



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ciencias  
Lic. En Actuaría



## LABORATORIO 2

**Asignatura:**

Demografía Avanzada

**Profesor:**

Diego Terán Páez

**Ayudante:**

Irene Nava Ruíz

**Alumno:**

Sánchez Navarro Juan Carlos

**Grupo:**

9256

**Ciclo escolar:**

2023-2

**Fecha:**

8 de mayo de 2023

## Contenido

1. INDICADORES DE MORTALIDAD .....	2
a) Tasa Bruta de Mortalidad (TBM).....	2
b) Tasa Especifica de Mortalidad por edades (TEM).....	3
c) Tasa de Mortalidad Infantil (TMI) .....	5
d) Tasa Tipificada de Mortalidad (TTM) .....	6
2. AJUSTE DE MORTALIDAD POR EL MÉTODO LOGITO.....	7
a) Probabilidades de Muerte: .....	7
b) $\alpha$ y $\beta$ . .....	10
c) Tablas de vida con las probabilidades de muerte obtenidas con el modelo logito. 10	
3. PROYECCIÓN DE LA MORTALIDAD POR EL MODELO LOGITO .....	12
a) Para los años 2025, 2030 y 2035, realizar los pasos indicados en clase para obtener las probabilidades de muerte por el método logito. ....	12
b) $\alpha$ y $\beta$ proyectadas. ....	12
c) Tablas de Vida con las probabilidades de muerte obtenidas con el modelo logito para los años 2025, 2030 y 2035. ....	14
4. RELACIONES DE SOBREVIVENCIA.....	15
5. TABLA DE DECREMENTOS MÚLTIPLES .....	16
6. ESPERANZA DE VIDA SALUDABLE. ....	17

## 1. INDICADORES DE MORTALIDAD

Las poblaciones, como parte de su dinámica, sufren pérdidas, y la muerte es una de las formas en que éstas se presentan. La mortalidad hace referencia al volumen de muertes en una población.

Las principales causas de muerte no siempre son las mismas, epidemias, hambrunas, guerras, actos violentos, deterioro en la calidad de vida y muchas cosas más, han sido protagonistas causantes de muertes. El análisis de la mortalidad permite cuantificar el volumen de las defunciones en la población y hace posible que se puedan tomar las medidas necesarias para reducirla, tomando en consideración las causas predominantes.

En el intento de reducir la mortalidad, en México se han tomado medidas como la expansión del sistema educativo, infraestructura sanitaria, acceso al sistema de salud, entre otras. Sin embargo, dentro del mismo país siguen existiendo grandes desigualdades que también se reflejan en la mortalidad de las poblaciones.

Para poder estudiar nuestra entidad, se hace uso de distintos tipos de tasas, cada una con su finalidad correspondiente para que así podamos hacer la construcción de una tabla de mortalidad que en el ámbito actuarial es un pilar muy importante.

### a) Tasa Bruta de Mortalidad (TBM)

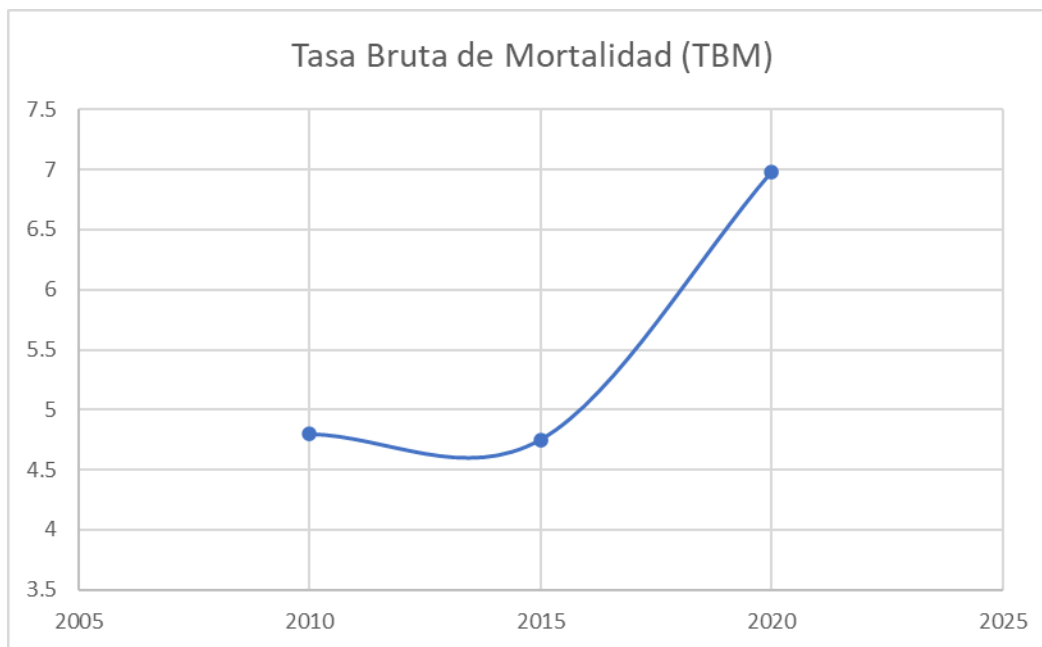
Es el aumento de defunciones por cada mil habitantes, está dada por:

$$TBM = \frac{D_{totales}^t}{P_{totales}^t} * 1000$$

En la teoría presentada en el curso se habla de una fórmula que se basa en errores de cobertura, y se usa para aproximar aún mejor, pero en nuestro estudio se hizo uso de la anterior.

