentro de este programa.

Su principal objetivo es que la computación pueda alcanzar su máximo potencial en las próximas décadas, para que toda la información sea accesible en todas partes y de una manera sencilla.

Al ser un programa que tiene varias funciones y herramientas muchas ciencias lo han utilizado para realizar estudios sobre sus respectivos campos, entre ellos la Actuaría.

Algunos de los trabajos que se pueden encontrar de Actuaría desarrollados en Wolfram es el de transición de vida que nos habla que en 1990 el Dr. James¹ Robinson combinó una muestra con el modelo continuo de Markov para realizar un modelo matemático donde se pueda estimar la probabilidad de ocho posibles estados de salud por género y edad.

En 2011 Mark D. Normand y Macha Peleg² realizaron una demostración del efecto combinado de diferentes riesgos sobre una persona, estos riesgos van desde género, edad, beneficios de salud, etc. Y dependiendo de las variables se comprobará qué tan riesgoso es cada individuo.

Gergely Nagy³ realizó una calculadora para saber cuánto es lo que tiene que pagar un individuo al pedir un préstamo donde pueda observar el interés, la amortización, el periodo, y el número de pagos.

Seth J Chandler⁴ obtuvo un modelo que dependiendo del individuo qué tan adverso al riesgo sea, le indica cuál sería la mejor forma de invertir en el mercado y que beneficios obtendría con los diferentes portafolios.

Como se observa en el capítulo, la programación ha permitido avanzar en la Actuaría y sigue evolucionando cada vez más. Pero nos permite realizar cálculos y observaciones más precisas.

¹ Dr James 1990 <http://demonstrations.wolfram.com/LifeTransitions/>

² Mark D. Normand y Macha Peleg 2011
<http://demonstrations.wolfram.com/AdditiveAndMultiplicativeRisks/>

³ Gergely Nagy <http://demonstrations.wolfram.com/LoanPaymentCalculator/>

⁴ Seth J Chandler <http://demonstrations.wolfram.com/AdverseSelection/>

Capítulo

IV. Esperanza de Vida en México

Introducción

En el capítulo se conocerá como se comporta la población Mexicana a través del siglo XX, como las diferentes etapas del país fueron afectando la forma de vida de los mexicanos. Y como hemos evolucionando a través del tiempo para ser el México de hoy en día. Se verá el comportamiento de mortalidad y de los cambios que ha sufrido por los diferentes factores presentados.

Se realizarán tablas de la mortalidad Mexicana en el siglo XXI y se realizarán gráficas y análisis para poder comprender mejor este fenómeno y cuál es el futuro del país.

4.1 Población en México en el siglo XX y su mortalidad

En el siglo XX la Población de Mexicana estuvo afectada por diversos factores, por ejemplo el fin del Porfiriato, la Revolución Mexicana y la reestructuración del país.

Las decisiones tomadas a lo largo del siglo XX en cuanto a la planeación poblacional, se refieren causaron un gran impacto demográficamente y las consecuencias de estos cambios, modificaron la forma de concebir y dirigir la política de población del país.

En la década de 1910 en el país ocurrían 31.8 nacimientos por cada mil habitantes y 32.1 defunciones por cada mil habitantes, es decir, existían más decesos que nacimientos. En 1920 el conflicto interno del país combinado con las enfermedades epidemiológicas aumentó la probabilidad de muerte en el país.

Después de la Revolución Mexicana el país sufrió una transformación en cuanto a la demografía se refiere, de los cuales aún se siguen observando hasta estos días como el incremento en la esperanza de vida, el decrecimiento en la de la mortalidad infantil o el aumento en la migración de las zonas rurales a las

urbanas. Mientras que algunos cambios han tenido una tendencia lineal o se espera que en poco tiempo tengan un comportamiento inverso, como la fecundidad o la mortalidad general.

En la lucha revolucionaria afectó las características demográficas del país se observa en el Censo General de Habitantes de 1921 donde se registró una población total de 14.3 millones de habitantes con una diferencia de 900 mil personas respecto al censo anterior, éste es el único caso registrado de este fenómeno.

Pero los factores que comprenden de un decremento tan alto en la población son varios como, las muertes ocasionadas por el conflicto, el aumento en la migración, la disminución de los nacimientos y la falta de tecnología en materia de salud que dificultaban el tratamiento de las enfermedades y las infecciones que no permitían una recuperación.

En 1929 debido a que la dinámica de la población no se había repuesto por completo. El presidente Lázaro Cárdenas con el objetivo de poblar a México creó varias iniciativas que desarrollaron La Ley General de Población promulgada en 1936. Donde se establecían incentivos para los migrantes extranjeros y la repatriación a mexicanos que habían dejado el país a causa del conflicto.

En 1947 se promulgó otra Ley General de Población donde en el país ya existía un crecimiento económico y se quería seguir buscando un desarrollo poblacional. En la nueva Ley se impulsaba a aumentar la natalidad, la necesidad de disminuir la mortalidad, y atraer a más migrantes extranjeros a residir en el país.

Debido a las Leyes promulgadas en el año 1950, México contaba con una población con 28.5 millones de habitantes y con 42% de la población total menores a los 15 años. Los efectos se siguieron observando a principios de la

década de los 60 cuando la población total alcanzó a los 34.9 millones de habitantes.

Los datos históricos registran que en México en el año 1930 en la Tasa global de Fecundidad se tenía un promedio de 6 hijos por mujer a lo largo de su vida fértil. Y debido a la Ley y a los incentivos que estaban establecidos en 1968 en la Tasa global de fecundidad, existían un promedio de 7.1 hijos por mujer a lo largo de su vida fértil.

Al observar un crecimiento poblacional tan acelerado en los 70, se preocuparon para controlar la explosión demográfica debido a que ésta podría volver los recursos de país insuficientes ya que se observaban desigualdad en el reparto de éstos.

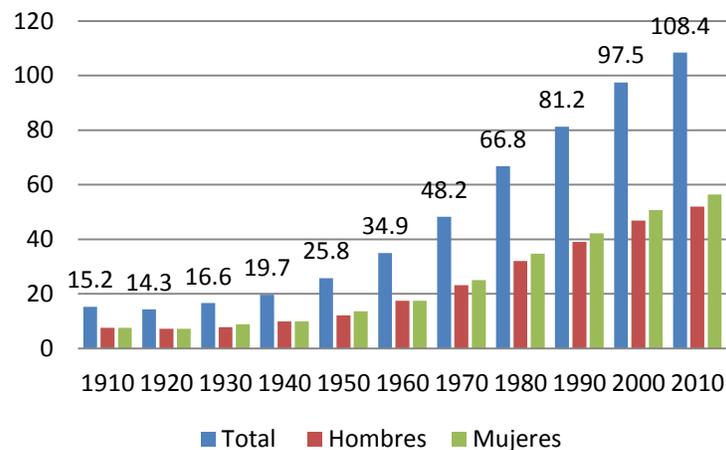
Para 1970 la población de México ya alcanzaba los 50 millones de personas y se pronosticaba que en 25 años se duplicaría la población. A causa de las consternaciones del gobierno, se generó en 1974 la nueva Ley de General de Población, donde se creó el Consejo Nacional de Población (CONAPO) que es el organismo encargado de la planeación demográfica del país.

En la Ley de 1974 se hacía una regulación de la fecundidad a partir de dos estrategias: La primera la difusión de información acerca de la planeación familiar y la segunda se brindaba la información necesaria acerca de la sexualidad, servicios y brindar productos anticonceptivos para evitar embarazos no deseados.

Debido a estos cambios la población Mexicana ya no continuó creciendo en un ritmo tan acelerado como se muestra en la figura 4.1

Figura 4.1

Población Total Diferencial por Género de 1910-2010



Fuente.- CONAPO Censos de Población 1910-2010

Con las medidas implementadas en 1974, en el año de 1980 la Tasa General de Fecundidad registraba un promedio de 4.8 hijos por mujer donde se vio una disminución considerable al promedio de 1968. Hoy en día las mujeres tienen en promedio dos hijos.

En 1984 se planteó mejor los censos que se tenían en ese momento con el objetivo de tener una mejor base de datos de la población Mexicana y para realizarlo se contemplaron los siguientes puntos:

- Simplificación del Cuestionario y el contenido temático.
- Ampliación del periodo de levantamiento.- Debido a que el territorio nacional es bastante extenso es necesario tomarse el tiempo necesario para poder obtener la mejor información posible.
- Actualización Cartográfica.- Poder mapear el lugar del levantamiento vuelve más efectivo realizar el estudio y separa la información geográficamente.
- Campaña de Comunicación Censal.
- El trabajo de Campo.- Tener una mejor estructuración para realizar las encuestas.

Con los puntos anteriores se formaron las bases para los Censos que tenemos hoy en día.

Los censos son de gran importancia porque se tiene toda la información demográfica, social y económica que ayudan a ver la realidad del país y cada una de sus regiones.

La información que brindan los censos es de gran importancia ya que podemos separar los datos que nos interesen conocer, para poder construir bases de datos que nos ayuden a entender el comportamiento de la población por sectores, sexo, localidad, edad, y tema de conocimiento.

La información del INEGI nos permite conocer la mortalidad de México para los años 1990 y 1995 que se puede ver la información en el anexo 4.1.

Tabla 4.1

Esperanza de vida para persona con edad 0 para años 1990 y 1995

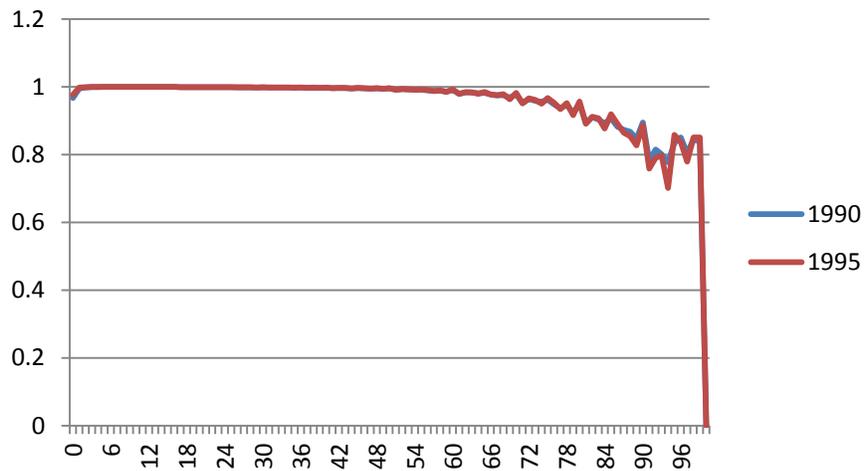
	1990	1995
e_x^0	70	72

Fuente.- Elaboración Propia con datos del INEGI

Como se observa en la tabla 4.1 la edad esperada para una persona de edad 0 en el año 1990 es de 70 años y en el año 1995 es de 72 años se observa como en el transcurso de 5 años aumento considerablemente la edad esperada.

Figura4.2

Tabla de Mortalidad de años 1990 y 1995

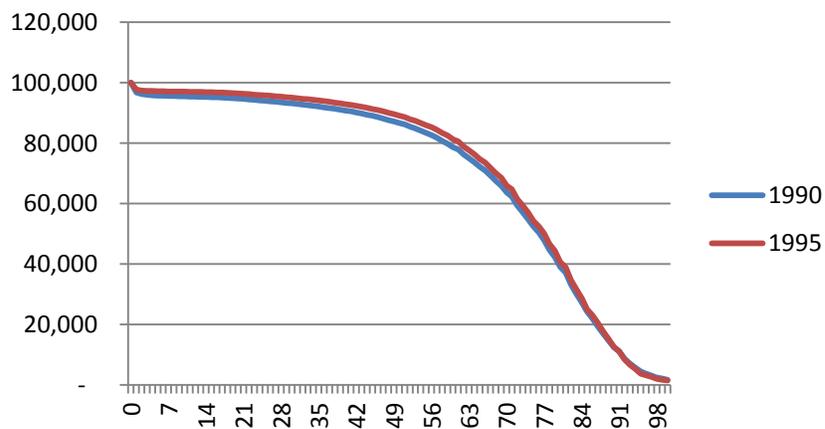


Fuente.- Elaboración propia con datos del INEGI

En la figura 4.2 se observa la probabilidad de vida obtenida con los datos del INEGI no aplicando ningún modelo para obtener los datos por eso no está suavizada y se toma una fuerza de mortalidad constante, como la tabla del Capítulo 2 de la población de Estado Unidos. Sólo se puede apreciar una probabilidad de vida un poco mayor en el año 1995.

Figura 4.3

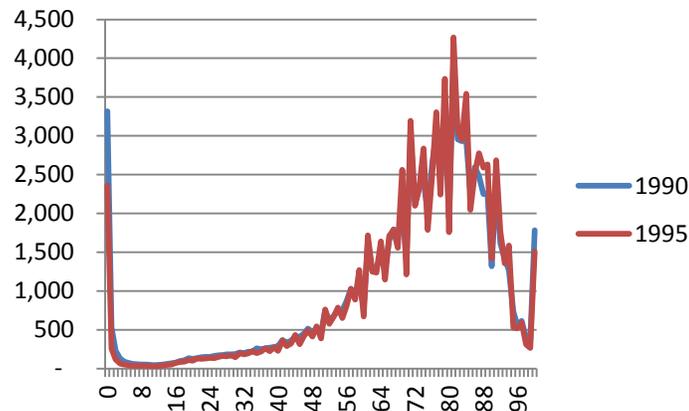
Número de Vivos en la edad x



Fuente.- Elaboración propia con datos del INEGI

En la figura 4.3 se ven el número de sobrevivientes en la edad x y hay una mayor cantidad de supervivientes en el año 1995 desde la edad 1 hasta la edad 88 donde los supervivientes ya se comportan de una manera muy similar.

Figura 4.4
Número de Muertes en la edad x 1990,1995.



Fuente.- Elaboración propia con datos del INEGI

En la figura 4.4 se aprecia que la población de infantes de entre 0 y un año tienen un alarmante número de muertes y se debe a que en nuestro país a los bebés no se les da la atención médica necesaria. También se observa que la mayor cantidad de muertes se registra a la edad de los 80 años para ambos años.

La mortalidad del siglo XX tuvo varios cambios debido a los diferentes acontecimientos del país pero gracias al avance tecnológico en salud y que el país se encuentra en un periodo de paz se ha podido disminuir la población de muerte en el país y vivir más años.

4.2 Composición de la Mortalidad en el Siglo XXI

México en el siglo XXI se encuentra afectado por diferentes factores que los factores de México del siglo XX, como la calidad de vida, la tecnología, no han existido conflictos bélicos, etc.

Con datos del INEGI se construyen tablas de mortalidad que se pueden encontrar en los anexos 4.3, 4.4, 4.5 que se utilizarán para poder analizar cómo se comporta el fenómeno a través de tres periodos 2000, 2005 y 2010 y después se comparan respecto a los años 1990 y 1995.

Tabla 4.2

Esperanza de Vida en México de los periodos 2000, 2005 y 2010

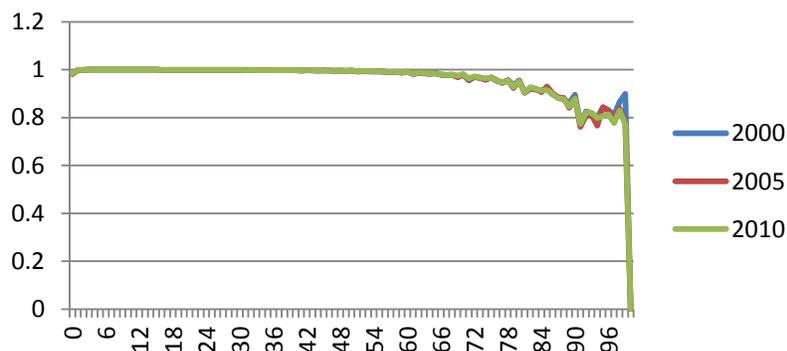
	2000	2005	2010
e_x^0	74.161	74.406	74.6914

Fuente.- Elaboración propia con datos del INEGI

En la tabla 4.1 del apartado anterior se mostró un aumento en la esperanza de vida de 2 años en un periodo de 5 años. En la tabla 4.2 sí se observa un incremento pero no tan significativo como al final del siglo XX a pesar que es el mismo intervalo de tiempo.

Figura 4.5

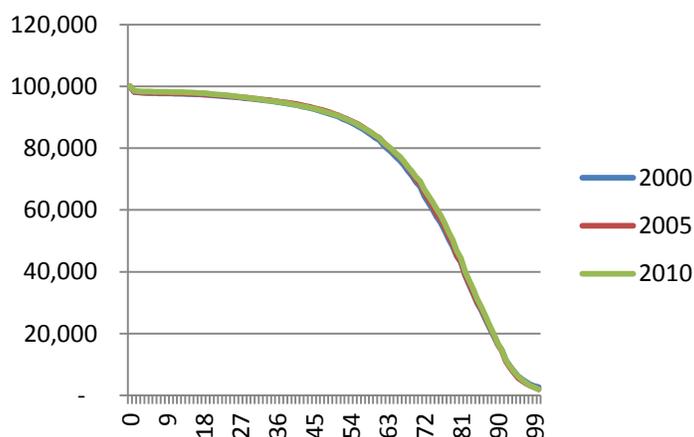
Tabla de mortalidad para los años 2000, 2005, 2010



Fuente.- Elaboración propia con datos del INEGI

En la figura 4.5 se observa como la tendencia de la probabilidad de vida es muy parecida para los tres periodos de tiempo. Solo se presentan algunos cambios alrededor de los 90 años pero no es una diferencia tan significativa.

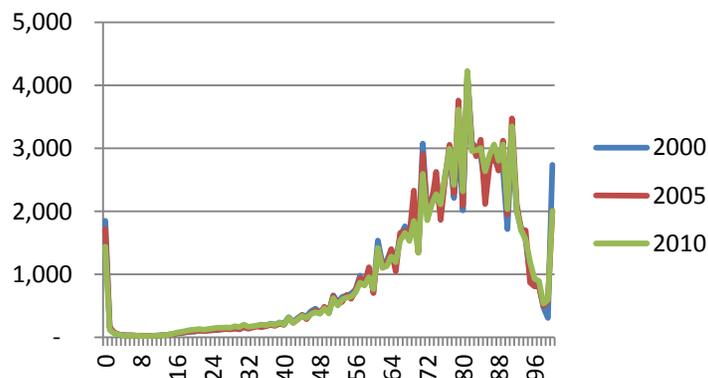
Figura 4.6
Número de vivos en la edad x para los años 2000, 2005, 2010



Fuente.- Elaboración Propia con Datos del INEGI

En la Figura 4.6 se observa que la tendencia del número de sobrevivientes es muy parecida entre los tres periodos, los cambios que existen son mínimos.