A continuación, las TBM del estado de Zacatecas con su respectiva gráfica:

	2010	2015	2020
Tasa Bruta de Mortalidad (TBM)	4.795287	4.750194	6.981266



Podemos observar que hubo una pequeña caída del 2010 al 2015, sin embargo, del salto del 2015 al 2020 no fue constante, al contrario, se disparó de cierta manera como consecuencia de la pandemia ocurrida.

#### b) Tasa Específica de Mortalidad por edades (TEM)

Las tasas específicas de mortalidad se obtienen para cada grupo de edad. Es decir, este indicador refleja el número de defunciones en un determinado grupo de edad, por cada mil personas en la población dentro del mismo grupo.

La tasa específica de mortalidad se define como:

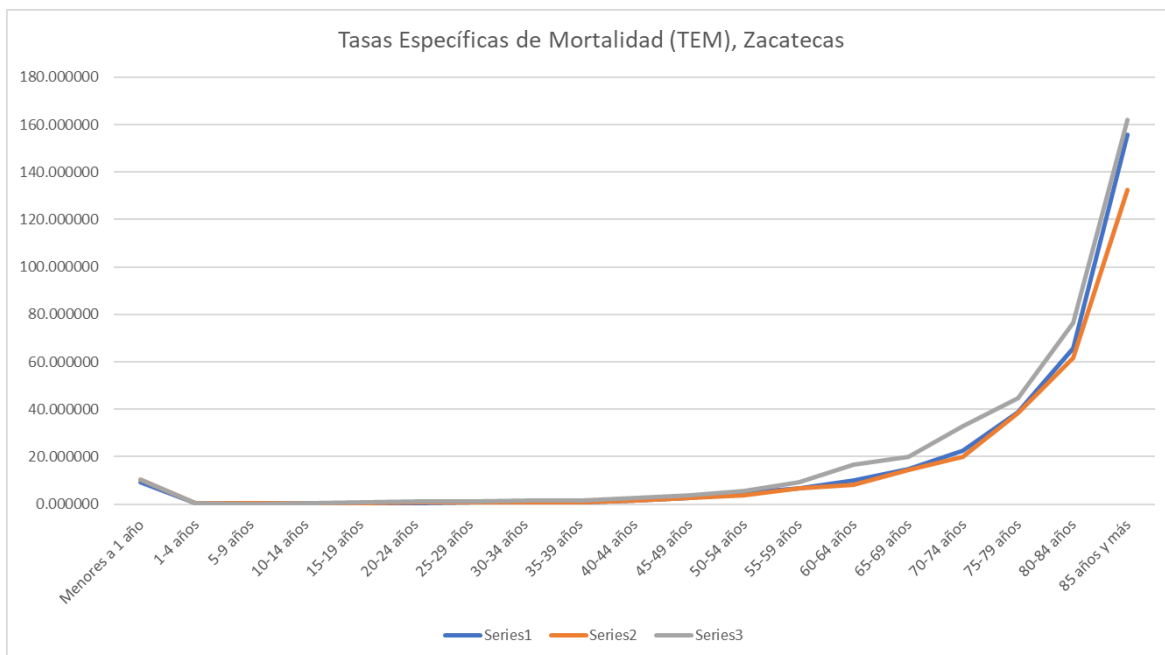
$${}_n m_x = \frac{{}_n D_x}{{}_n P_x}$$

${}_n D_x$ : son las defunciones en el grupo de edad  $(x, x + n)$

${}_n P_x$ : es la población a mitad de año en el mismo grupo.

A continuación, las TEM del estado de Zacatecas con su respectiva gráfica (tomando un radix de 1000):

Tasas Específicas de Mortalidad (TEM)			
Edad	2010	2015	2020
Tasa Mortalidad Infantil	8.922638	10.195467	7.190762
Menores a 1 año	9.085759	10.155381	10.155381
1-4 años	0.524621	0.325175	0.227730
5-9 años	0.253692	0.197097	0.116376
10-14 años	0.200973	0.245877	0.199991
15-19 años	0.392261	0.462377	0.608218
20-24 años	0.531552	0.567014	0.980152
25-29 años	0.692606	0.803486	1.034591
30-34 años	0.937651	0.625019	1.437584
35-39 años	0.890265	0.807048	1.385349
40-44 años	1.499442	1.363054	2.719750
45-49 años	2.635976	2.520225	3.615637
50-54 años	4.802181	3.602666	5.691167
55-59 años	6.728915	6.517337	9.205583
60-64 años	9.939814	7.950343	16.564971
65-69 años	14.759054	14.215666	20.017530
70-74 años	22.366993	19.990350	32.731641
75-79 años	38.688990	38.514424	44.656028
80-84 años	65.789174	61.570228	76.434951
85 años y más	155.750371	132.663118	161.998954



Podemos observar que hay variaciones en los tres periodos, de cierta manera disminuyendo a la edad de 1-4 años, sin embargo, notando el impacto de la situación epidemiológica en 2020 donde si hubo un incremento considerable en las tasas.

### c) Tasa de Mortalidad Infantil (TMI)

Representa la frecuencia con que ocurren las defunciones de niños menores de un año en relación con el número de nacimientos. Se calcula dividiendo estas defunciones ocurridas en un intervalo de tiempo, entre el número de nacidos vivos del mismo periodo. Generalmente el resultado se expresa por cada mil nacidos vivos.

$$TMI = \frac{D_i}{N_i} * K$$

TMI: Tasa de Mortalidad Infantil.

D: Defunciones de niñas menores de un año de edad del año i.

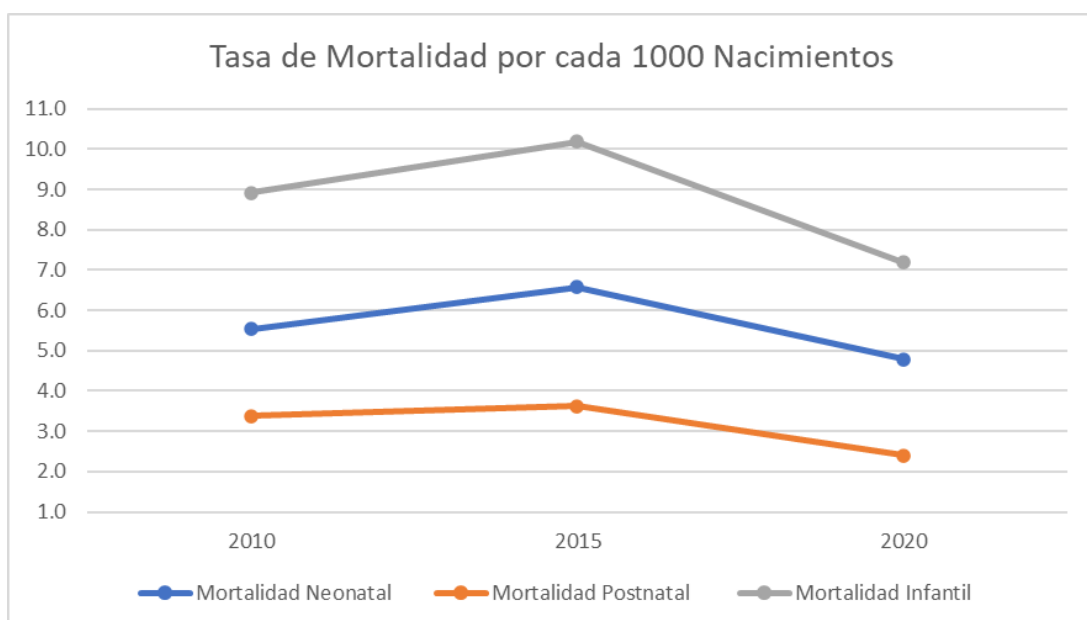
N: Nacimientos ocurridos en el año i.

K: 1000

i: Año de estudio.

A continuación, se presentan las TMI, Tasa de Mortalidad Neonatal y Tasa de Mortalidad Postnatal, así como su respectiva gráfica para poder visualizar la evolución de estas a través del tiempo (con un rádix de 1000):

Tasa de Mortalidad Por Cada 1000 Nacimientos			
Edad	2010	2015	2020
Mortalidad Neonatal	5.542011	6.575775	4.793842
Mortalidad Postnatal	3.380627	3.619693	2.396921
Mortalidad Infantil	8.922638	10.195467	7.190762



#### d) Tasa Tipificada de Mortalidad (TTM)

Es el número de defunciones por cada mil habitantes de una población tipo (cualquiera), y se calcula como:

$$TTM = \frac{\sum (m_x * n P_x^{tipo})}{\sum n P_x^{tipo}} * 1000$$

donde en el numerador tenemos definidas las muertes esperadas de una población y en el denominador tenemos definido la población tipo a estudiar.