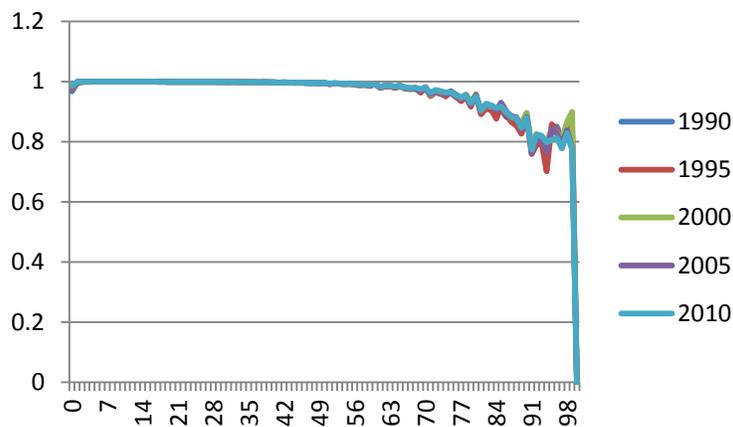
Figura 4.7
Número de Muertes en la edad x 2000, 2005, 2010.



Fuente.- Elaboración propia con datos del INEGI

En la figura 4.7 se aprecia que los infantes que mueren antes del año de vida van disminuyendo con el paso del tiempo, pero la comparada con países desarrollados todavía sigue siendo muy alto el número de muertos en esa edad. Y las tendencias de los tres años siguen siendo muy parecidas y para los tres casos a la edad de 82 es donde se encuentra el número mayor de muertos.

Figura 4.8
Tabla de Mortalidad para años 1990 al 2010

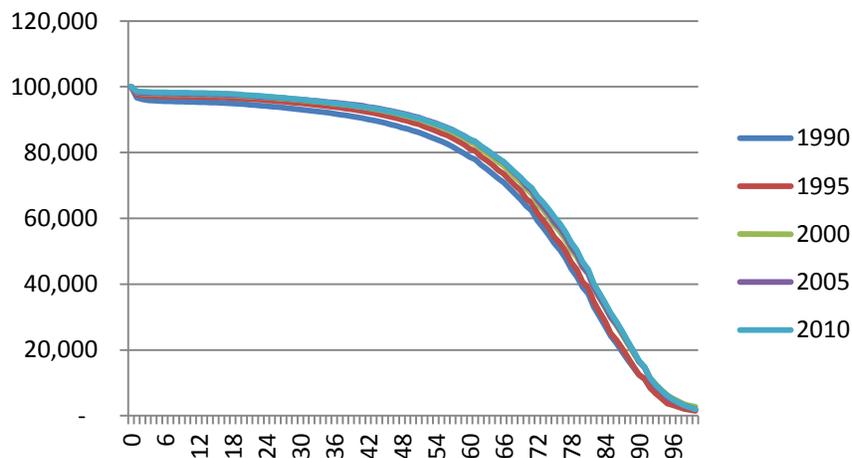


Fuente.- Elaboración Propia con datos del INEGI

En la figura 4.8 se realiza una comparación de la mortalidad desde el 1990 hasta el año 2010 donde se ve un ligero aumento en la probabilidad de vida de los años del siglo XX a los del siglo XXI.

Figura 4.9

Número de vivos a la edad x para años de 1990 a 2010



Fuente.- Elaboración propia con datos del INEGI

En la figura 4.9 se observa como el número de supervivientes tiene un crecimiento en los primeros años pero a partir del año 2000 el número de vivos ya no aumenta en la misma magnitud.

La mortalidad es un fenómeno que siempre está en movimiento y para el caso de México se encuentra en crecimiento donde influyen muchos factores pero con el desarrollo económico y los avances tecnológicos el mexicano cada vez vivirá más.

Es por ello que en el siguiente capítulo se tomarán en cuenta los objetivos del trabajo para poder comprobar nuestra hipótesis.

- Construir un modelo de esperanza de vida que permita medir el comportamiento de este fenómeno para los próximos quince años
 - Construir tablas de mortalidad de México y analizar su comportamiento.
 - Realizar el programa de la tabla de mortalidad

Capítulo

V. Una proyección de la Esperanza de Vida en México mediante la aplicación del Análisis Actuarial de Sobrevivencia

Introducción

En este capítulo se explica y justifica de dónde se obtienen y cuáles son los datos necesarios para realizar los indicadores y así poder empezar a construir la base del modelo.

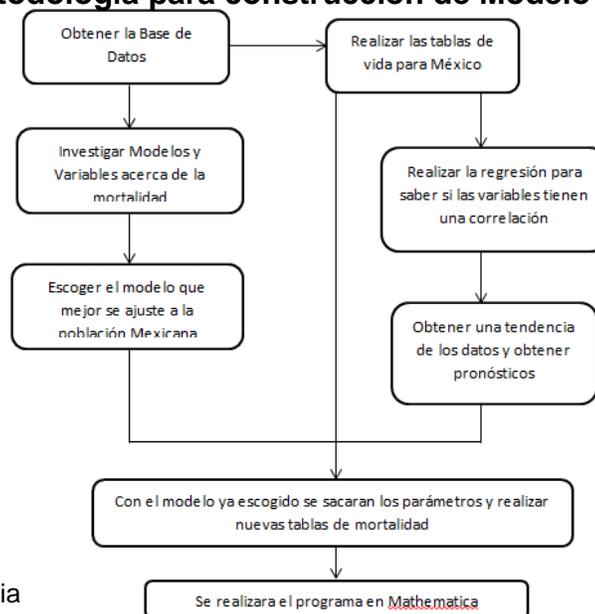
Se analizará el comportamiento de la población Mexicana respecto a la mortalidad para poder aplicar el modelo que mejor explique este fenómeno. Ya con un modelo seleccionado se podrán observar cuáles son las variables que ayuden a obtener probabilidades de muerte más precisas.

Se realizará el Modelo paso a paso utilizando diferentes técnicas vistas a lo largo de la carrera de Actuaría como Cálculo Actuarial, Regresión, Investigación de Operaciones y Programación.

A partir del modelo se analizarán varios puntos para poder ver el comportamiento de la mortalidad de México a través del tiempo. Esto se puede ver en la siguiente figura:

Figura 5.1

Esquema de metodología para construcción de Modelo de Mortalidad



Fuente.- Elaboración propia

5.1 Base de Datos

Para poder realizar el Programa de Esperanza de Vida se necesita obtener la información necesaria para poder realizar todo el análisis.

El INEGI es la principal fuente de información cuando se trata de estudios de la población porque es la institución encargada de hacer los registros de la Población Mexicana y también la encargada de realizar los censos poblacionales realizados cada 4 años.

Debido a que el trabajo se realiza acerca de la población mexicana los datos con los que se trabajó en la investigación son extraídos de la fuente de datos del INEGI.

Los datos que nos interesan de la población son la Población Total y las muertes que ocurrieron en los años que se realiza la investigación con esos datos ya se pueden construir los indicadores necesarios para la investigación.

Para conseguir los datos se consultaron los censos poblacionales de cada uno de los años investigados y en la consulta interactiva de datos para conseguir el registro de las muertes generales, en ambos casos se extrajeron los datos por edad para ver cómo se comporta el fenómeno de la mortalidad en la población mexicana.

5.2 Modelos y Variables

Existen varios modelos diferentes para realizar el cálculo de la probabilidad de muerte y es necesario ver las tendencias de la población para poder aplicar el que mejor se ajuste ya que cada población es diferente y existen diferentes factores que influyen que afectan a la mortalidad de las personas. No es lo mismo la población de África que se enfrenta a la hambruna y a una pobreza extrema, que

una población como Japón que es una potencia Mundial y la calidad de vida es de las mejores del mundo.

En el Capítulo 1 se mencionan los principales modelos con sus respectivos supuestos, para poder realizar un mejor estudio sobre la mortalidad de la población mexicana.

Pero en la investigación de la Actuaría Karina Vargas Cruz que realiza en el año 2014 acerca de la edad máxima estimada de la tabla de mortalidad donde el objetivo del trabajo es encontrar el mejor modelo que ajuste a la población Mexicana para determinar las probabilidades de muerte.

Realizó varias tablas de mortalidad con los diferentes modelos para explicar mejor el fenómeno de la mortalidad mexicana. Donde analiza cada uno de los modelos aplicándoles pruebas estadísticas y teniendo en cuenta el supuesto que no rebase la edad máxima registrada en México de 125 años.

Tabla 5.1
Tabla de Comprobación de Modelos

Modelo implementado	Edad máxima estimada	Prueba Kolmogorov-Smirnov ⁴⁶	Decisión
Extrapolación Polinomial	142 años	D = 0.070554 p-value = 1	Rechazado por la edad
Modelo de Gompertz	144 años	D = 0.07058 p-value = 0.0001	Rechazado por p-value
Modelo de Makeham	160 años	D=06908.0 p-value =0.3763	Rechazado por p-value
Heligman & Pollard	117 años	D=0.31638 p-value =1	Rechazado por D
Coale-Kisker	109 años	D=0.04391 p-value = 0.991	NO rechazado
Modelo Logit	172 años	D=0.07817 p-value = 0	Rechazado por p-value
Modelo Logit CNSF	100 años	D=0.1464 p-value = 0.7064	NO rechazado
Teoría del Valor Extremo (DPG)	101 años	D=0.2064 p-value =0.9997	NO rechazado

Fuente.- Karina Vargas “Cálculo de la edad máxima estimada de la tabla de mortalidad mexicana CNSF2000-I, su importancia y sus aplicaciones”, CNSF, (2014).

Con la tabla 5.1 se puede apreciar que existen tres modelos que se ajustan a la mortalidad mexicana ya que cumplen con la prueba de Kolmogorov-Smirnov y el supuesto de la edad máxima.

Pero debido a que el modelo Coale-Kisker en su elaboración depende del supuesto en los que la edad en la cual comienza a presentar mayor variación en la varianza cuando se modifican altera de manera considerable la edad máxima es descartada.

En el modelo de Logit CNSF tiene un supuesto que nadie puede superar la edad máxima de 100 años sesga los datos y las observaciones en años posteriores no son tomados en cuenta.

Y el último modelo aceptado es el de la Teoría del Valor extremo utiliza la distribución Pareto para determinar la edad umbral en la población mexicana y con este valor suavizar la curva de mortalidad. Además que es la prueba con el valor p más alto determina que este modelo es el que mejor se adapta a la población mexicana.

Se tomará en cuenta el modelo de la Teoría del Valor extremo que como se menciona en el Capítulo 1 se puede tener la combinación de dos o más modelos que eso es en lo que consiste este modelo.

El modelo utiliza el modelo de Gompertz para las edades que son menores a la edad umbral que para el caso de México es de 90 años, y la distribución de Pareto para los años posteriores a la edad umbral.

Donde se quiere minimizar la suma entre los valores reales y los estimados y se tienen las siguientes sumas para ser minimizadas y obtener los parámetros de cada uno de los modelos y así poder determinar las nuevas probabilidades de muerte.

Los parámetros que se utilizan para el caso de Gompertz los son b y c . Donde b debe ser mayor a cero y c debe ser mayor a 1. Y para el modelo de Pareto los parámetros son β y γ . Donde β debe ser mayor a cero.

$$\text{Suma de Gompertz} = \sum_{x=0}^{90} Ex [\ln(\mu(x)) - \ln(b) + x \ln(c)] \quad (5.1)$$

$$\text{Suma de Pareto} = \sum_{91}^{100} Ex [\ln(\mu(x)) + \ln(\beta) + \ln\left(1 + \gamma \frac{(x-90)}{\beta}\right)]^2 \quad (5.2)$$

Suma Óptima= Suma de Pareto+ Suma de Gompertz

Una vez que se tengan los parámetros se calcula la nueva qx ya sea con la función de Gompertz o de Pareto.

$$\text{Gompertz } qx = 1 - e^{-c^x b} \quad (5.3)$$

$$\text{Pareto } qx = 1 - e^{-\frac{1}{y}[\ln(\beta + y(x-90+1)) - \ln(\beta + y(x-90))]} \quad (5.4)$$

5.3 Desarrollo del Modelo

Para la realización del modelo se utilizaron 3 softwares que son:

- Excel Microsoft en sus complementos de análisis de datos llamado Solver
- Programa estadístico SPSS
- Mathematica 8

Con la base de datos extraída del INEGI se obtuvieron los conceptos necesarios para construir una tabla de mortalidad con la metodología mencionada en el Capítulo 2.

Se obtuvo la probabilidad de muerte, la probabilidad de vida, índice de mortalidad, número de supervivientes a edad x , número de muertes en la edad x y la esperanza de vida.

Con las tablas de mortalidad se intenta ver cuál es el comportamiento de la probabilidad de muerte para comprobar si hay una tendencia y ver qué datos son los que explican el fenómeno. La forma de identificar estos comportamientos es realizando una regresión utilizando el software estadístico SPSS.

Al realizar la regresión lineal utilizando las probabilidades de los años 1990 al 2010 se obtienen los siguientes resultados.

Figura 5.2
Valor de R de la regresión

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.552 ^a	.305	.298	24.546
2	.613 ^b	.376	.363	23.379
3	.692 ^c	.479	.452	21.695

a. Variables predictoras: (Constante), Qx1995

b. Variables predictoras: (Constante), Qx1995, Qx2000

c. Variables predictoras: (Constante), Qx1995, Qx2000, Qx2010, Qx1990, Qx2005

Fuente.- Elaboración Propia

En la figura 5.2 se puede apreciar que existen tres modelos que explicarían el fenómeno de la mortalidad pero el último es el que tiene un valor R más alto de casi el 70 por ciento.

En la figura 5.3 se observa la prueba de la ANOVA donde el valor de significancia debe ser menor a .5 para poder rechazar H_0

Figura 5.3
Valor de la ANOVA de la regresión

ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	26200.871	1	26200.871	43.486	.000 ^b
	Residual	59649.129	99	602.516		
	Total	85850.000	100			
2	Regresión	32285.913	2	16142.956	29.535	.000 ^c
	Residual	53564.087	98	546.572		
	Total	85850.000	100			
3	Regresión	41136.462	5	8227.292	17.480	.000 ^d
	Residual	44713.538	95	470.669		
	Total	85850.000	100			

a. Variable dependiente: Edad

b. Variables predictoras: (Constante), Qx1995

c. Variables predictoras: (Constante), Qx1995, Qx2000

d. Variables predictoras: (Constante), Qx1995, Qx2000, Qx2010, Qx1990, Qx2005

Fuente.- Elaboración propia

Ya que cumplió la prueba de la ANOVA hay que comprobar que también cumple la prueba de la t donde la significancia debe ser menor a .1 para que sea válido el modelo

Figura 5.4
Valor de los coeficientes de la regresión

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Correlaciones		
		B	Error tip.	Beta			Orden cero	Parcial	Semiparcial
1	(Constante)	43.186	2.652		16.284	.000			
	Qx1995	141.110	21.399	.552	6.594	.000	.552	.552	.552
2	(Constante)	41.422	2.581		16.051	.000			
	Qx1995	746.664	182.627	2.923	4.088	.000	.552	.382	.326
	Qx2000	-634.599	190.192	-2.386	-3.337	.001	.519	-.319	-.266
3	(Constante)	37.927	2.588		14.656	.000			
	Qx1995	1051.373	307.254	4.116	3.422	.001	.552	.331	.253
	Qx2000	-1431.124	291.033	-5.380	-4.917	.000	.519	-.450	-.364
	Qx1990	987.335	477.175	3.770	2.069	.041	.544	.208	.153
	Qx2005	-1942.963	567.703	-7.514	-3.422	.001	.542	-.331	-.253
	Qx2010	1434.958	460.806	5.553	3.114	.002	.544	.304	.231

a. Variable dependiente: Edad

Fuente.- Elaboración propia

En la Figura 5.4 se puede observar que cumplen con la prueba t y nos da los coeficientes no estandarizados del modelo. Debido a que el modelo 3 cumple con todas las pruebas y su R es mayor se tomará en cuenta el modelo. Y se

puede determinar que todas las variables se toman en cuenta para explicar el fenómeno.

Para realizar el pronóstico se tomarán en cuenta todas las variables debido a que se toma en cuenta el modelo 3. Para cada una de las edades se realiza una gráfica de la tendencia de los datos tomando en cuenta la ecuación para realizar los pronósticos de los años futuros. En el anexo 5.1 se muestran cada una de las funciones y gráficos que explican cada una de las edades.

Con las funciones se determinan las probabilidades de muerte para los años futuros y la esperanza de vida que se pueden apreciar en los anexos 5.2, 5.3, 5.4, 5.5. Determinando también los sobrevivientes en la edad x y los muertos en la edad x .

Con las probabilidades de muerte de cada uno de los periodos de tiempo se implementa el modelo de valores extremos donde se determinarán los parámetros mediante la función de análisis de Datos llamado Solver minimizando las funciones de las sumas vistas en el apartado anterior. Donde se obtienen los siguientes parámetros expresados en la tabla 5.2:

Tabla 5.2
Tabla de Parámetros

AÑO	Gompertz		Pareto	
	B	C	β	γ
1990	0.00194926	1.04379463	4.10177466	-0.42405925
1995	0.00101135	1.05337481	5.69742219	-0.50028885
2000	0.00072174	1.05639415	7.25788526	-0.66455523
2005	0.00062264	1.05859592	5.28572823	-0.57051793
2010	0.00048089	1.06199188	3.34115852	-0.39029026
2015	0.00046027	1.06282858	3.32062413	-0.3773571
2020	0.00047475	1.06338428	6.82960349	-0.61483843
2025	0.00063419	1.06314898	6.84791167	-0.61806415
2030	0.00049805	1.06254834	4.92019319	-0.53184946

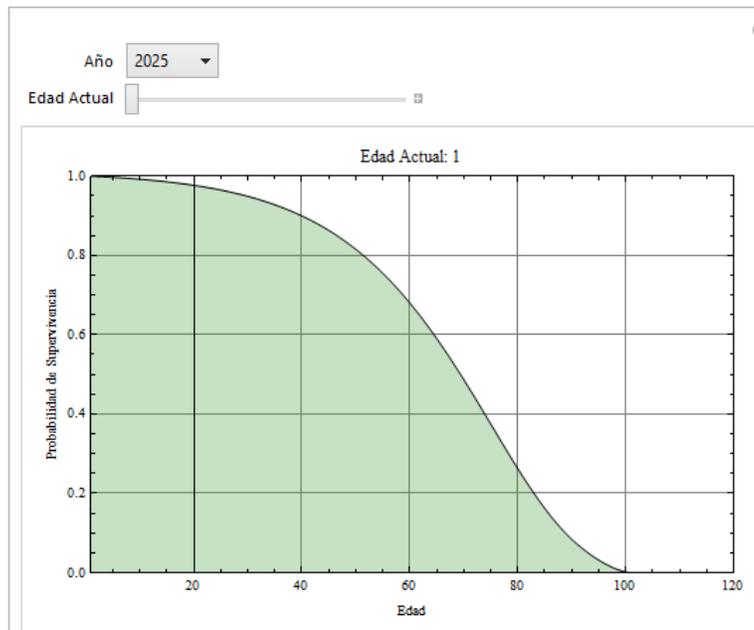
Fuente.- Elaboración Propia

Ya con los parámetros se generan las nuevas probabilidades de vida que se encuentran en el anexo 5.6.