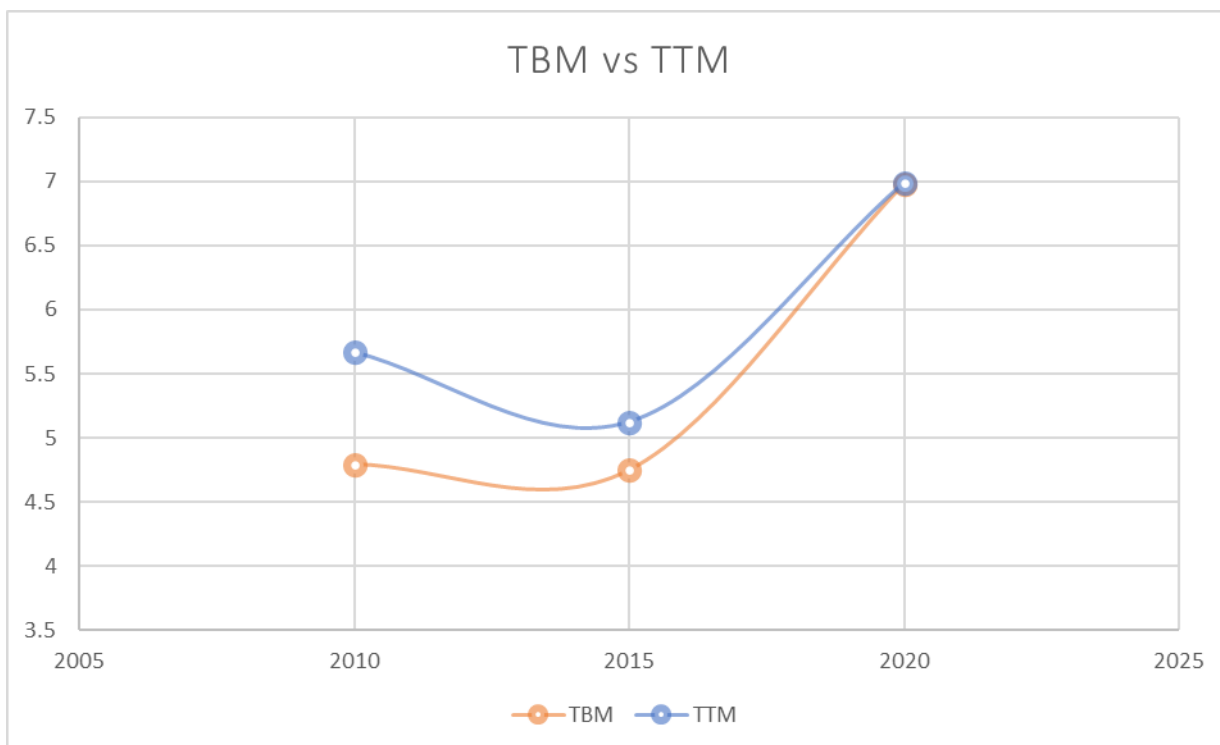
En nuestro caso estamos asumiendo que la población tipo será la del año 2020:

Población Tipo (2020)	
Grupo de edad	Mujeres
Menores a 1 año	15,261
De 1 a 4 años	65,868
De 5 a 9 años	77,336
De 10 a 14 años	75,003
De 15 a 19 años	70,698
De 20 a 24 años	66,316
De 25 a 29 años	62,827
De 30 a 34 años	59,823
De 35 a 39 años	56,304
De 40 a 44 años	53,314
De 45 a 49 años	50,060
De 50 a 54 años	44,806
De 55 a 59 años	37,586
De 60 a 64 años	30,245
De 65 a 69 años	23,679
De 70 a 74 años	18,025
De 75 a 79 años	13,436
De 80 a 84 años	9,498
De 85 años y más	9,364
Total	839,449

A continuación, observamos la TTM del estado de Zacatecas:

	Año 2020		
	2010	2015	2020
Tasa Tipificada de Mortalidad (TTM)	5.666908	5.123469	6.987897

Ahora, mostramos la comparación de la TBM y la TTM:



Dado que la TBM es menor que la TTM de una población, esto significa que la población tiene una estructura de edad más joven en comparación con la población tipo utilizada para calcular la TTM. En otras palabras, la población podría tener una proporción relativamente alta de jóvenes y una proporción relativamente baja de personas mayores, lo que podría influir en la tasa de mortalidad general de la población.

## 2. AJUSTE DE MORTALIDAD POR EL MÉTODO LOGITO

### a) Probabilidades de Muerte:

Función de Probabilidad de Muerte:  $q_x$

Esta función va a representar, la probabilidad asociada a que una persona perteneciente a la cohorte hipotética muera a la edad cumplida  $x$  (muera en el año comprendido entre edades " $x$ " y " $x+1$ "). De acuerdo con el concepto de probabilidad se tiene que,  $q_x$  es una relación entre  $dx$  y  $l_x$ , es decir, una relación entre los casos favorables (defunciones ocurridas a la edad cumplida " $x$ ") y el total de casos (sobrevivientes a la edad " $x$ ").



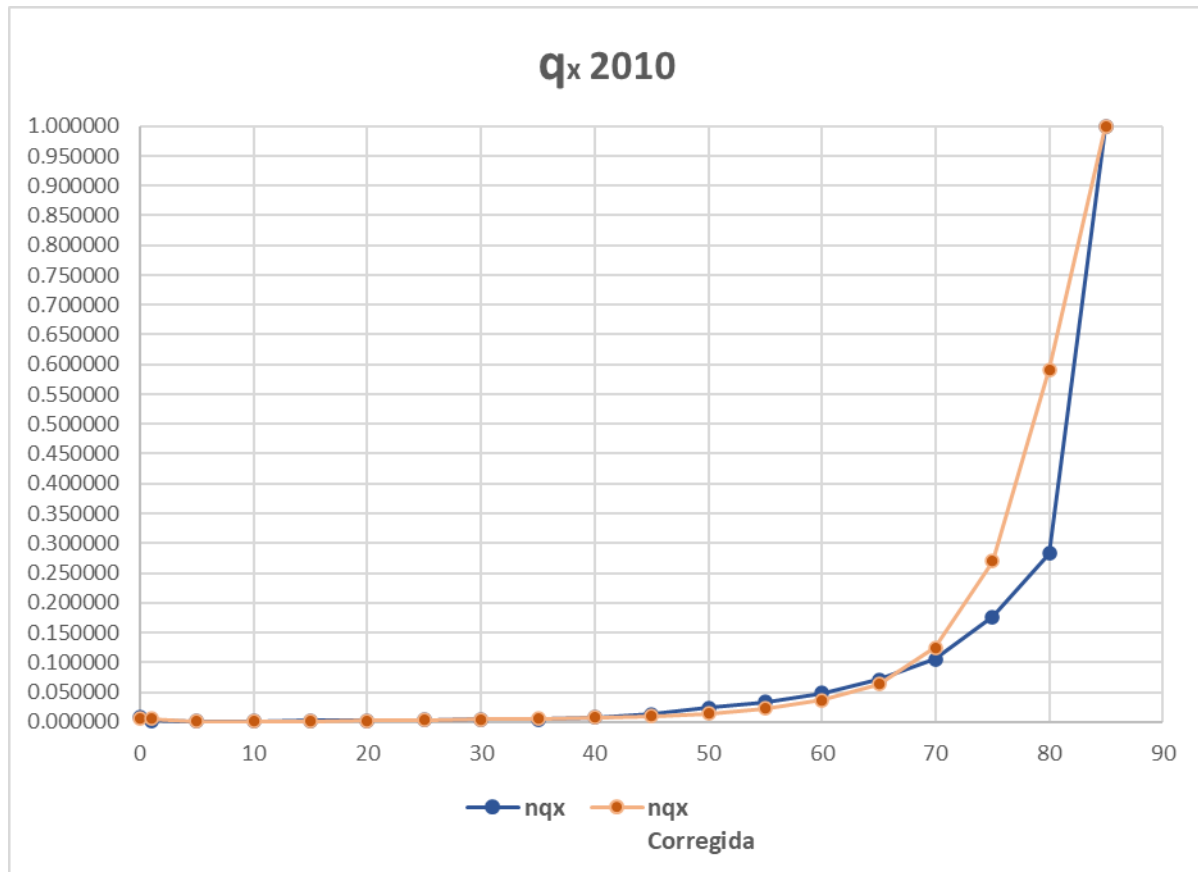
$$q_x = \frac{d_x}{l_x} = \frac{l_x - l_{x+1}}{l_x}$$