Con las nuevas probabilidades de muerte y los parámetros se puede crear el programa en mathematica 8 tomando de base el programa realizado en Estados Unidos para el caso del año 2000 donde ellos nada más analizan un año pero tomando en cuenta el género. Se realiza el programa donde se puedan ver las tendencias que tiene las probabilidades a través del tiempo y a la edad que tienen. Y podemos seleccionar el año que deseamos ver con más detenimiento y las edades que nos interesan estudiar. En el anexo 5.7 se encuentra el código del programa y en el anexo 5.8 hay un glosario de los comandos utilizados.

Figura 5.5

Imagen del Programa realizado en Mathematica del año 2025

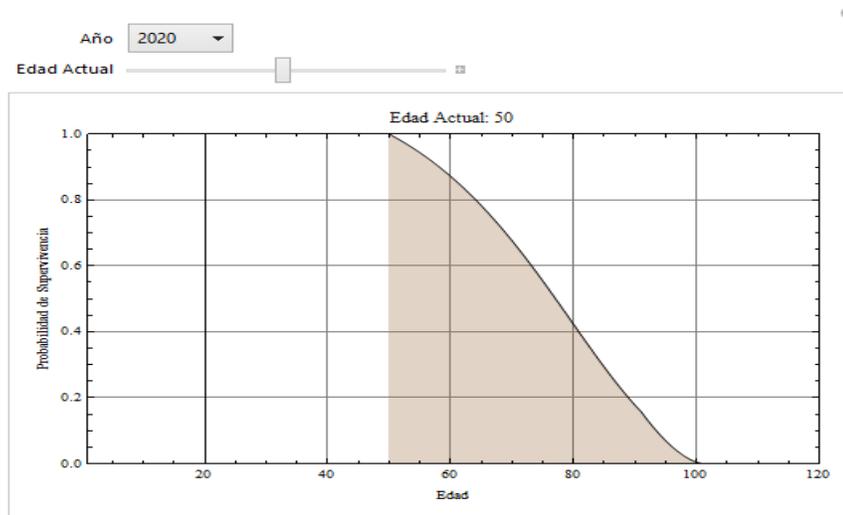


Fuente.- Elaboración propia

En la figura 5.5 se puede apreciar la curva de mortalidad para el año 2025 pero en el programa realizado se puede decidir qué periodo de tiempo queremos apreciar y el conjunto de todas las curvas de mortalidad. Y en la figura 5.6 se observa el comportamiento de la curva por edad del año 2020.

Figura 5.6

Imagen del Programa realizado en Mathematica del año 2020 para edad 50



Fuente.- Elaboración Propia

5.4 Resultados

Se obtuvieron los siguientes resultados a partir del modelo:

- Al realizar las tablas de mortalidad con los datos obtenidos del INEGI se observa el aumento en la esperanza de vida ya que en el 90 es de 70 años y en el año 2010 ya es de 75 años.
- Al obtener los pronósticos se observa que la tendencia en las últimas edades no siguen una tendencia tan marcada como en los primeros años.
- Se observa que en los pronósticos la esperanza de vida va disminuyendo en lugar de ir aumentando, en los primeros pronósticos se debe a que el índice de mortalidad central no podemos obtener el dato como lo obtenemos en las tablas originales y que existen factores que están afectando a la población mexicana.
- A partir de las probabilidades de vida obtenidas a través del modelo de valores extremos se puede ver un ciclo en las probabilidades.

- En el modelo se puede apreciar como la probabilidad de vida en algunos años es mayor a través del tiempo pero en las últimas edades las probabilidades son muy parecidas

Conclusiones

Esta tesis tiene como propósito estudiar la mortalidad mexicana y analizar su comportamiento para ver hacia dónde se dirige y que el trabajo desarrolle interés para seguir analizando el tema.

La hipótesis inicial es que es posible construir un modelo de esperanza de vida que permitirá predecir y simular este fenómeno hasta el 2030 para la población de México.

Por lo tanto gracias al trabajo se comprueba que se pudo desarrollar un modelo para predecir la mortalidad en México para el año 2030.

Y se cumplieron los objetivos del trabajo:

- Conocer la metodología de cómo realizar una tabla de vida
- Construir un modelo de esperanza de vida que permita conocer el comportamiento de este fenómeno para los próximos 15 años

Es necesario seguir realizando estudios de este trabajo, y se recomienda hacer otras investigaciones con:

- Otras curvas de otros modelos de mortalidad
- Diferentes periodos
- Diferentes poblaciones objetivo
- Por alguna enfermedad
- Por Género

Se espera que esta tesis sea considerada como punto de referencia para nuevas investigaciones.

Anexos

Anexo 1.1

Tabla de Mortalidad de Estados Unidos 2010						
(x)	Hombres			Mujeres		
	${}_tq_x$	l_x	e_x^0	${}_tq_x$	l_x	e_x^0
0	0.006680	100,000	76.10	0.005562	100,000	80.94
1	0.000436	99,332	75.62	0.000396	99,444	80.39
2	0.000304	99,289	74.65	0.000214	99,404	79.43
3	0.000232	99,259	73.67	0.000162	99,383	78.44
4	0.000172	99,235	72.69	0.000132	99,367	77.46
5	0.000155	99,218	71.70	0.000117	99,354	76.47
6	0.000143	99,203	70.71	0.000106	99,342	75.47
7	0.000131	99,189	69.72	0.000099	99,332	74.48
8	0.000115	99,176	68.73	0.000093	99,322	73.49
9	0.000096	99,164	67.74	0.000090	99,313	72.50
10	0.000082	99,155	66.74	0.000090	99,304	71.50
11	0.000086	99,147	65.75	0.000096	99,295	70.51
12	0.000125	99,138	64.76	0.000111	99,285	69.52
13	0.000205	99,126	63.76	0.000137	99,274	68.52
14	0.000319	99,106	62.78	0.000170	99,261	67.53
15	0.000441	99,074	61.80	0.000207	99,244	66.54
16	0.000562	99,030	60.82	0.000245	99,223	65.56
17	0.000690	98,975	59.86	0.000282	99,199	64.57
18	0.000820	98,906	58.90	0.000318	99,171	63.59
19	0.000949	98,825	57.95	0.000352	99,139	62.61
20	0.001085	98,731	57.00	0.000388	99,105	61.63
21	0.001213	98,624	56.06	0.000423	99,066	60.66
22	0.001304	98,505	55.13	0.000454	99,024	59.68
23	0.001345	98,376	54.20	0.000476	98,979	58.71

Tabla de Mortalidad de Estados Unidos 2010

(x)	Hombres			Mujeres		
	${}_tq_x$	l_x	e_x^0	${}_tq_x$	l_x	e_x^0
24	0.001350	98,244	53.27	0.000494	98,932	57.74
25	0.001342	98,111	52.34	0.000511	98,883	56.77
26	0.001340	97,980	51.41	0.000531	98,833	55.79
27	0.001342	97,848	50.48	0.000553	98,780	54.82
28	0.001356	97,717	49.55	0.000579	98,726	53.85
29	0.001380	97,584	48.62	0.000608	98,668	52.88
30	0.001408	97,450	47.68	0.000641	98,608	51.92
31	0.001435	97,313	46.75	0.000677	98,545	50.95
32	0.001466	97,173	45.82	0.000719	98,479	49.98
33	0.001499	97,031	44.88	0.000765	98,408	49.02
34	0.001539	96,885	43.95	0.000818	98,332	48.06
35	0.001592	96,736	43.02	0.000879	98,252	47.10
36	0.001660	96,582	42.08	0.000948	98,166	46.14
37	0.001741	96,422	41.15	0.001022	98,073	45.18
38	0.001837	96,254	40.22	0.001100	97,972	44.23
39	0.001953	96,077	39.30	0.001185	97,865	43.27
40	0.002084	95,889	38.37	0.001279	97,749	42.32
41	0.002241	95,689	37.45	0.001387	97,624	41.38
42	0.002439	95,475	36.53	0.001518	97,488	40.43
43	0.002686	95,242	35.62	0.001676	97,340	39.50
44	0.002975	94,986	34.72	0.001858	97,177	38.56
45	0.003297	94,704	33.82	0.002055	96,997	37.63
46	0.003639	94,392	32.93	0.002262	96,797	36.71
47	0.003997	94,048	32.05	0.002480	96,578	35.79
48	0.004366	93,672	31.17	0.002709	96,339	34.88

Tabla de Mortalidad de Estados Unidos 2010

(x)	Hombres			Mujeres		
	tq_x	l_x	e_x^0	tq_x	l_x	e_x^0
49	0.004750	93,263	30.31	0.002947	96,078	33.97
50	0.005156	92,820	29.45	0.003209	95,795	33.07
51	0.005596	92,342	28.60	0.003484	95,487	32.18
52	0.006078	91,825	27.76	0.003751	95,155	31.29
53	0.006605	91,267	26.93	0.004000	94,798	30.40
54	0.007174	90,664	26.10	0.004246	94,418	29.52
55	0.007805	90,013	25.29	0.004520	94,017	28.65
56	0.008464	89,311	24.48	0.004836	93,593	27.77
57	0.009095	88,555	23.69	0.005185	93,140	26.91
58	0.009676	87,750	22.90	0.005570	92,657	26.04
59	0.010245	86,901	22.12	0.006001	92,141	25.19
60	0.010865	86,010	21.34	0.006489	91,588	24.34
61	0.011592	85,076	20.57	0.007046	90,994	23.49
62	0.012444	84,090	19.81	0.007686	90,352	22.65
63	0.013451	83,043	19.05	0.008419	89,658	21.83
64	0.014608	81,926	18.30	0.009249	88,903	21.01
65	0.015927	80,729	17.57	0.010201	88,081	20.20
66	0.017370	79,444	16.84	0.011255	87,182	19.40
67	0.018895	78,064	16.13	0.012372	86,201	18.62
68	0.020484	76,589	15.43	0.013538	85,135	17.84
69	0.022191	75,020	14.75	0.014793	83,982	17.08
70	0.024139	73,355	14.07	0.016233	82,740	16.33
71	0.026364	71,584	13.40	0.017882	81,397	15.59
72	0.028808	69,697	12.75	0.019693	79,941	14.87
73	0.031480	67,689	12.12	0.021671	78,367	14.16

Tabla de Mortalidad de Estados Unidos 2010

(x)	Hombres			Mujeres		
	${}_tq_x$	l_x	e_x^0	${}_tq_x$	l_x	e_x^0
74	0.034442	65,558	11.49	0.023866	76,669	13.46
75	0.037855	63,300	10.89	0.026437	74,839	12.77
76	0.041725	60,904	10.30	0.029368	72,860	12.11
77	0.045932	58,363	9.72	0.032519	70,721	11.46
78	0.050469	55,682	9.17	0.035870	68,421	10.83
79	0.055465	52,872	8.63	0.039555	65,967	10.21
80	0.061179	49,939	8.10	0.043828	63,357	9.61
81	0.067698	46,884	7.60	0.048808	60,580	9.03
82	0.074923	43,710	7.11	0.054434	57,624	8.47
83	0.082891	40,435	6.65	0.060762	54,487	7.93
84	0.091725	37,084	6.21	0.067889	51,176	7.41
85	0.101575	33,682	5.78	0.075926	47,702	6.91
86	0.112568	30,261	5.38	0.084968	44,080	6.44
87	0.124795	26,854	5.00	0.095093	40,335	5.99
88	0.138305	23,503	4.64	0.106352	36,499	5.56
89	0.153107	20,253	4.30	0.118777	32,617	5.17
90	0.169195	17,152	3.99	0.132384	28,743	4.80
91	0.186543	14,250	3.70	0.147181	24,938	4.45
92	0.205115	11,592	3.44	0.163161	21,268	4.13
93	0.224867	9,214	3.20	0.180314	17,798	3.84
94	0.245744	7,142	2.98	0.198615	14,588	3.58
95	0.266454	5,387	2.79	0.217125	11,691	3.34
96	0.286625	3,952	2.62	0.235558	9,153	3.13
97	0.305869	2,819	2.47	0.253602	6,997	2.94
98	0.323783	1,957	2.34	0.270923	5,222	2.76

Tabla de Mortalidad de Estados Unidos 2010

(x)	Hombres			Mujeres		
	${}_tq_x$	l_x	e_x^0	${}_tq_x$	l_x	e_x^0
99	0.339972	1,323	2.22	0.287178	3,807	2.60
100	0.356971	873	2.10	0.304409	2,714	2.45
101	0.374819	562	1.99	0.322673	1,888	2.31
102	0.393560	351	1.88	0.342033	1,279	2.17
103	0.413238	213	1.78	0.362555	841	2.03
104	0.433900	125	1.68	0.384309	536	1.91
105	0.455595	71	1.59	0.407367	330	1.79
106	0.478375	39	1.50	0.431809	196	1.67
107	0.502293	20	1.41	0.457718	111	1.56
108	0.527408	10	1.32	0.485181	60	1.45
109	0.553778	5	1.24	0.514292	31	1.35
110	0.581467	2	1.17	0.545149	15	1.26
111	0.610541	1	1.09	0.577858	7	1.17
112	0.641068	0	1.02	0.612530	3	1.08
113	0.673121	0	0.95	0.649282	1	1.00
114	0.706777	0	0.89	0.688238	0	0.92
115	0.742116	0	0.83	0.729533	0	0.84
116	0.779222	0	0.77	0.773305	0	0.77
117	0.818183	0	0.71	0.818183	0	0.71
118	0.859092	0	0.66	0.859092	0	0.66
119	0.902047	0	0.60	0.902047	0	0.60

Fuente.- Página oficial de seguridad social de Estados Unidos

Anexo 4.1.- Elaboración propia con datos del INEGI

Tabla de Mortalidad de México 1990								
x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0
0	0.0331853	70	38	0.00297384	38	76	0.05239395	10
1	0.00550115	72	39	0.00302986	37	77	0.06325824	9
2	0.00236298	71	40	0.00317743	36	78	0.05394408	9
3	0.00136973	70	41	0.00406924	35	79	0.07721023	8
4	0.00094597	70	42	0.00369421	34	80	0.04975085	8
5	0.00073982	69	43	0.00399092	34	81	0.10746848	7
6	0.00063946	68	44	0.00463415	33	82	0.08916265	7
7	0.00058131	67	45	0.0045848	32	83	0.09707651	7
8	0.00054336	66	46	0.00509374	31	84	0.10792494	7
9	0.00056559	65	47	0.0058577	30	85	0.09310906	6
10	0.00048736	64	48	0.00535722	29	86	0.1177345	6
11	0.00048119	63	49	0.00595968	28	87	0.12746686	6
12	0.00048668	62	50	0.00535908	28	88	0.13268194	6
13	0.00052648	61	51	0.00870939	27	89	0.15300562	5
14	0.00062407	60	52	0.00724961	26	90	0.1058433	5
15	0.00070044	59	53	0.00801884	25	91	0.21831901	5
16	0.00080575	58	54	0.0089151	24	92	0.18565293	5
17	0.00100966	57	55	0.00906078	24	93	0.19920708	5
18	0.00111841	56	56	0.01051655	23	94	0.22291065	5
19	0.00139296	55	57	0.01259763	22	95	0.16583875	5
20	0.00134615	54	58	0.01162722	21	96	0.14967958	5
21	0.00143186	53	59	0.01405168	21	97	0.19661017	5
22	0.00154204	52	60	0.00999702	20	98	0.15505945	5
23	0.00158068	51	61	0.02086497	19	99	0.16186617	5
24	0.00158406	51	62	0.01656684	18	100	1	5
25	0.001747	50	63	0.01746474	18			
26	0.00183559	49	64	0.01936297	17			
27	0.00188398	48	65	0.01776547	16			
28	0.00196202	47	66	0.02330097	16			
29	0.00198162	46	67	0.02592158	15			
30	0.0020158	45	68	0.02457969	14			
31	0.00225421	44	69	0.03207327	14			
32	0.00213788	43	70	0.02175511	13			
33	0.00233095	42	71	0.04796494	12			
34	0.00240708	41	72	0.0361232	12			
35	0.00282973	41	73	0.04130292	11			
36	0.00271308	40	74	0.04410367	11			
37	0.002866	39	75	0.03839715	10			

Anexo 4.2.- Elaboración propia con datos del INEGI

Tabla de Mortalidad de México 1995								
x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0	X	Qx	e_x^0
0	0.02358354	72	38	0.00239599	38	76	0.04754196	10
1	0.00264003	73	39	0.00294472	37	77	0.06614248	9
2	0.00121173	72	40	0.0024515	36	78	0.04801884	9
3	0.00068193	71	41	0.00392655	35	79	0.08404357	8
4	0.00053702	70	42	0.00315698	35	80	0.0432189	8
5	0.00043747	69	43	0.00351704	34	81	0.10968122	7
6	0.00034788	68	44	0.00472307	33	82	0.08846221	7
7	0.00034804	67	45	0.00346082	32	83	0.09324601	7
8	0.00035486	66	46	0.00458374	31	84	0.12367829	6
9	0.00035114	65	47	0.00540864	30	85	0.08142011	6
10	0.00030895	64	48	0.00460396	29	86	0.10937593	6
11	0.0003457	63	49	0.00607597	29	87	0.13518071	5
12	0.00033674	62	50	0.00434206	28	88	0.14586512	5
13	0.00039485	61	51	0.0086	27	89	0.17355045	5
14	0.00051274	60	52	0.00658129	26	90	0.11287659	5
15	0.00054283	59	53	0.00770464	25	91	0.24139373	4
16	0.00073643	59	54	0.00909043	24	92	0.20964141	4
17	0.00088313	58	55	0.00757495	24	93	0.20344011	4
18	0.00091325	57	56	0.00946601	23	94	0.29869409	4
19	0.00114947	56	57	0.01220814	22	95	0.14185734	5
20	0.00105217	55	58	0.01066935	21	96	0.16242914	5
21	0.00133375	54	59	0.01539699	21	97	0.22113111	5
22	0.00130379	53	60	0.00825916	20	98	0.14952752	5
23	0.00134242	52	61	0.02133848	19	99	0.15000524	4
24	0.00144594	51	62	0.01588195	18	100	1	4
25	0.00140525	50	63	0.015978	18			
26	0.00157855	49	64	0.02149769	17			
27	0.00168868	48	65	0.01535318	16			
28	0.00165684	47	66	0.02325849	16			
29	0.00180301	46	67	0.02495072	15			
30	0.00154564	45	68	0.02221683	14			
31	0.00209444	45	69	0.03744604	14			
32	0.00193789	44	70	0.01841882	13			
33	0.00209168	43	71	0.04934919	12			
34	0.00240064	42	72	0.0341007	12			
35	0.002129	41	73	0.03889361	11			
36	0.00233465	40	74	0.04969676	11			
37	0.00279846	39	75	0.03293205	10			

Anexo 4.3.- Elaboración propia con datos del INEGI

Tabla de Mortalidad de México 2000								
x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0	X	Qx	e_x^0
0	0.01849252	74	38	0.00217303	40	76	0.04574115	11
1	0.0016718	75	39	0.00242764	39	77	0.05495248	10
2	0.00075655	74	40	0.00231606	38	78	0.04387479	10
3	0.00050418	73	41	0.00339073	37	79	0.06541256	9
4	0.00038965	72	42	0.00262798	36	80	0.04476136	9
5	0.00034158	71	43	0.00331027	35	81	0.0968755	8
6	0.00032289	70	44	0.00382715	34	82	0.07952607	8
7	0.00028494	69	45	0.00363457	33	83	0.08400697	8
8	0.00028974	68	46	0.00448872	32	84	0.08804046	7
9	0.00030183	67	47	0.00494588	31	85	0.08001974	7
10	0.00027911	66	48	0.00433881	31	86	0.1031078	7
11	0.00030418	65	49	0.00504014	30	87	0.11522753	6
12	0.00032524	64	50	0.00436046	29	88	0.12291508	6
13	0.00037014	63	51	0.00739201	28	89	0.13916728	6
14	0.00045792	62	52	0.0061821	27	90	0.1041528	6
15	0.000519	61	53	0.00723707	26	91	0.22129998	5
16	0.00067864	60	54	0.00752672	26	92	0.17430219	6
17	0.00072147	59	55	0.00791749	25	93	0.1828667	6
18	0.00082907	58	56	0.0087113	24	94	0.19924288	6
19	0.00098036	57	57	0.01138316	23	95	0.15823045	6
20	0.00096923	56	58	0.01004196	22	96	0.16824662	6
21	0.00115311	55	59	0.0124552	22	97	0.1903874	7
22	0.00106618	54	60	0.0089797	21	98	0.13515427	7
23	0.00114511	53	61	0.01861644	20	99	0.10133254	7
24	0.00118881	52	62	0.01441969	20	100	1	7
25	0.0012668	52	63	0.01516675	19			
26	0.00133773	51	64	0.01775973	18			
27	0.0014185	50	65	0.01560854	17			
28	0.0014052	49	66	0.02110049	17			
29	0.00151115	48	67	0.02368712	16			
30	0.00143822	47	68	0.02149349	15			
31	0.00182996	46	69	0.02979114	15			
32	0.00158001	45	70	0.02052184	14			
33	0.00176151	44	71	0.04547527	13			
34	0.0019228	43	72	0.0300662	13			
35	0.0020939	42	73	0.03525611	12			
36	0.00200925	41	74	0.04042476	12			
37	0.00231255	40	75	0.03429562	11			

Anexo 4.4.- Elaboración propia con datos del INEGI

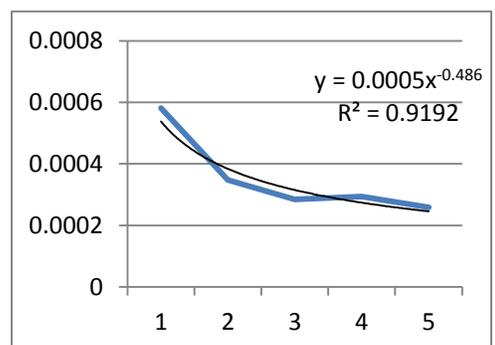
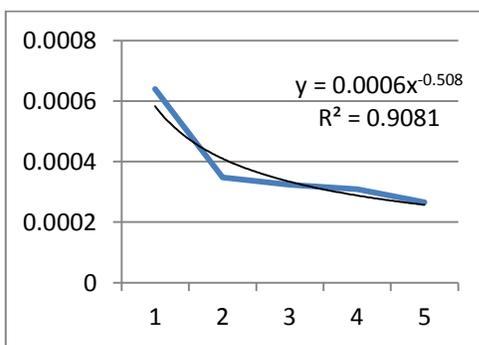
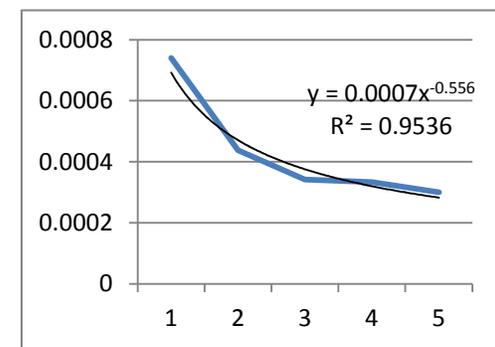
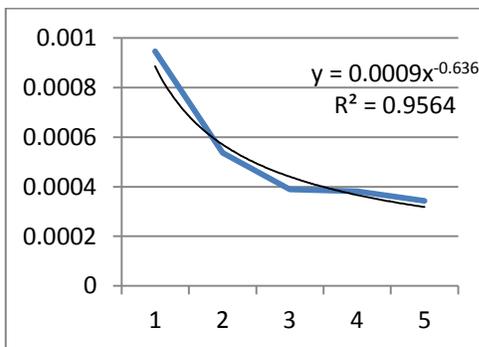
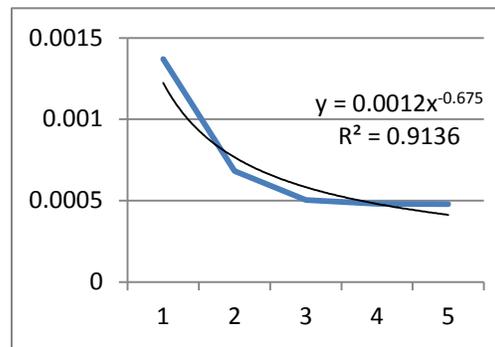
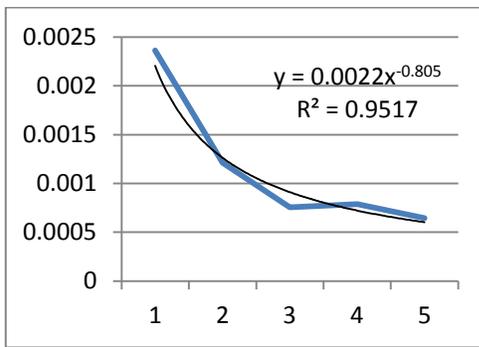
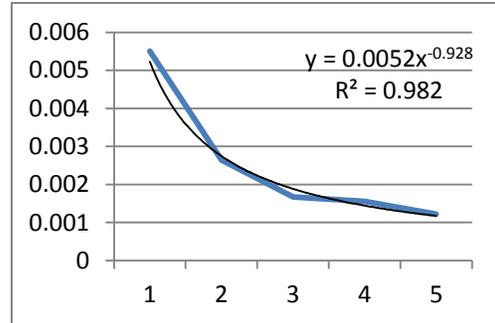
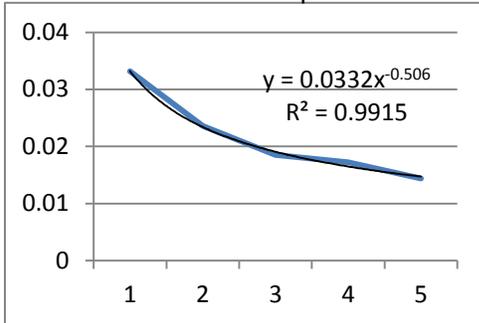
Tabla de Mortalidad de México 2005								
x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0	X	Qx	e_x^0
0	0.01725254	74	38	0.00194109	40	76	0.04416496	10
1	0.00155542	75	39	0.00233736	39	77	0.05609972	10
2	0.00078915	74	40	0.002112	38	78	0.044382	9
3	0.00048164	73	41	0.00327362	37	79	0.07648069	9
4	0.00038102	72	42	0.00249668	36	80	0.04613041	9
5	0.00033361	71	43	0.00305986	35	81	0.09594156	8
6	0.00030868	70	44	0.00379335	34	82	0.07866314	8
7	0.0002941	69	45	0.00309048	33	83	0.07969518	7
8	0.00027941	68	46	0.00410069	32	84	0.09443931	7
9	0.00029434	67	47	0.00462076	32	85	0.07047708	7
10	0.00027716	66	48	0.00417549	31	86	0.09860465	6
11	0.00029042	65	49	0.00532813	30	87	0.11530809	6
12	0.0002882	64	50	0.00430455	29	88	0.1187087	5
13	0.00036757	63	51	0.00728869	28	89	0.15889266	5
14	0.00044282	62	52	0.00582469	27	90	0.11799494	5
15	0.00052977	61	53	0.00632342	26	91	0.23851822	4
16	0.00063123	60	54	0.00758514	26	92	0.19079225	5
17	0.00077391	59	55	0.00694145	25	93	0.19033985	5
18	0.00084132	58	56	0.00851688	24	94	0.23373771	5
19	0.00096996	57	57	0.01081508	23	95	0.15602615	5
20	0.0009859	56	58	0.00982363	22	96	0.17184207	5
21	0.00109613	55	59	0.01306154	22	97	0.20770128	4
22	0.00107851	54	60	0.00835235	21	98	0.16236162	5
23	0.00111713	54	61	0.01695827	20	99	0.22184247	4
24	0.00121624	53	62	0.01438177	19	100	1	4
25	0.00119751	52	63	0.01416128	19			
26	0.00134487	51	64	0.0176204	18			
27	0.00135859	50	65	0.01339493	17			
28	0.00134109	49	66	0.02150933	16			
29	0.00151663	48	67	0.0223871	16			
30	0.00134169	47	68	0.02163547	15			
31	0.00170589	46	69	0.03224528	14			
32	0.00145821	45	70	0.01925553	14			
33	0.00166536	44	71	0.04247733	13			
34	0.00183656	43	72	0.02987753	13			
35	0.00174065	42	73	0.03341097	12			
36	0.00185831	41	74	0.04267411	12			
37	0.00209803	41	75	0.03164705	11			

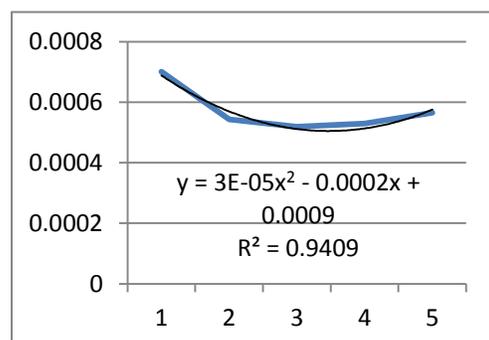
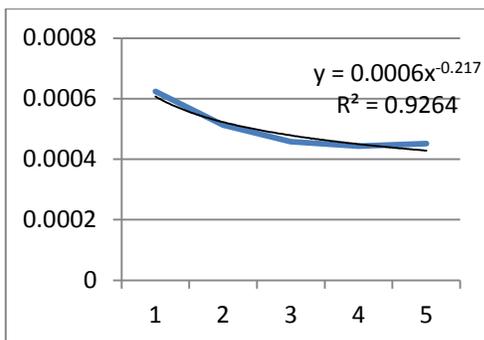
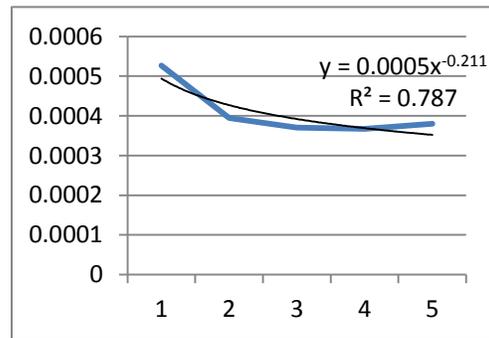
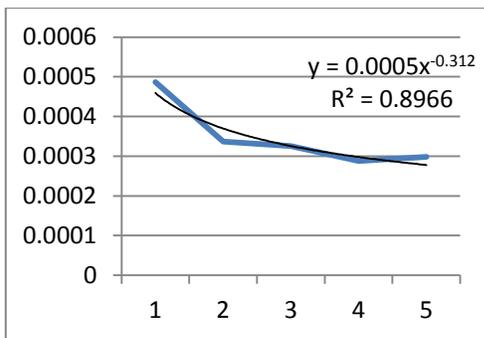
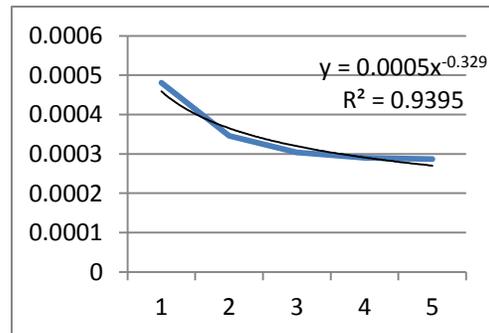
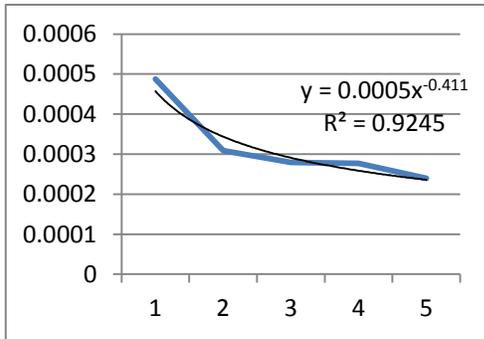
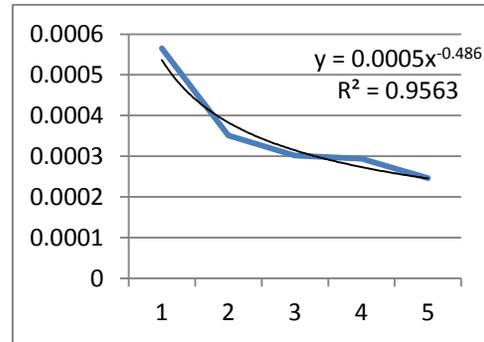
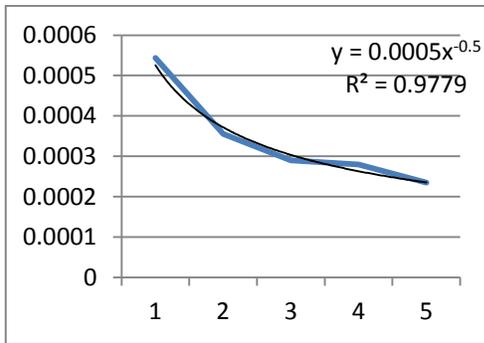
Anexo 4.5.- Elaboración propia con datos del INEGI

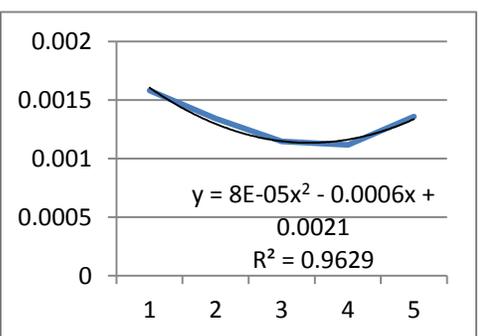
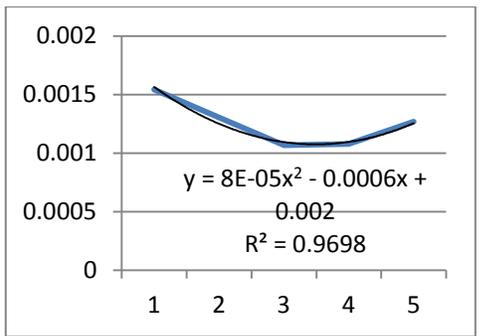
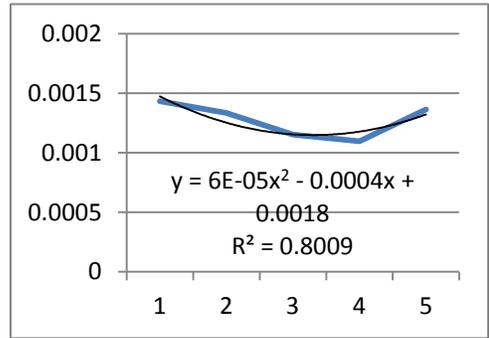
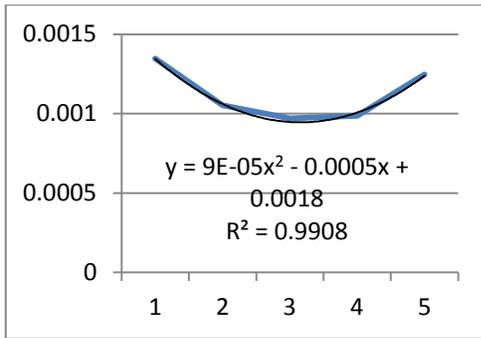
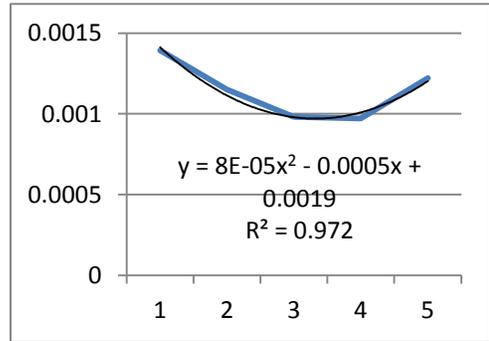
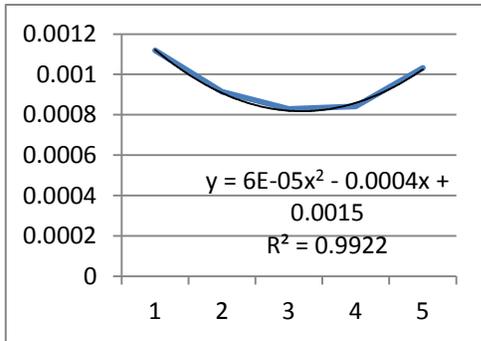
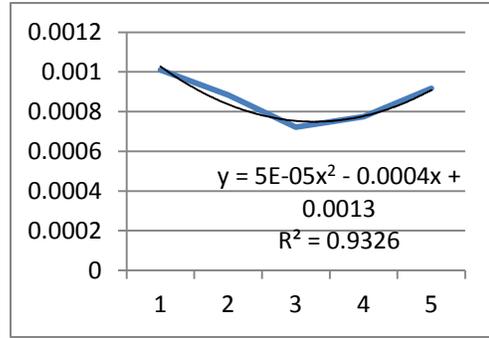
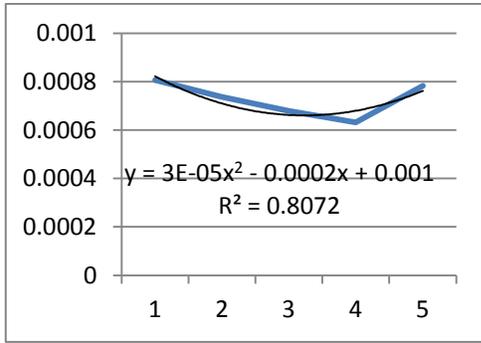
Tabla de Mortalidad de México 2010								
x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0	X	Qx	e_x^0
0	0.01440833	75	38	0.00209071	40	76	0.0439567	10
1	0.0012168	75	39	0.00254563	39	77	0.05372004	10
2	0.00064553	74	40	0.00218622	38	78	0.04580655	9
3	0.00047906	73	41	0.00333578	37	79	0.07177939	9
4	0.00034266	72	42	0.00242798	36	80	0.04960287	9
5	0.00030068	71	43	0.00310211	35	81	0.09510485	8
6	0.00026546	70	44	0.0036676	34	82	0.07346557	8
7	0.00025875	69	45	0.00335763	34	83	0.07967229	7
8	0.00023504	68	46	0.00402246	33	84	0.08771347	7
9	0.0002459	67	47	0.00435669	32	85	0.08427295	6
10	0.00023928	66	48	0.00411736	31	86	0.10115233	6
11	0.00028673	65	49	0.00506111	30	87	0.11891333	6
12	0.00029791	64	50	0.00418736	29	88	0.12352802	5
13	0.00038011	63	51	0.0068826	28	89	0.15385594	5
14	0.00045137	62	52	0.00564849	28	90	0.12102837	5
15	0.00056557	61	53	0.00674558	27	91	0.22645874	4
16	0.00078286	60	54	0.00715621	26	92	0.17722343	5
17	0.00091662	59	55	0.00734222	25	93	0.18019886	5
18	0.00103158	58	56	0.00818438	24	94	0.20200426	4
19	0.00122105	57	57	0.010019	23	95	0.19345899	4
20	0.00124574	56	58	0.00959708	23	96	0.18746799	4
21	0.00136191	56	59	0.01123467	22	97	0.22236525	4
22	0.00126737	55	60	0.00911388	21	98	0.17166066	4
23	0.00135857	54	61	0.01704684	20	99	0.22753955	4
24	0.0014599	53	62	0.01346035	20	100	1	4
25	0.0015797	52	63	0.01400929	19			
26	0.00159141	51	64	0.01610203	18			
27	0.00161787	50	65	0.01522937	17			
28	0.0015768	49	66	0.01990497	17			
29	0.00184419	48	67	0.02187584	16			
30	0.00172643	47	68	0.02071536	15			
31	0.0021216	46	69	0.02552863	15			
32	0.00177318	45	70	0.01906057	14			
33	0.00188263	44	71	0.03744707	13			
34	0.00199251	44	72	0.02788476	13			
35	0.00214084	43	73	0.03250068	12			
36	0.00204841	42	74	0.03624606	12			
37	0.00224858	41	75	0.03491101	11			