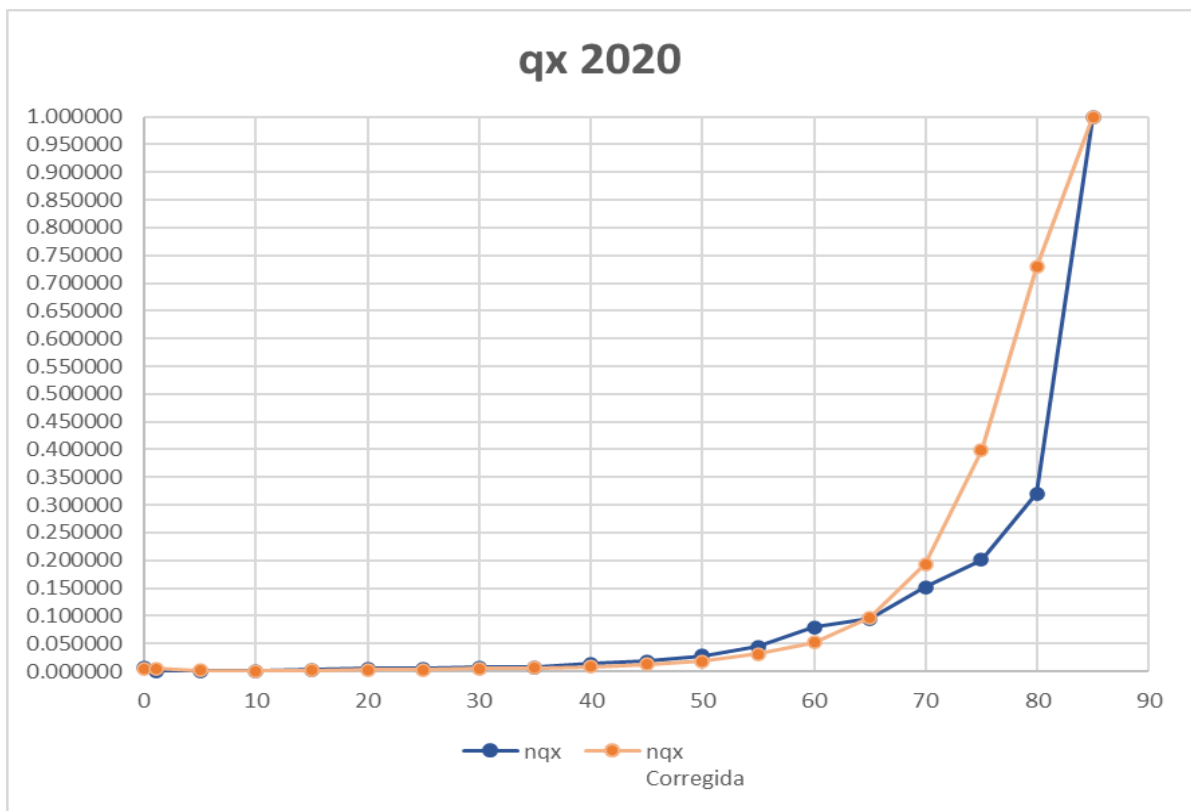
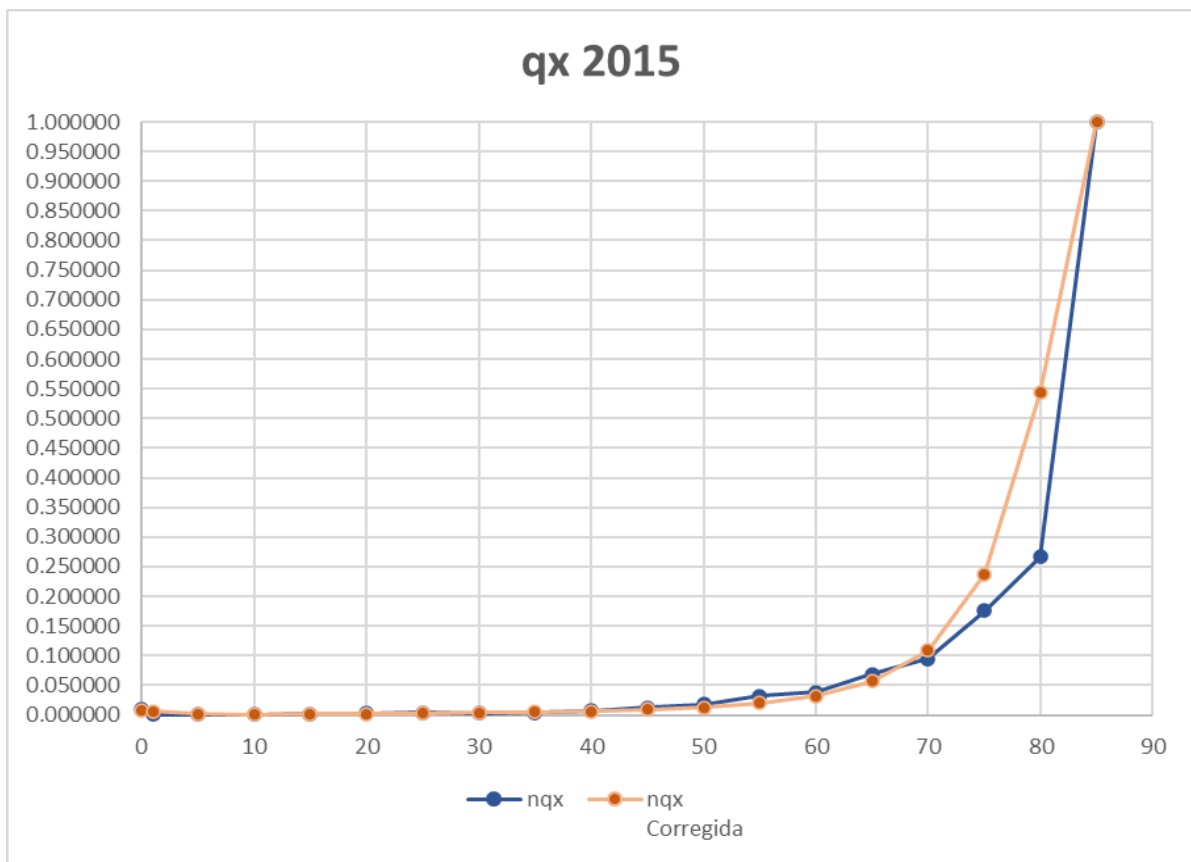
$q_x$  = Probabilidad de muerte entre la edad  $x$  y  $x+1$ .

$d_x$  = Defunciones ocurridas entre las edades  $x$  y  $x+1$ .

$l_x$  = Sobrevivientes a la edad  $x$ .

Aplicando el método logito para poder hacer una corrección, así nuestras probabilidades de muerte se asemejen gráficamente a las TEM:





b)  $\alpha$  y  $\beta$ .

A continuación, una tabla donde se resumen los Alpha y Beta obtenidos en los tres periodos:

	2010	2015	2020
Beta	1.4039	1.3282	1.6641
Alfa	-0.6910	-0.7435	-0.4930

Podemos notar que en los tres periodos tenemos Alpha menores a cero, indicando que el nivel de mortalidad es mayor en la estándar que en la observada. Por otro lado, respecto a los valores obtenidos en Beta notamos que el mayor a uno en los tres periodos, indicando que se muere más la población adulta en la tabla observada que en la estándar.

c) Tablas de vida con las probabilidades de muerte obtenidas con el modelo logito.

TABLA DE VIDA (Metodo Logito), ZACATECAS 2010			
x	n	ex	ex Logito
0	1	78.8489	77.2366
1	4	78.5673	76.7326
5	5	74.7293	73.1591
10	5	69.8210	68.2742
15	5	64.8887	63.3410
20	5	60.0111	58.4250
25	5	55.1642	53.5489
30	5	50.3469	48.7054
35	5	45.5717	43.8914
40	5	40.7639	39.1118
45	5	36.0518	34.3715
50	5	31.4970	29.6817
55	5	27.2017	25.0669
60	5	23.0470	20.5842
65	5	19.0942	16.2623
70	5	15.3657	12.2011
75	5	11.8897	8.5884
80	5	8.9006	5.8446
85	w	6.4205	5.6902