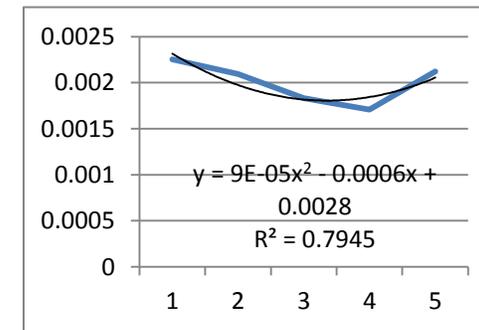
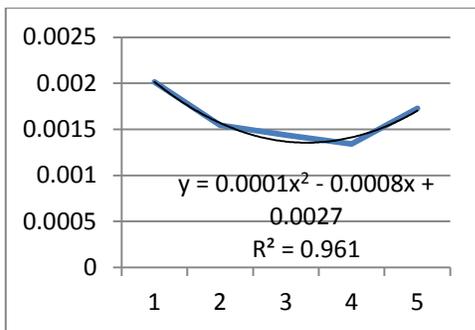
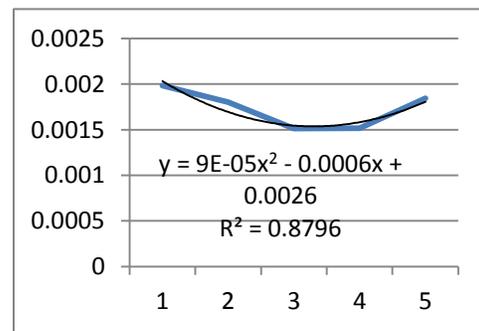
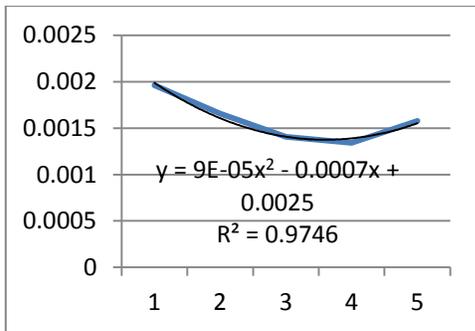
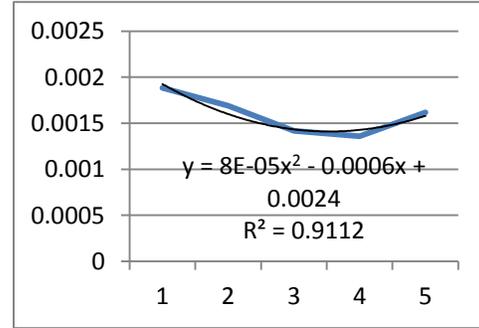
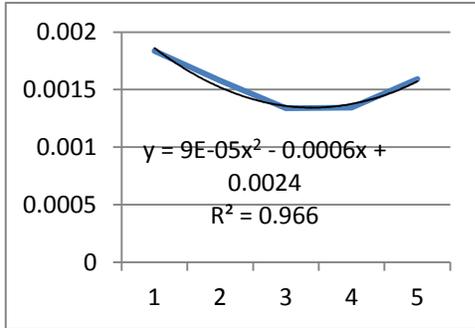
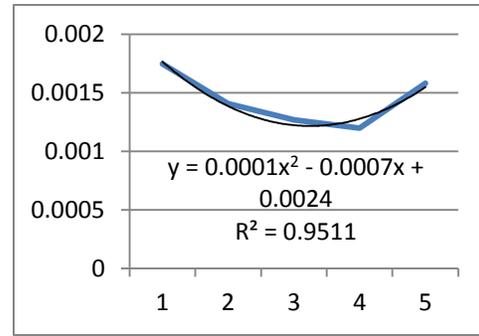
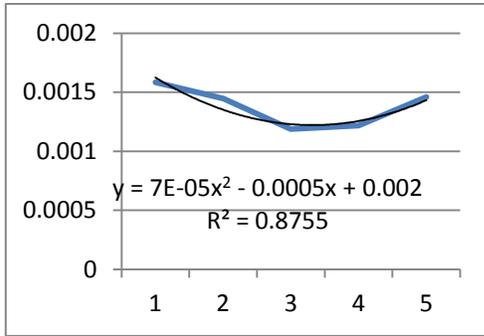
Anexo 5.1.- Gráficas de tendencias para todas las edades elaboración propia con datos del INEGI

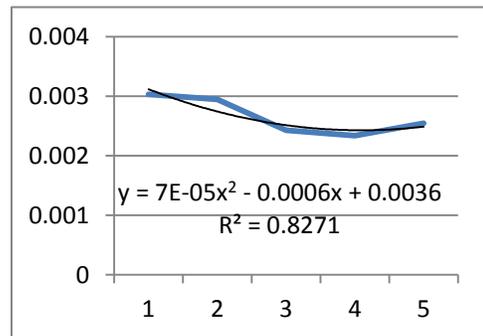
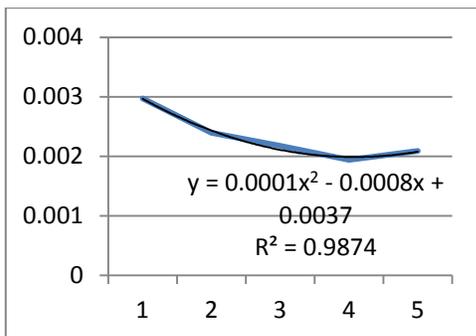
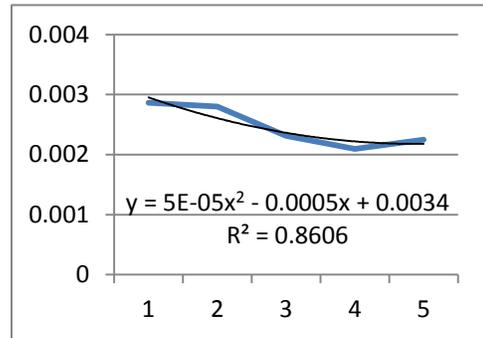
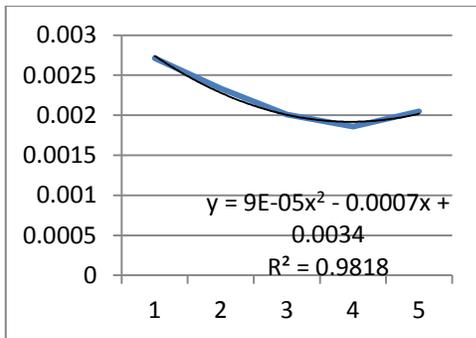
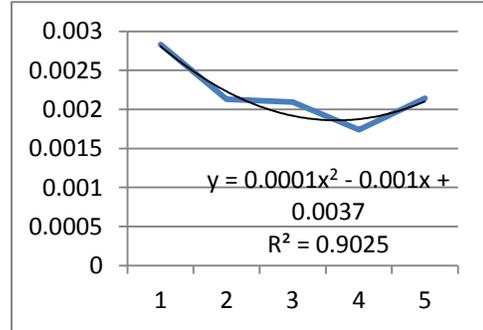
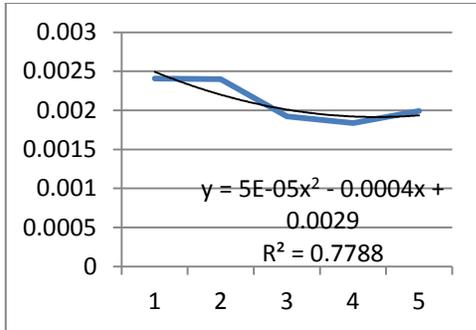
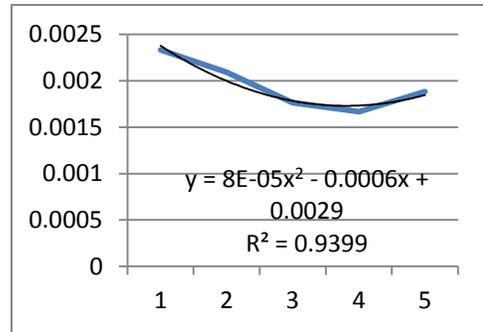
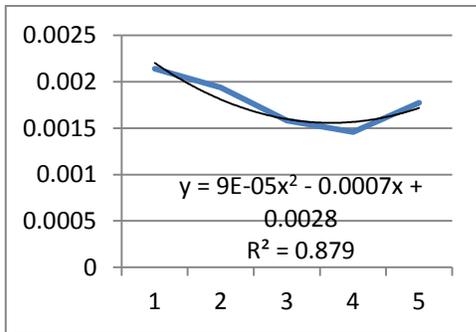
Fuente.- Elaboración Propia

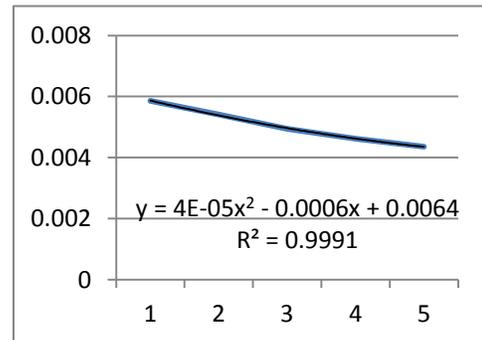
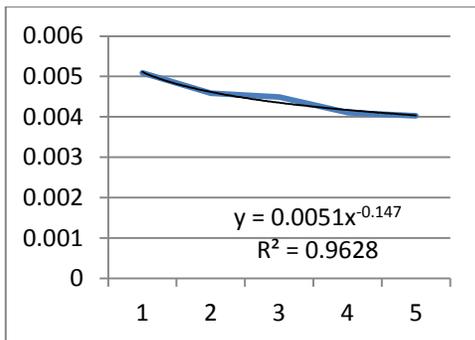
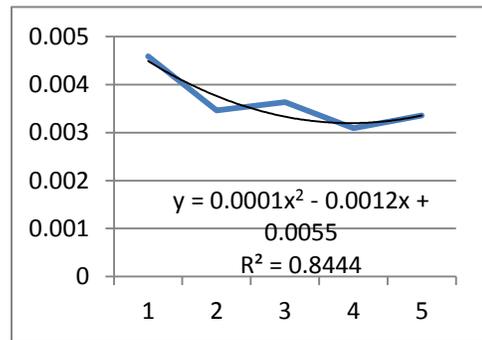
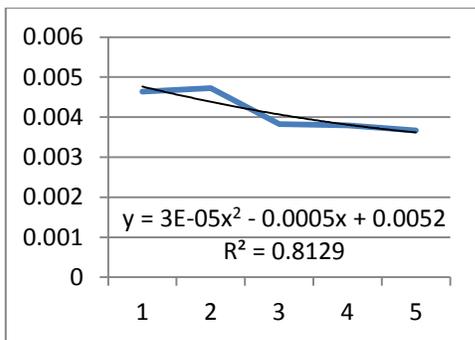
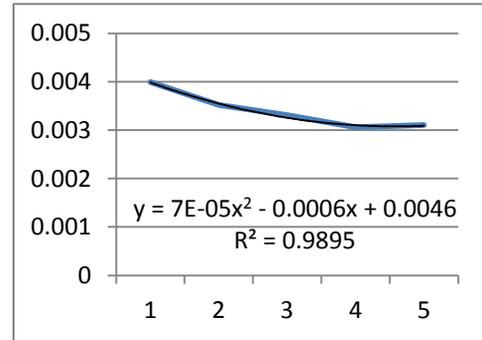
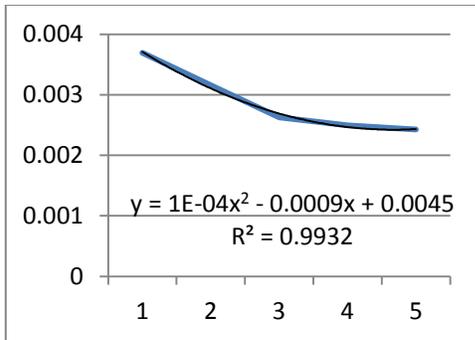
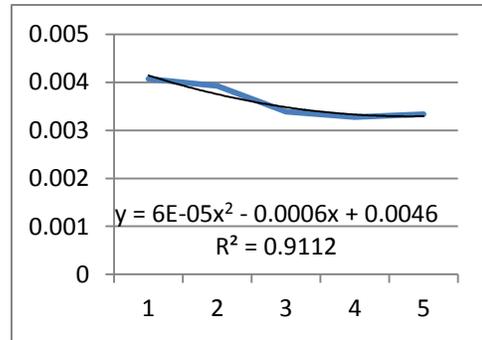
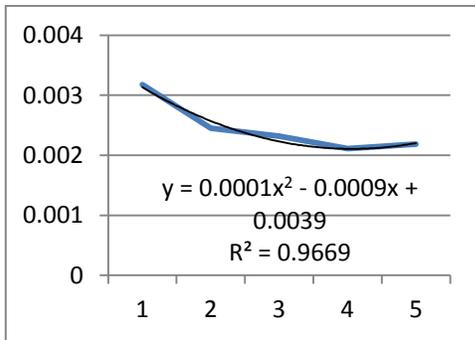


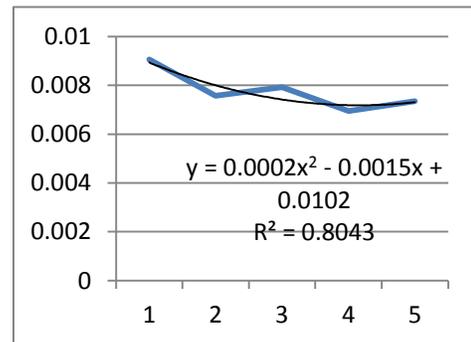
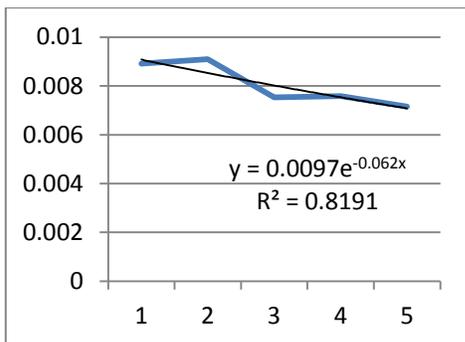
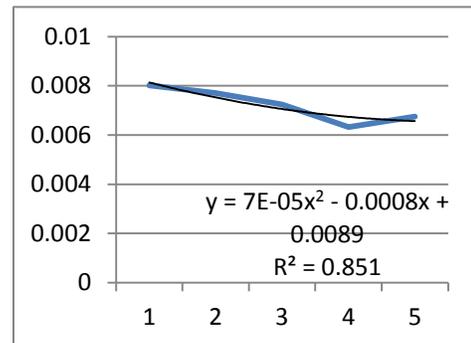
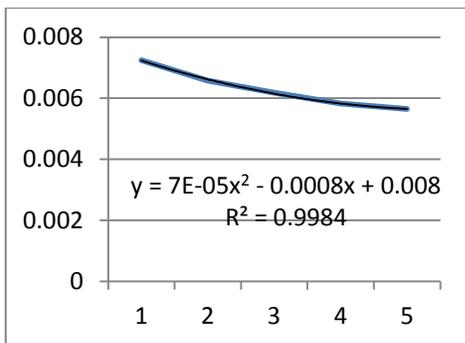
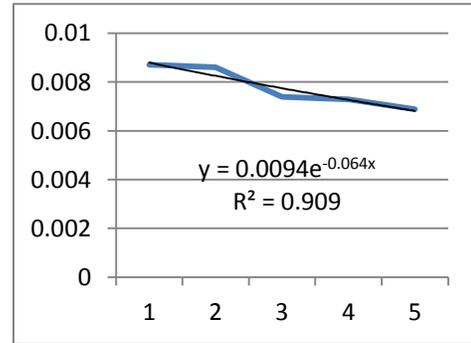
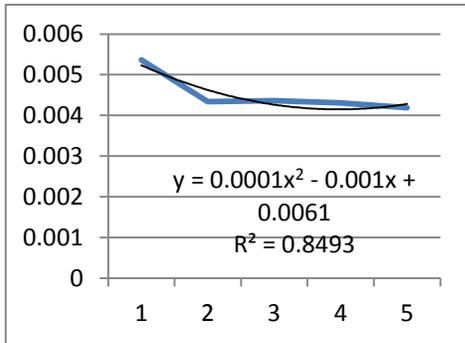
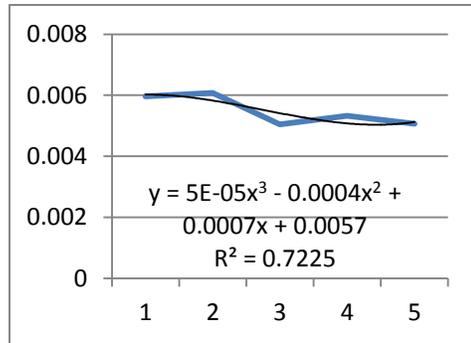
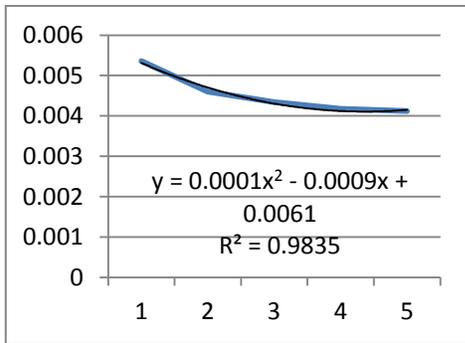


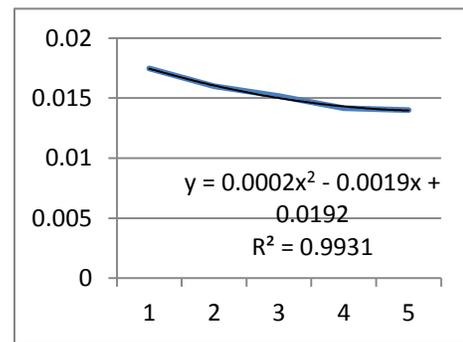
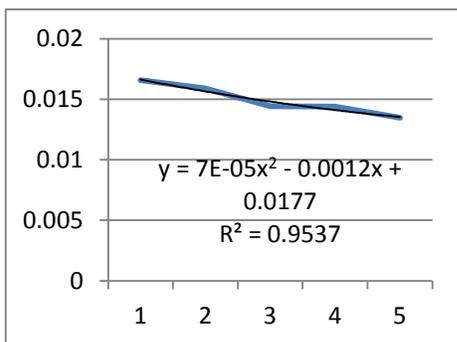
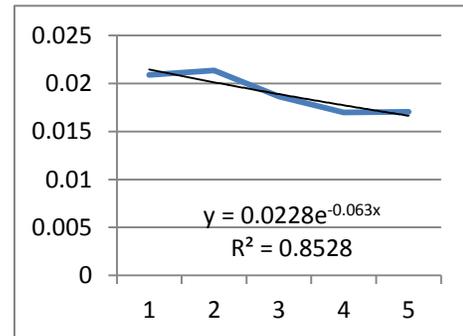
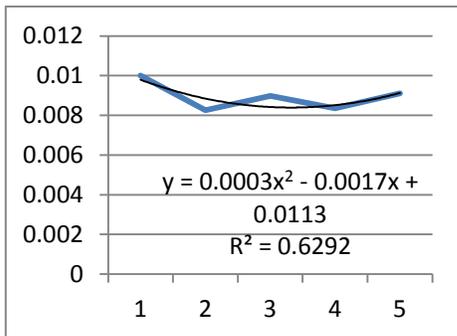
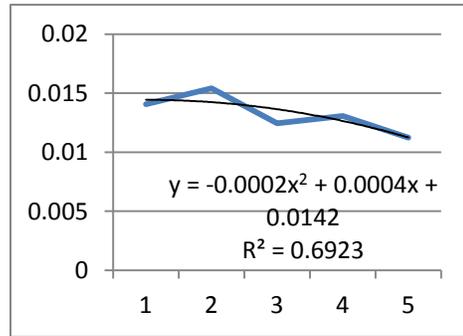
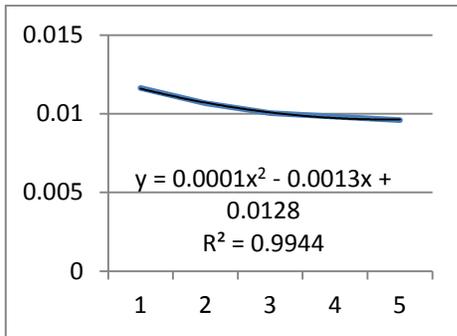
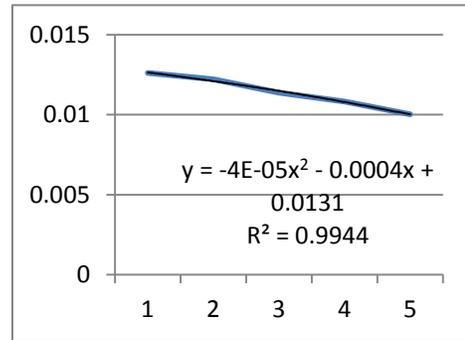
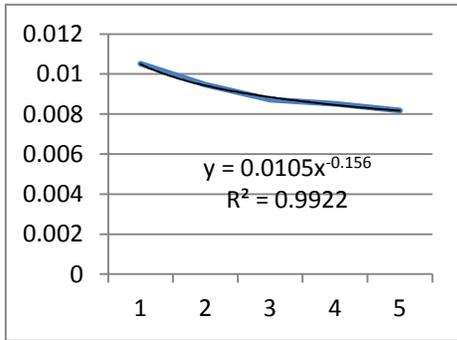


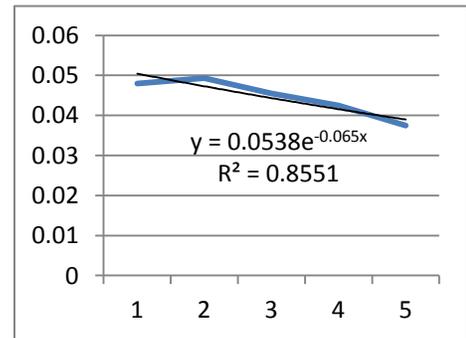
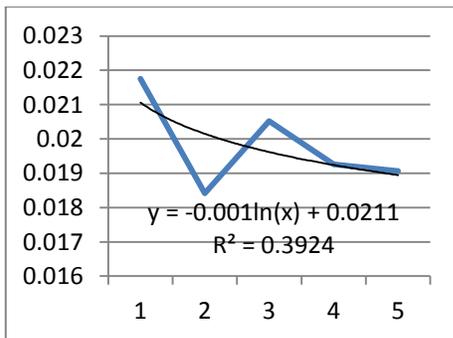
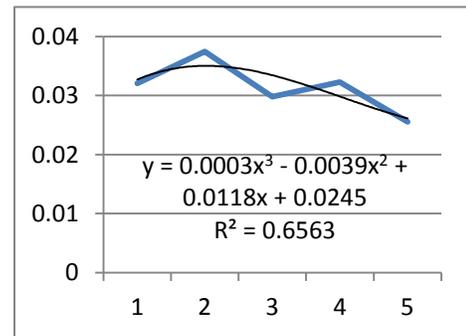
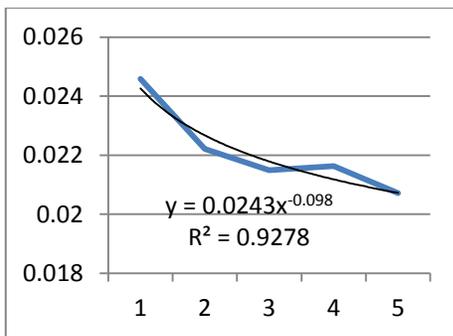
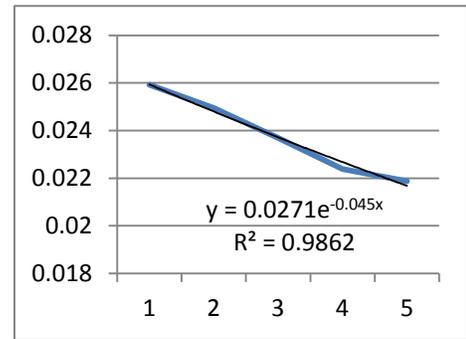
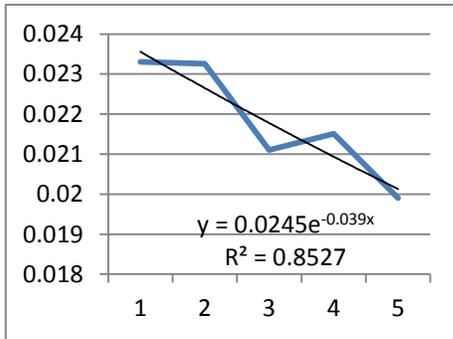
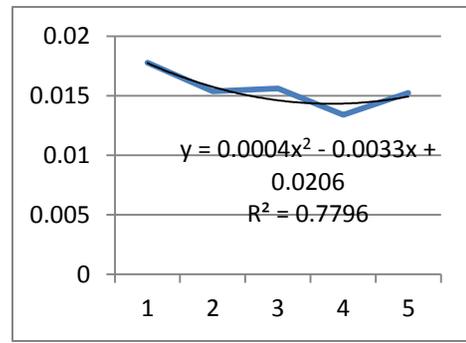
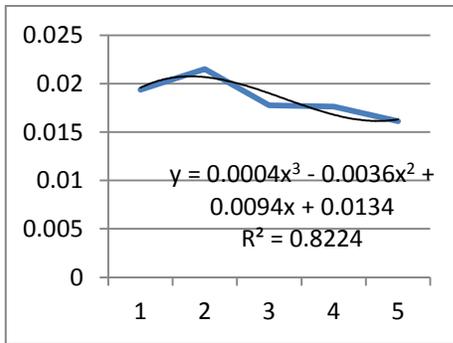


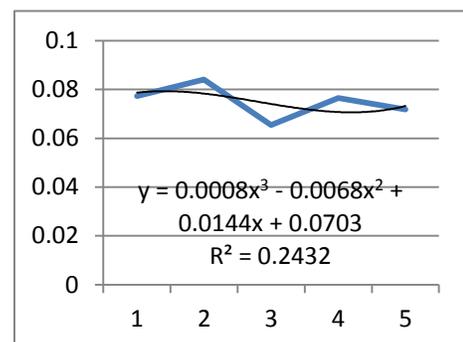
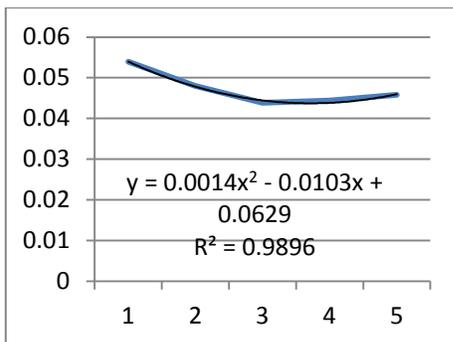
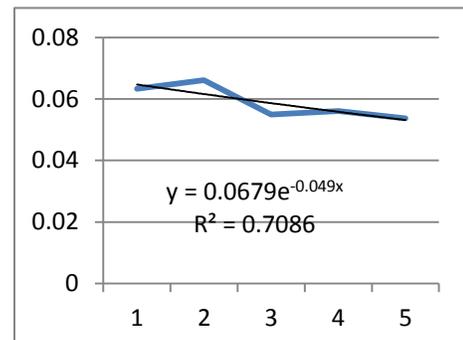
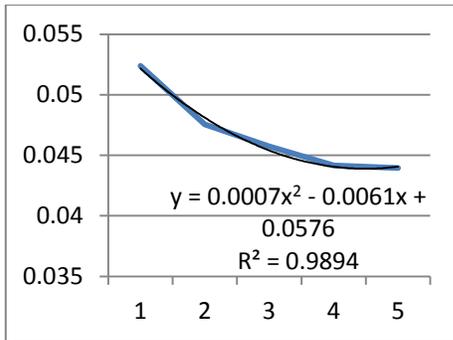
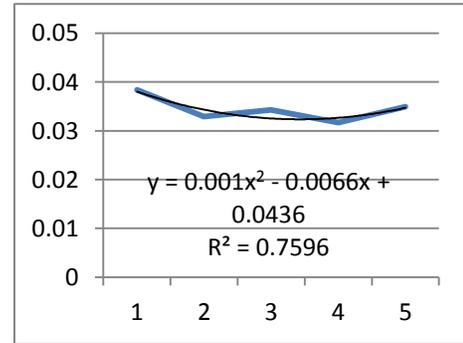
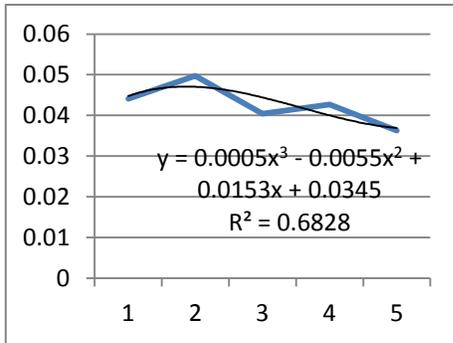
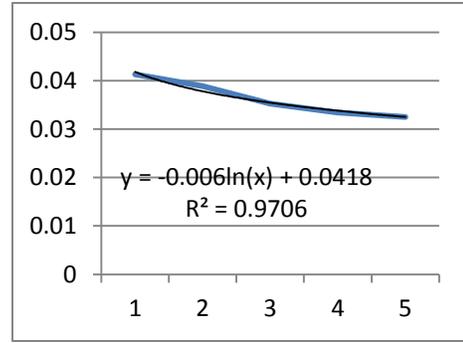
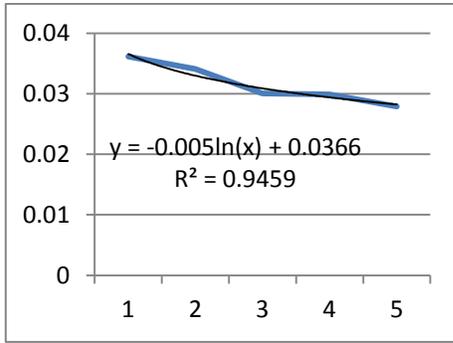


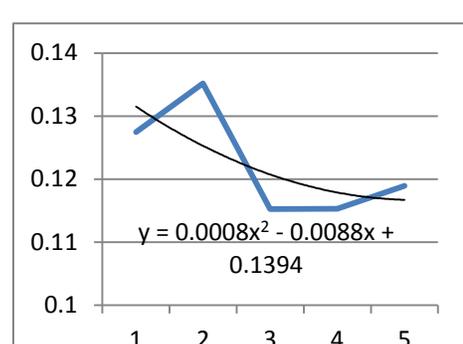
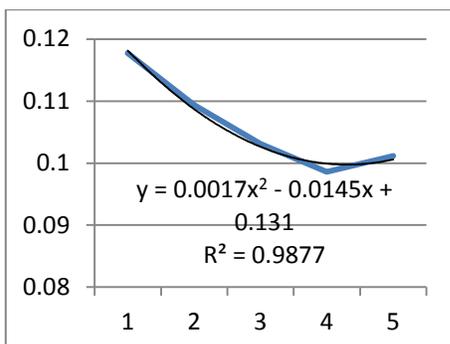
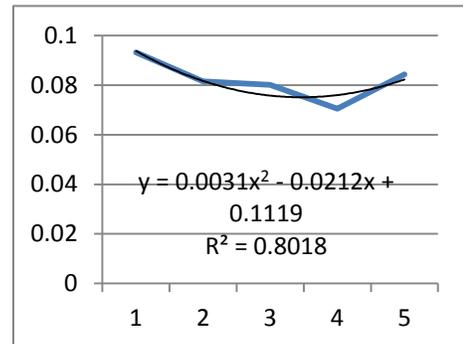
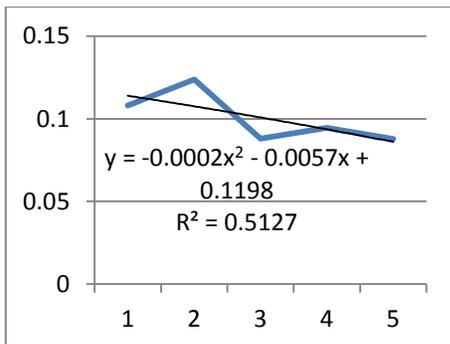
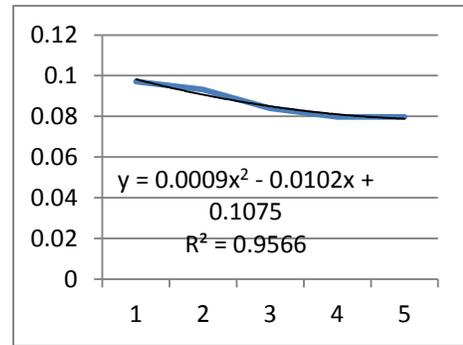
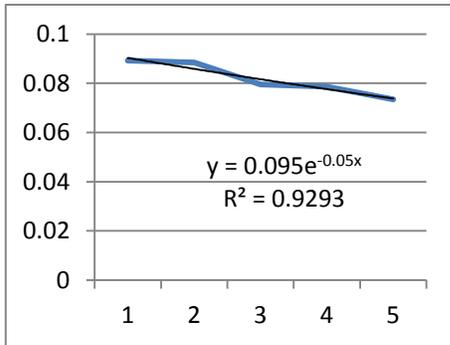
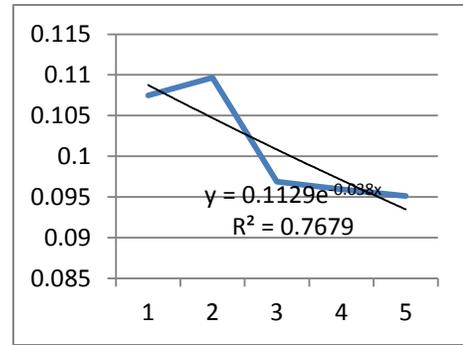
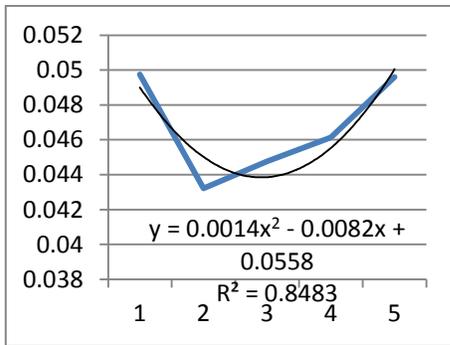


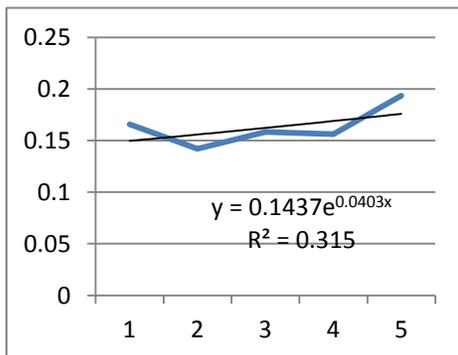
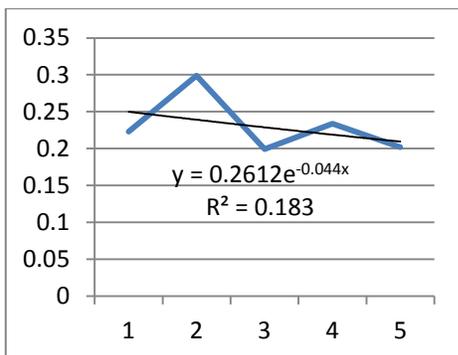
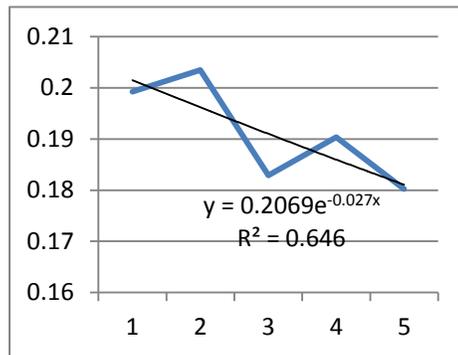
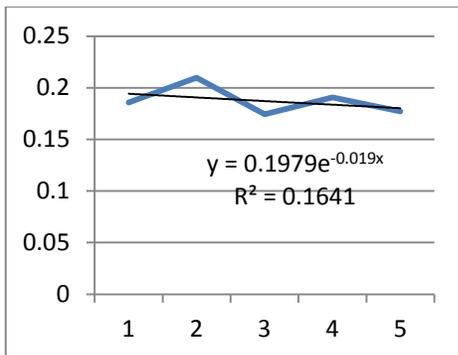
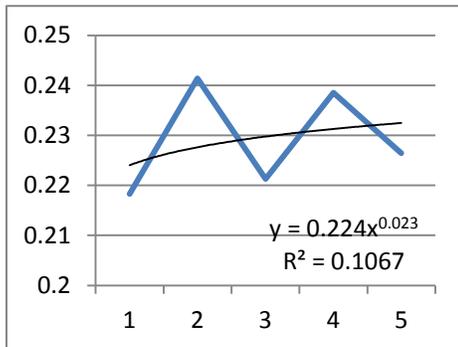
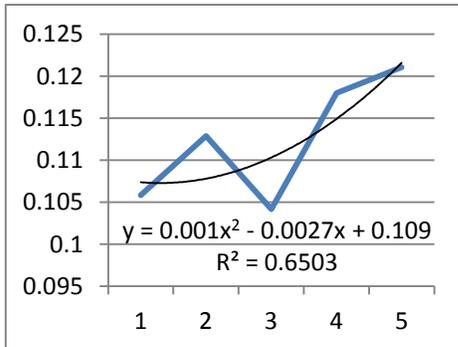
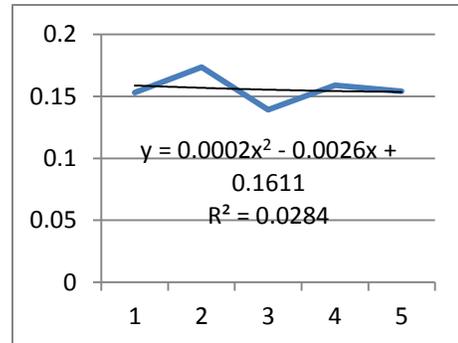
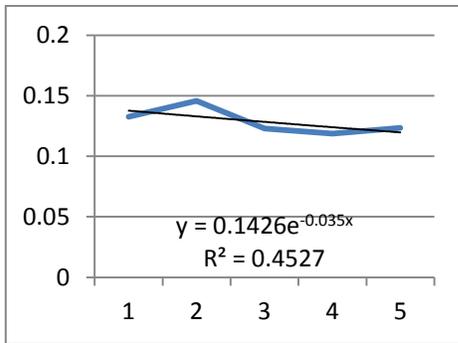


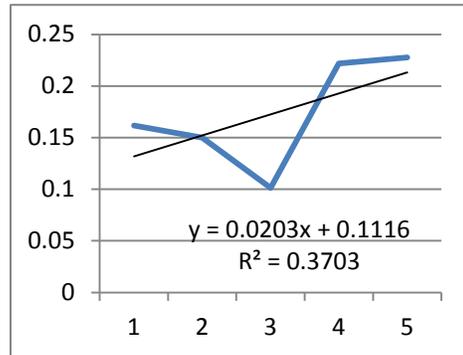
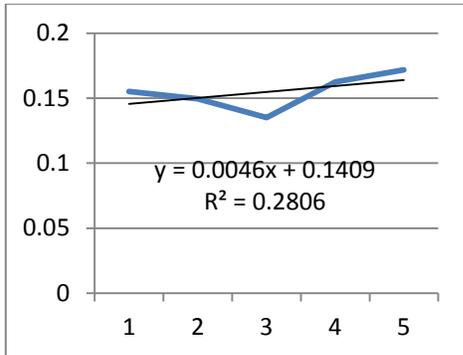
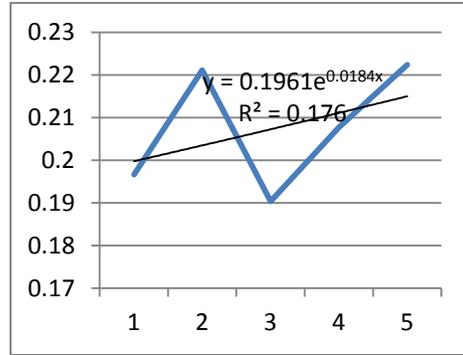
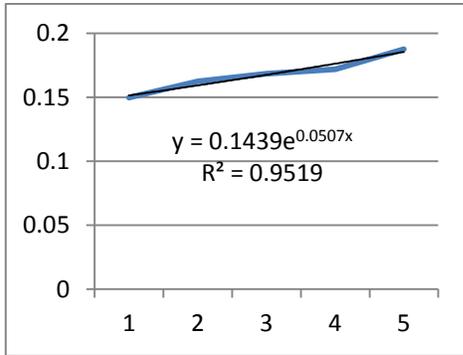












Anexo 5.2.- Elaboración propia a partir de la tendencia de los datos

Tabla de Mortalidad de México 2015								
X	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0
0	0.01340891	74	38	0.0025	40	76	0.0462	10
1	0.000986	74	39	0.00252	39	77	0.05060427	10
2	0.00052001	74	40	0.0021	38	78	0.0515	9
3	0.00035804	73	41	0.00316	37	79	0.0847	9
4	0.00028796	72	42	0.0027	36	80	0.057	8
5	0.00025849	71	43	0.00352	35	81	0.08988243	8
6	0.00024146	70	44	0.00328	34	82	0.07037773	8
7	0.00020931	69	45	0.0019	33	83	0.0787	7
8	0.00020412	68	46	0.00391906	32	84	0.0784	7
9	0.00020931	67	47	0.00424	32	85	0.0963	6
10	0.00023941	66	48	0.0043	31	86	0.1052	6
11	0.00027731	65	49	0.0063	30	87	0.1154	5
12	0.00028588	64	50	0.0037	29	88	0.11558931	5
13	0.00034259	63	51	0.00640264	28	89	0.1527	5
14	0.00040672	62	52	0.00572	27	90	0.1288	4
15	0.00078	61	53	0.00662	26	91	0.23342399	4
16	0.00088	60	54	0.00668674	26	92	0.17657785	4
17	0.0007	59	55	0.0084	25	93	0.17595629	4
18	0.00126	58	56	0.00793958	24	94	0.20059469	3
19	0.00178	57	57	0.00926	23	95	0.18300762	3
20	0.00204	56	58	0.0086	22	96	0.19506223	3
21	0.00156	55	59	0.0094	22	97	0.21898971	2
22	0.00128	54	60	0.0119	21	98	0.1685	2
23	0.00138	53	61	0.01562326	20	99	0.2334	1
24	0.00152	52	62	0.01302	19	100	1	1
25	0.0018	52	63	0.015	19			
26	0.00204	51	64	0.0266	18			
27	0.00168	50	65	0.0152	17			
28	0.00154	49	66	0.01938836	17			
29	0.00224	48	67	0.02068758	16			
30	0.0015	47	68	0.02038672	15			
31	0.00244	46	69	0.0197	15			
32	0.00184	45	70	0.01930824	14			
33	0.00218	44	71	0.03642566	13			
34	0.0023	43	72	0.0276412	13			
35	0.0013	42	73	0.03104944	12			
36	0.00244	42	74	0.0363	11			
37	0.0022	41	75	0.04	11			

Anexo 5.3.- Elaboración propia a partir de la tendencia de los datos

Tabla de Mortalidad de México 2020								
x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0
0	0.01240276	74	38	0.003	39	76	0.0492	10
1	0.00085458	73	39	0.00283	38	77	0.04818443	9
2	0.00045932	73	40	0.0025	37	78	0.0594	9
3	0.00032266	72	41	0.00334	36	79	0.1123	8
4	0.00026107	71	42	0.0031	36	80	0.067	8
5	0.00023726	70	43	0.00383	35	81	0.08653098	8
6	0.00022328	69	44	0.00317	34	82	0.06694537	7
7	0.0001942	68	45	0.002	33	83	0.0802	7
8	0.00018898	67	46	0.00383125	32	84	0.0701	7
9	0.0001942	66	47	0.00416	31	85	0.1154	6
10	0.00022472	65	48	0.0047	30	86	0.1128	6
11	0.00026359	64	49	0.00815	29	87	0.117	5
12	0.00027246	63	50	0.004	29	88	0.11161367	5
13	0.00033163	62	51	0.0060057	28	89	0.1527	5
14	0.00039334	61	52	0.00583	27	90	0.1391	4
15	0.00097	60	53	0.00673	26	91	0.23425306	4
16	0.00107	59	54	0.00628475	25	92	0.17325454	4
17	0.00095	58	55	0.0095	24	93	0.17126903	4
18	0.00164	57	56	0.00775093	24	94	0.19195988	3
19	0.00232	56	57	0.00834	23	95	0.19053345	3
20	0.00271	55	58	0.0086	22	96	0.20520687	3
21	0.00194	54	59	0.0072	21	97	0.22305642	2
22	0.00172	53	60	0.0141	20	98	0.1731	2
23	0.00182	53	61	0.01466935	20	99	0.2537	1
24	0.00193	52	62	0.01273	19	100	1	1
25	0.0024	51	63	0.0157	18			
26	0.00261	50	64	0.04	17			
27	0.00212	49	65	0.0171	17			
28	0.00201	48	66	0.01864677	16			
29	0.00281	47	67	0.01977728	16			
30	0.002	46	68	0.02008106	15			
31	0.00301	45	69	0.0189	14			
32	0.00231	45	70	0.01915409	14			
33	0.00262	44	71	0.0341333	13			
34	0.00255	43	72	0.02687045	12			
35	0.0016	42	73	0.03012454	12			
36	0.00291	41	74	0.0436	11			
37	0.00235	40	75	0.0464	10			

Anexo 5.4.- Elaboración propia a partir de la tendencia de los datos

Tabla de Mortalidad de México 2025								
x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0
0	0.01159243	72	38	0.0037	38	76	0.0536	9
1	0.00075498	72	39	0.00328	37	77	0.04588031	9
2	0.00041251	71	40	0.0031	36	78	0.0701	8
3	0.00029485	70	41	0.00364	35	79	0.1599	8
4	0.00023982	69	42	0.0037	34	80	0.0798	8
5	0.00022028	68	43	0.00428	34	81	0.08330449	8
6	0.00020863	67	44	0.00312	33	82	0.0636804	7
7	0.000182	66	45	0.0023	32	83	0.0835	7
8	0.00017678	65	46	0.00375678	31	84	0.0614	6
9	0.000182	64	47	0.00416	30	85	0.1407	6
10	0.00021272	63	48	0.0053	29	86	0.1238	6
11	0.00025226	62	49	0.0113	28	87	0.1202	5
12	0.00026134	61	50	0.0045	28	88	0.10777476	5
13	0.00032242	60	51	0.00563338	27	89	0.1531	5
14	0.0003821	59	52	0.00608	26	90	0.1514	4
15	0.00122	58	53	0.00698	25	91	0.23497361	4
16	0.00132	57	54	0.00590693	24	92	0.16999378	4
17	0.0013	56	55	0.011	23	93	0.16670663	4
18	0.00214	55	56	0.00759114	23	94	0.18369677	3
19	0.00302	54	57	0.00734	22	95	0.19836877	3
20	0.00356	54	58	0.0088	21	96	0.21587912	3
21	0.00244	53	59	0.0046	20	97	0.22719865	2
22	0.00232	52	60	0.0169	19	98	0.1777	2
23	0.00242	51	61	0.01377369	19	99	0.274	1
24	0.00248	50	62	0.01258	18	100	1	1
25	0.0032	49	63	0.0168	17			
26	0.00336	48	64	0.063	16			
27	0.00272	48	65	0.0198	16			
28	0.00266	47	66	0.01793355	16			
29	0.00356	46	67	0.01890703	15			
30	0.0027	45	68	0.01981999	14			
31	0.00376	44	69	0.0229	14			
32	0.00296	43	70	0.01902056	13			
33	0.00322	42	71	0.03198521	12			
34	0.0029	42	72	0.02620279	11			
35	0.0021	41	73	0.02932335	11			
36	0.00356	40	74	0.0609	10			
37	0.0026	39	75	0.0548	10			

Anexo 5.5.- Elaboración propia a partir de la tendencia de los datos

Tabla de Mortalidad de México 2030								
x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0	x	Qx	e_x^0
0	0.01092173	70	38	0.0046	36	76	0.0594	8
1	0.00067681	70	39	0.00387	36	77	0.04368636	8
2	0.0003752	69	40	0.0039	35	78	0.0836	7
3	0.00027231	68	41	0.00406	34	79	0.2323	7
4	0.00022251	67	42	0.0045	33	80	0.0954	8
5	0.00020632	66	43	0.00487	32	81	0.08019831	8
6	0.00019652	65	44	0.00313	31	82	0.06057467	7
7	0.00017187	64	45	0.0028	30	83	0.0886	7
8	0.00016667	63	46	0.0036923	29	84	0.0523	6
9	0.00017187	62	47	0.00424	29	85	0.1722	5
10	0.00020266	61	48	0.0061	28	86	0.1382	6
11	0.00024267	60	49	0.01605	27	87	0.125	5
12	0.00025191	59	50	0.0052	26	88	0.10406789	5
13	0.0003145	58	51	0.00528414	25	89	0.1539	5
14	0.00037246	57	52	0.00647	25	90	0.1657	4
15	0.00153	56	53	0.00737	24	91	0.23561102	4
16	0.00163	55	54	0.00555182	23	92	0.16679439	4
17	0.00175	54	55	0.0129	22	93	0.16226578	4
18	0.00276	53	56	0.00745294	21	94	0.17578935	3
19	0.00388	52	57	0.00626	20	95	0.20652631	3
20	0.00459	51	58	0.0092	20	96	0.2271064	3
21	0.00306	51	59	0.0016	19	97	0.2314178	2
22	0.00308	50	60	0.0203	18	98	0.1823	2
23	0.00318	49	61	0.01293272	17	99	0.2943	1
24	0.00317	48	62	0.01257	16	100	1	1
25	0.0042	47	63	0.0183	16			
26	0.00429	46	64	0.098	15			
27	0.00348	46	65	0.0233	15			
28	0.00349	45	66	0.0172476	15			
29	0.00449	44	67	0.01807507	14			
30	0.0036	43	68	0.01959253	13			
31	0.00469	42	69	0.0335	12			
32	0.00379	42	70	0.01890278	12			
33	0.00398	41	71	0.0299723	11			
34	0.00335	40	72	0.02561388	10			
35	0.0028	39	73	0.02861665	10			
36	0.00439	38	74	0.0912	9			
37	0.00295	37	75	0.0652	9			

Anexo 5.6.- Tabla de Mortalidad de México de 1990 a 2030 aplicando la Teoría del Valor Extremo

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
0	0.99805263	0.99898917	0.99927852	0.99937755	0.99951923	0.99953984	0.99952536	0.99936601	0.99950207
1	0.99796744	0.99893524	0.99923785	0.99934109	0.99948943	0.99951093	0.99949528	0.99932599	0.99947094
2	0.99787852	0.99887844	0.99919489	0.9993025	0.99945779	0.99948021	0.9994633	0.99928344	0.99943785
3	0.99778571	0.99881861	0.9991495	0.99926164	0.99942418	0.99944756	0.99942929	0.99923821	0.9994027
4	0.99768885	0.9987556	0.99910156	0.99921839	0.9993885	0.99941287	0.99939313	0.99919013	0.99936536
5	0.99758775	0.99868922	0.99905092	0.99917261	0.9993506	0.99937599	0.99935467	0.999139	0.99932567
6	0.99748224	0.99861931	0.99899742	0.99912415	0.99931036	0.99933679	0.99931378	0.99908466	0.99928351
7	0.99737212	0.99854567	0.99894091	0.99907285	0.99926762	0.99929514	0.99927031	0.99902688	0.99923871
8	0.9972572	0.9984681	0.99888122	0.99901855	0.99922224	0.99925087	0.99922407	0.99896546	0.99919111
9	0.99713725	0.9983864	0.99881817	0.99896107	0.99917404	0.99920382	0.99917491	0.99890017	0.99914054
10	0.99701206	0.99830035	0.99875156	0.99890023	0.99912286	0.99915382	0.99912264	0.99883076	0.99908681
11	0.99688141	0.99820971	0.9986812	0.99883583	0.99906851	0.99910068	0.99906705	0.99875697	0.99902972
12	0.99674506	0.99811425	0.99860688	0.99876765	0.9990108	0.99904421	0.99900795	0.99867852	0.99896906
13	0.99660275	0.99801369	0.99852837	0.99869549	0.99894951	0.99898419	0.9989451	0.99859513	0.99890461
14	0.99645423	0.99790779	0.99844545	0.9986191	0.99888442	0.9989204	0.99887827	0.99850648	0.99883614
15	0.99629923	0.99779624	0.99835785	0.99853825	0.99881531	0.99885261	0.99880721	0.99841224	0.99876338
16	0.99613747	0.99767875	0.99826533	0.99845266	0.99874191	0.99878056	0.99873166	0.99831206	0.99868608
17	0.99596866	0.99755501	0.99816759	0.99836207	0.99866397	0.998704	0.99865132	0.99820557	0.99860396
18	0.99579248	0.99742467	0.99806435	0.99826617	0.99858121	0.99862263	0.9985659	0.99809236	0.9985167
19	0.99560862	0.9972874	0.9979553	0.99816467	0.99849332	0.99853615	0.99847506	0.99797201	0.998424
20	0.99541674	0.99714282	0.99784012	0.99805723	0.99839999	0.99844425	0.99837849	0.99784409	0.99832551
21	0.9952165	0.99699055	0.99771846	0.99794351	0.99830089	0.99834659	0.9982758	0.9977081	0.99822086
22	0.99500753	0.99683018	0.99758994	0.99782314	0.99819565	0.9982428	0.99816661	0.99756354	0.99810968
23	0.99478946	0.99666127	0.9974542	0.99769573	0.99808391	0.9981325	0.99805051	0.99740988	0.99799157
24	0.99456188	0.99648338	0.99731083	0.99756088	0.99796524	0.99801528	0.99792708	0.99724655	0.99786608
25	0.9943244	0.99629603	0.99715939	0.99741814	0.99783924	0.99789072	0.99779583	0.99707292	0.99773276
26	0.99407658	0.99609872	0.99699944	0.99726706	0.99770545	0.99775834	0.99765628	0.99688837	0.99759111

27	0.99381797	0.99589092	0.99683049	0.99710715	0.99756338	0.99761767	0.99750791	0.9966922	0.99744064
28	0.9935481	0.99567207	0.99665205	0.9969379	0.99741252	0.99746818	0.99735017	0.99648368	0.99728077
29	0.9932665	0.9954416	0.99646358	0.99675877	0.99725234	0.99730932	0.99718244	0.99626204	0.99711093
30	0.99297264	0.99519888	0.99626452	0.99656917	0.99708225	0.99714052	0.99700412	0.99602647	0.9969305
31	0.99266602	0.99494327	0.99605428	0.9963685	0.99690166	0.99696113	0.99681453	0.99577607	0.99673882
32	0.99234606	0.99467408	0.99583223	0.99615612	0.9967099	0.99677051	0.99661297	0.99550993	0.9965352
33	0.9920122	0.99439061	0.99559771	0.99593135	0.9965063	0.99656796	0.99639867	0.99522707	0.99631888
34	0.99166384	0.9940921	0.99535002	0.99569345	0.99629012	0.99635272	0.99617084	0.99492643	0.99608908
35	0.99130035	0.99377775	0.99508843	0.99544168	0.99606059	0.99612401	0.99592863	0.9946069	0.99584497
36	0.99092109	0.99344673	0.99481217	0.99517523	0.99581689	0.99588099	0.99567112	0.99426731	0.99558565
37	0.99052537	0.99309816	0.99452041	0.99489324	0.99555815	0.99562277	0.99539737	0.99390641	0.99531019
38	0.99011249	0.99273112	0.99421229	0.99459482	0.99528344	0.99534839	0.99510636	0.99352285	0.99501758
39	0.98968171	0.99234463	0.99388689	0.994279	0.99499179	0.99505686	0.99479698	0.99311524	0.99470677
40	0.98923227	0.99193768	0.99354327	0.99394479	0.99468215	0.99474711	0.99446811	0.99268206	0.99437662
41	0.98876336	0.99150918	0.99318039	0.99359112	0.99435341	0.994418	0.99411851	0.99222175	0.99402594
42	0.98827415	0.99105802	0.99279719	0.99321686	0.99400442	0.99406833	0.99374688	0.99173259	0.99365346
43	0.98776378	0.990583	0.99239254	0.99282083	0.99363393	0.99369683	0.99335185	0.99121282	0.99325783
44	0.98723133	0.99008287	0.99196526	0.99240176	0.99324062	0.99330214	0.99293195	0.99066051	0.99283763
45	0.98667587	0.98955632	0.99151407	0.99195833	0.9928231	0.99288282	0.99248564	0.99007367	0.99239135
46	0.98609642	0.98900196	0.99103766	0.99148913	0.99237989	0.99243736	0.99201125	0.98945015	0.99191737
47	0.98549196	0.98841836	0.99053464	0.99099268	0.99190943	0.99196412	0.99150705	0.98878769	0.99141399
48	0.98486142	0.98780398	0.99000353	0.99046741	0.99141004	0.9914614	0.99097117	0.98808388	0.99087941
49	0.98420369	0.98715721	0.98944277	0.98991167	0.99087996	0.99092737	0.99040164	0.98733617	0.9903117
50	0.98351763	0.98647639	0.98885073	0.9893237	0.99031734	0.99036011	0.98979637	0.98654187	0.98970884
51	0.98280203	0.98575973	0.9882257	0.98870166	0.98972019	0.98975756	0.98915314	0.9856981	0.98906868
52	0.98205565	0.98500538	0.98756584	0.9880436	0.98908641	0.98911755	0.98846959	0.98480185	0.98838893
53	0.98127719	0.9842114	0.98686925	0.98734745	0.98841379	0.98843779	0.98774324	0.98384989	0.98766717
54	0.98046529	0.98337573	0.98613391	0.98661105	0.98769998	0.98771584	0.98697144	0.98283883	0.98690084
55	0.97961855	0.98249622	0.9853577	0.9858321	0.98694248	0.9869491	0.98615138	0.98176506	0.98608724

56	0.97873551	0.98157062	0.98453837	0.98500817	0.98613865	0.98613484	0.98528008	0.98062477	0.98522348
57	0.97781465	0.98059656	0.98367358	0.98413671	0.98528571	0.98527015	0.98435441	0.97941392	0.98430652
58	0.97685438	0.97957156	0.98276085	0.98321503	0.98438071	0.98435198	0.98337101	0.97812825	0.98333314
59	0.97585306	0.978493	0.98179756	0.98224028	0.98342051	0.98337705	0.98232637	0.97676324	0.98229994
60	0.97480899	0.97735816	0.98078098	0.98120947	0.98240181	0.98234193	0.98121672	0.97531412	0.9812033
61	0.97372038	0.97616417	0.97970821	0.98011944	0.98132111	0.98124296	0.98003812	0.97377585	0.98003941
62	0.97258539	0.97490803	0.97857621	0.97896686	0.98017473	0.9800763	0.97878636	0.9721431	0.97880423
63	0.97140211	0.9735866	0.9773818	0.97774821	0.97895874	0.97883786	0.97745702	0.97041024	0.9774935
64	0.97016854	0.97219656	0.97612161	0.97645982	0.97766902	0.97752333	0.9760454	0.96857134	0.97610271
65	0.96888262	0.97073449	0.97479213	0.97509777	0.97630122	0.97612814	0.97454653	0.96662014	0.97462709
66	0.9675422	0.96919675	0.97338963	0.97365799	0.97485071	0.97464747	0.9729552	0.96455004	0.97306162
67	0.96614505	0.96757957	0.97191023	0.97213615	0.97331264	0.97307624	0.97126584	0.96235407	0.97140099
68	0.96468887	0.96587899	0.97034985	0.97052774	0.97168189	0.97140907	0.96947262	0.96002491	0.9696396
69	0.96317126	0.96409087	0.96870419	0.96882798	0.96995303	0.96964028	0.96756938	0.95755485	0.96777153
70	0.96158973	0.9622109	0.96696875	0.96703186	0.96812036	0.96776389	0.9655496	0.95493578	0.96579056
71	0.95994171	0.96023454	0.96513883	0.96513413	0.96617787	0.9657736	0.96340642	0.95215917	0.96369013
72	0.95822453	0.95815709	0.96320946	0.96312925	0.96411924	0.96366274	0.96113261	0.94921607	0.96146332
73	0.95643541	0.95597362	0.96117549	0.96101144	0.96193778	0.96142431	0.95872057	0.9460971	0.95910287
74	0.95457151	0.95367898	0.95903147	0.9587746	0.9596265	0.95905095	0.95616229	0.94279241	0.95660113
75	0.95262986	0.95126782	0.95677174	0.95641236	0.95717802	0.9565349	0.95344934	0.93929168	0.95395006
76	0.95060738	0.94873457	0.95439035	0.95391805	0.95458459	0.953868	0.95057287	0.93558415	0.95114121
77	0.94850091	0.94607339	0.95188111	0.95128468	0.95183809	0.9510417	0.9475236	0.93165854	0.94816575
78	0.94630717	0.94327825	0.94923752	0.94850491	0.94892997	0.948047	0.94429179	0.92750309	0.94501437
79	0.94402276	0.94034285	0.94645283	0.94557112	0.9458513	0.94487448	0.94086722	0.92310555	0.94167735
80	0.94164419	0.93726065	0.94351997	0.9424753	0.94259272	0.94151428	0.93723922	0.91845318	0.93814452
81	0.93916785	0.93402486	0.94043158	0.93920912	0.93914442	0.93795606	0.9333966	0.91353273	0.93440524
82	0.93659	0.93062845	0.93718001	0.9357639	0.93549616	0.93418902	0.9293277	0.90833046	0.9304484
83	0.9339068	0.92706411	0.93375728	0.93213056	0.93163726	0.93020189	0.92502035	0.90283216	0.92626243
84	0.93111429	0.92332428	0.9301551	0.9282997	0.92755656	0.92598291	0.92046189	0.89702315	0.92183527

85	0.92820839	0.91940116	0.92636487	0.92426152	0.92324247	0.92151982	0.91563914	0.89088829	0.91715438
86	0.9251849	0.91528667	0.92237767	0.92000585	0.9186829	0.91679991	0.91053842	0.88441202	0.91220675
87	0.9220395	0.91097248	0.91818426	0.91552217	0.91386533	0.91180995	0.90514556	0.87757841	0.90697889
88	0.91876775	0.90645001	0.91377506	0.91079957	0.90877677	0.90653624	0.89944591	0.87037117	0.90145687
89	0.91536511	0.90171043	0.90914021	0.90582679	0.90340377	0.90096463	0.89342437	0.8627737	0.8956263
90	0.91182688	0.89674468	0.90426952	0.9005922	0.89773247	0.8950805	0.88706538	0.85476918	0.88947234
91	0.74908412	0.816837	0.85225649	0.7976791	0.69524598	0.69516922	0.84414262	0.84446729	0.78433949
92	0.71942316	0.79841758	0.83619487	0.77137644	0.65460804	0.65603308	0.82765466	0.82795599	0.7565261
93	0.68189951	0.77589742	0.81622314	0.73725792	0.60172805	0.60560762	0.8072755	0.80753259	0.72053477
94	0.63297862	0.74774559	0.79072047	0.69127122	0.53036399	0.53841416	0.78144917	0.78162571	0.67218801
95	0.56672776	0.71156967	0.75703146	0.62603931	0.42968831	0.44515068	0.74766815	0.74769797	0.60395929
96	0.47259047	0.66342337	0.71049198	0.52675474	0.28120809	0.31004867	0.70162326	0.70137749	0.50101231
97	0.33115083	0.59634663	0.64212048	0.36018561	0.07259029	0.11653657	0.6352656	0.63446953	0.33139668
98	0.11669966	0.49703358	0.53232266	0.06451286	0	0	0.53181536	0.52980572	0.04882527
99	0	0.33810524	0.33092613	0			0.35129618	0.34621422	0
100		0.0783342	0				0.02266041	0.01472366	
101		0					0	0	

Fuente.- Elaboración propia

Anexo 5.7.- Elaboración Propia programa Mathematica

```
Import["C:\\Users\\MiguelAngel\\Documents\\programas mathematica\\npx.csv"]  
//TableForm
```

```
MyData=%1;
```

```
MyData = Drop[MyData, 1];  
MyData1990 = MyData[[All, 2]];  
MyData1995 = MyData[[All, 3]];  
MyData2000 = MyData[[All, 4]];  
MyData2005 = MyData[[All, 5]];  
MyData2010 = MyData[[All, 6]];  
MyData2015 = MyData[[All, 7]];  
MyData2020 = MyData[[All, 8]];  
MyData2025 = MyData[[All, 9]];  
MyData2030 = MyData[[All, 10]];  
MyDataAge = MyData[[All, 1]];
```

```
Show[ListLinePlot[MyData1990], ListLinePlot[MyData1995, PlotStyle  
→ Red], ListLinePlot[MyData2000, PlotStyle  
→ Green], ListLinePlot[MyData2005, PlotStyle  
→ Yellow], ListLinePlot[MyData2010, PlotStyle  
→ Purple], ListLinePlot[MyData2015, PlotStyle  
→ Orange], ListLinePlot[MyData2020, PlotStyle  
→ Pink], ListLinePlot[MyData2025, PlotStyle  
→ Brown], ListLinePlot[MyData2030, PlotStyle → Black]]
```

```
Manipulate[ ListLinePlot[ Transpose[{Range[age, Length[#]],  
FoldList[Times, 1, Drop[#, age]]}] & /@ {MyData1990, MyData1995,  
MyData2000, MyData2005, MyData2010, MyData2015, MyData2020, MyData2025,  
MyData2030}][[{{1}, {2}, {3}, {4}, {5}, {6}, {7}, {8}, {9}, {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}][[case]]],  
PlotStyle -> Black,  
Filling -> Axis, ImageSize -> 500, GridLines -> Automatic,  
PlotRange -> {{1, 120}, {0, 1}}, Frame -> True,  
FrameLabel -> {"Edad", "Probabilidad de Supervivencia"},  
PlotLabel -> Row[{"Edad Actual: ", age}],  
FillingStyle -> {Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 1]],  
Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 2]],  
Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 3]],  
Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 4]],  
Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 5]],  
Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 6]],  
Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 7]],  
Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 8]],  
Directive[Opacity[0.3],  
ColorData[1, 9]], {1 ->  
Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 1]],
```

```

2 -> Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 2]],
3 -> Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 3]],
4 -> Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 2]],
5 -> Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 2]],
6 -> Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 2]],
7 -> Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 2]],
8 -> Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 2]],
9 -> Directive[Opacity[0.3], ColorData[1, 2]]][[case]], {{case, 10, "Año"}, {1 -> "1990",
2 -> "1995", 3 -> "2000", 4 -> "2005", 5 -> "2010", 6 -> "2015", 7 -> "2020", 8 -> "2025", 9 -
> "2030", 10 -> "Todos"}}, {{age, 1, "Edad Actual"}, 1, Length[MyDataAge] - 2, 1},
SaveDefinitions -> True]

```

Anexo 5.8.- Glosario de Comandos Wolfram

Import.- Permite importar información de algún otro documento.

MyData.- Permite asignar la información a esta variable.

Drop.- Permite eliminar información de la base de datos.

Show.- Permite graficar información diferente o funciones diferentes en una sola gráfica.

ListLinePlot.-Permite graficar una lista de datos con una línea que una todos los puntos.

PlotStyle.- Permite cambiar el formato de la gráfica

Manipulate.- Permite crear gráficos con comandos manipulables para cambiar el valor de una función o de valores específicos en una serie de datos.

Transpose.- Traspone una lista para que el nivel kth en la lista sea el nivel nk en el resultado

Range.- Permite ajustar el rango hasta el cual va a llegar el gráfico.

Length.- Da el número de elementos en la expresión.

FoldList.- Genera la suma acumulada de los elementos en la lista

Case.- Da una lista de valores rhs que corresponden a "ei", que igualen al patrón de los elementos.

Filling.- Es una opción para graficar que realiza el llenado de la función bajo los puntos, curvas y superficies asignadas.

Axis.- Es un símbolo que representa el eje para propósito de alineamiento y posición.

ImageSize.- Es una opción que permite ver el tamaño de la imagen o el objeto en exhibición.

GridLines.- Opción para gráficas de dos dimensiones que permiten ver las líneas de cuadrícula

PlotRange.- Permite asignar el rango que tomarán los ejes "x" y "y"

Frame.- Opción que permite mostrar el marco de la gráfica

FrameLabel.- Opción que permite asignar títulos a los ejes de las gráficas

PlotLabel.- Opción que permite asignar títulos a la gráfica

FillingStyle.- Opción que permite en los gráficos cambiar el formato del llenado

Directive.- Representa una sola gráfica compuesta por varias directivas

Opacity.- En una gráfica directiva donde se especifica que objetos serán expuestos con una opacidad.

ColorData.- Da una propiedad específica de color a un esquema

SaveDefinitions.- Es una función de Manipulate donde se especifica qué definiciones son relevantes para la evaluación de la expresión y son guardados automáticamente.

Bibliografía

- Mortimer Spiegelman (1955) “Introducción a la demografía” (Tercera reimpresión) Massachusetts, Estados Unidos.
- John Graunt. (1662). “*Natural and Political Observations Mentioned in a following Index, and made upon the Bills of Mortality.*” (1º Edición) Londres, Inglaterra
- Michael Hartmann. (2009). “*Demographic Methods for the Statistical Office*”. (1º Edición). Suecia
- Manuel López Cachero, Juan López de la Manzanara Barbero. (1996) “Estadística para Actuarios”. Madrid, España.
- Jacob S.Siegel, David A Watson (1998) “The Methods and Materials of Demography” (2º Edición)
- Newton L. Bowers, Hans U. Gerber, James C. Hickman, Donald A. Jones, Cecil J. Nesbitt (1986) “*Actuarial Mathematics*” (1º Edición) Illinois, Estados Unidos.
- Daykin C. D., Peitikäinen T., Pesonen (1994) “*Practical Risk Theory for Actuaries.*” Londres.
- Ian Hacking (1995) “El surgimiento de la teoría de la probabilidad” Gedisa Barcelona
- Antonio Ortega (1987) “Tablas de Mortalidad”. CELADE. Costa Rica.
- Fernando Contreras (2009) “Mortalidad Diferencial por Sexo”. Universidad de los Andes de Mérida, Venezuela.
- Fernández, Suárez, Carro, Díaz, Montejo & Carro (2011) “Estudio epidemiológico de la mortalidad por Cáncer “. MediCiego.
- Julio Laria del Vas (2010) “Mortalidad de Jóvenes en accidentes de Trafico”. Fundación Mapfre, España.
- Sonia B. Fernández Cantón, Gonzalo Gutiérrez Trujillo, Ricardo Viguri Uribe (2012) “La mortalidad materna y el aborto en México” Scielo
- Ana M. Fernández, Débora Tajer, Diana Galimberti, Ana Ferrarotti, Agustina Chiodi, Sandra Borakievich (2010) “Estudio Cualitativo de la

mortalidad femenina por causas externas y su relación con la violencia de género.” Rev Argent Salud Publica

- Contreras Diana Carina, Hernández Johana, Dr. Gian Carlos Guidice, Dra. Milagro Puertas de García (2013) “Frecuencia de morbilidad-mortalidad en recién nacidos productos de embarazos con infecciones urinarias” Portales Médicos
- Anyul Milena Vera, Constanza Pardo, María Cristina Duarte, Amaranto Suárez (2012) “Análisis de la mortalidad por leucemia aguda pediátrica en el Instituto Nacional de Cancerología” Revista del Instituto Nacional de Salud
- Ángela María Segura, Doris Cardona, María Osley Garzón (2013) “Tendencias de la mortalidad por fiebre amarilla, Colombia, 1998-2009” Revista del Instituto Nacional de Salud
- Edwin Fernando Quiroga (2012) “Mortalidad por desnutrición en menores de cinco años, Colombia, 2003-2007” Revista del Instituto Nacional de Salud
- Jose R. Narro, Manuel Urbina Fuentes, Roberto Castro, José Luis Palma, Yolanda Palma Cabrera (1984) “Evolución reciente de la Mortalidad en México” Comercio Exterior
- S.D. Promislow (2006) “Fundamentals of Actuarial Mathematics” (2 Edición) Estados Unidos
- David C. M. Dickson, Mary R. Hardy, Howard R. Waters (2013) “Actuarial mathematics for Life Contingent Risks” (2 Edición)
- Karina Vargas (2014) “Calculo de la edad máxima estimada de la tabla de mortalidad mexicana CNSF2000-I, su importancia y sus aplicaciones” ,CNSF.
- Vicente Trigo Aranda (sf) “Historia y evolución de los lenguajes de programación ” ACTA
- Carlos M. Jarque(sf) “La Población de México en el último decenio del siglo XX” Revista Bancomext

- Ma Eulalia Mendoza García, Graciela Tapia Colocia(2012) “Situación Demografica de México 1910-2010” Publicaciones UNFPA

Páginas Web Consultadas

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Online] <http://www.inegi.org.mx/> [10 de Marzo 2015]
- Wolfram [Online] <http://www.wolfram.com/> [23 de septiembre 2014]
- Wolfram Demonstration Project [Online] <http://demonstrations.wolfram.com/LifeExpectancyInTheUSPopulation/> [23 de septiembre 2014]
- Social Security [Online] <http://www.ssa.gov/> [25 de septiembre 2014]
- Consulta Ciencia y Tecnología [Online] <http://quees.la/> [10 Octubre 2014]
- SAS Analytics Pro [Online] <http://www.sas.com/> [10 de Octubre de 2014]
- IBM [Online] <http://www-03.ibm.com/> [10 de Octubre de 2014]
- Procesadores de Lenguajes. Itinerario de Computación [Online] <http://nereida.deioc.uil.es/> [13 de Octubre de 2014]
- Consejo Nacional de Salud <http://www.conapo.gob.mx/> [14 de Octubre de 2014]
- Dr James 1990 [Online] <http://demonstrations.wolfram.com/LifeTransitions/> [5 de mayo de 2015]
- Mark D. Normand y Macha Peleg 2011 [Online] <http://demonstrations.wolfram.com/AdditiveAndMultiplicativeRisks/> [5 de mayo de 2015]
- Gergely Nagy [Online] <http://demonstrations.wolfram.com/LoanPaymentCalculator/> [5 de mayo de 2015]
- Seth J Chandler [Online] <http://demonstrations.wolfram.com/AdverseSelection/> [5 de mayo de 2015]