TABLA DE VIDA (Metodo Logito), ZACATECAS 2015			
x	n	ex	ex Logito
0	1	80.0311	78.0721
1	4	79.8470	77.6222
5	5	75.9491	74.0614
10	5	71.0215	69.1778
15	5	66.1058	64.2450
20	5	61.2530	59.3294
25	5	56.4198	54.4531
30	5	51.6369	49.6085
35	5	46.7907	44.7919
40	5	41.9698	40.0076
45	5	37.2397	35.2596
50	5	32.6802	30.5581
55	5	28.2288	25.9257
60	5	24.0811	21.4145
65	5	19.9564	17.0493
70	5	16.2429	12.9204
75	5	12.6888	9.2000
80	5	9.8599	6.2833
85	w	7.5379	5.7835

TABLA DE VIDA (Metodo Logito), ZACATECAS 2020			
x	n	ex	ex Logito
0	1	75.8180	74.4125
1	4	75.5908	73.7725
5	5	71.6584	70.1637
10	5	66.6986	65.2759
15	5	61.7628	60.3420
20	5	56.9433	55.4261
25	5	52.2108	50.5521
30	5	47.4686	45.7147
35	5	42.7930	40.9126
40	5	38.0731	36.1533
45	5	33.5602	31.4445
50	5	29.1268	26.8023
55	5	24.8954	22.2593
60	5	20.9505	17.8917
65	5	17.5447	13.7451
70	5	14.1298	9.9531
75	5	11.2027	6.7466
80	5	8.3901	4.5577
85	w	6.1729	5.0822

Dada la corrección en las probabilidades de muerte notamos en los tres periodos una ligera disminución de la esperanza de vida.

### 3. PROYECCIÓN DE LA MORTALIDAD POR EL MODELO LOGITO

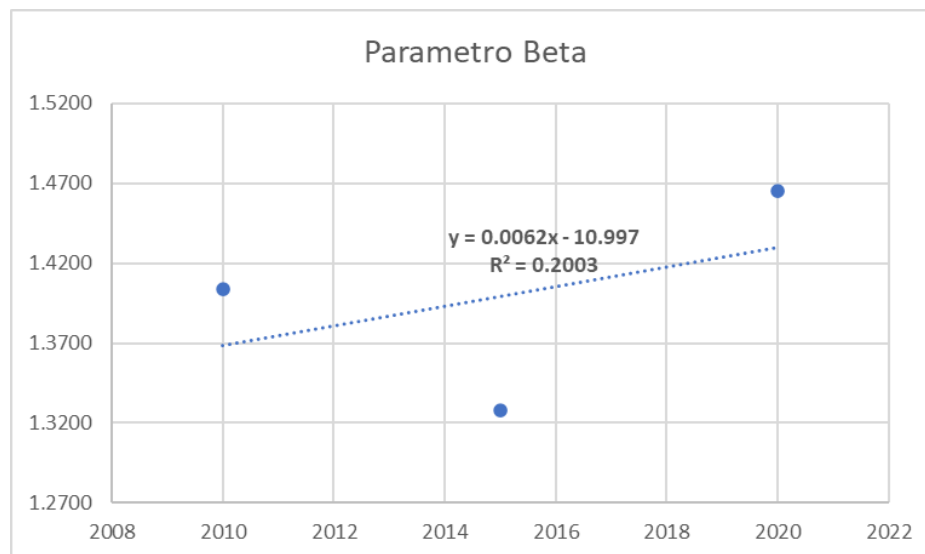
a) Para los años 2025, 2030 y 2035, realizar los pasos indicados en clase para obtener las probabilidades de muerte por el método logito.

nqx				
x	n	2025	2030	2035
0	1	0.004951	0.003750	0.003283
1	4	0.005041	0.003930	0.003537
5	5	0.001511	0.001187	0.001077
10	5	0.000953	0.000750	0.000682
15	5	0.001307	0.001032	0.000939
20	5	0.002120	0.001679	0.001533
25	5	0.002979	0.002367	0.002168
30	5	0.003981	0.003177	0.002922
35	5	0.005364	0.004304	0.003976
40	5	0.007291	0.005884	0.005462
45	5	0.010220	0.008305	0.007752
50	5	0.015212	0.012464	0.011708
55	5	0.025136	0.020824	0.019713
60	5	0.041909	0.035239	0.033677
65	5	0.076595	0.065783	0.063617
70	5	0.154139	0.136760	0.134269
75	5	0.331756	0.309386	0.309070
80	5	0.670588	0.661151	0.667042
w		1.000000	1.000000	1.000000

b)  $\alpha$  y  $\beta$  proyectadas.

Volvemos a utilizar las Alfa y Betas calculadas anteriormente para poder realizar las proyecciones:

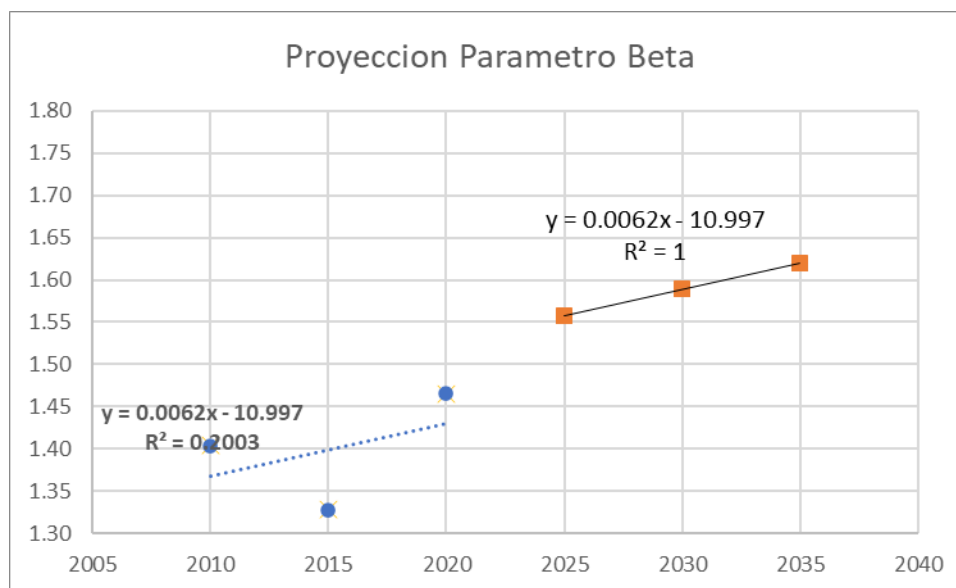
	2010	2015	2020
Beta	1.4039	1.3282	1.4654
Alfa	-0.6910	-0.7435	-0.4930



Basándonos en la ecuación del parámetro de Beta podemos realizar una proyección de las Beta, las Alpha simplemente se utilizó un promedio.

	2025	2030	2035
Beta Proyectada	1.56	1.59	1.62
Alfa	-0.6183	-0.7172	-0.7435

De igual manera en cada periodo proyectado obtenemos una Beta mayor a uno, que quiere decir que se muere con una mayor frecuencia la población adulta en la tabla de seres observadas que en la tabla de series estándar. Mismo caso de las Alpha, son menores a cero en los tres periodos esto nos dice que la función de sobrevivencia  $l_x$ , su valor mayor en la tabla de seres observadas que en la tabla de seres estándar.



c) Tablas de Vida con las probabilidades de muerte obtenidas con el modelo logito para los años 2025, 2030 y 2035.

A continuación, podemos observar las esperanzas de vida para cada uno de los periodos, notamos que hay una ligera variación, pero aun así manteniéndose constante.

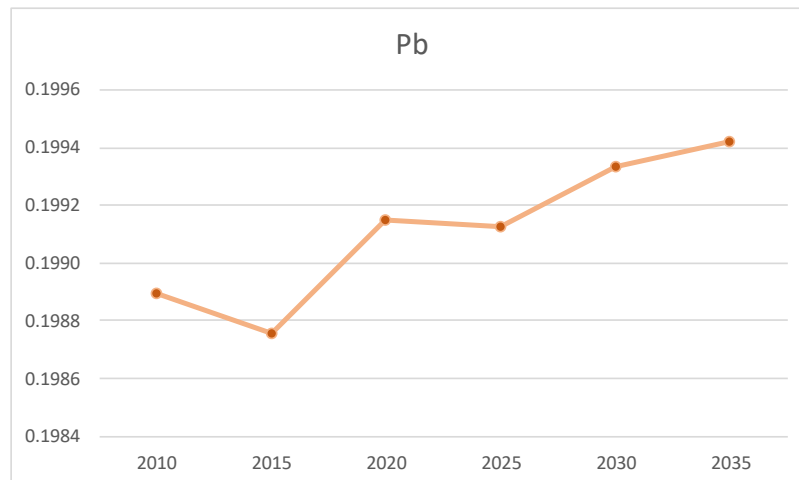
$e_x$				
x	n	2025	2030	2035
0	1	76.09	77.28	77.53
1	4	75.47	76.57	76.79
5	5	71.84	72.86	73.05
10	5	66.95	67.95	68.13
15	5	62.01	63.00	63.17
20	5	57.09	58.06	58.23
25	5	52.20	53.15	53.32
30	5	47.35	48.27	48.43
35	5	42.53	43.42	43.56
40	5	37.75	38.59	38.73
45	5	33.01	33.81	33.92
50	5	28.32	29.07	29.17
55	5	23.72	24.41	24.49
60	5	19.27	19.87	19.93
65	5	15.00	15.51	15.53
70	5	11.04	11.42	11.42
75	5	7.59	7.84	7.80
80	5	5.12	5.23	5.18
	w	5.46	5.54	5.54

## 4. RELACIONES DE SOBREVIVENCIA

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos:

RELACIÓN DE SOBREVIVENCIA							
x	n	2010	2015	2020	2025	2030	2035
0	5	3.982462	3.982565	3.984360	3.985200	3.988512	3.989704
5	5	1.246310	1.246265	1.246407	1.246662	1.247393	1.247649
10	5	0.998679	0.998684	0.998646	0.998768	0.999031	0.999121
15	5	0.998803	0.998814	0.998748	0.998870	0.999109	0.999189
20	5	0.998206	0.998232	0.998087	0.998287	0.998645	0.998764
25	5	0.997367	0.997423	0.997127	0.997451	0.997978	0.998150
30	5	0.996467	0.996571	0.996035	0.996521	0.997228	0.997455
35	5	0.995348	0.995526	0.994609	0.995329	0.996260	0.996552
40	5	0.993833	0.994129	0.992601	0.993675	0.994908	0.995283
45	5	0.991664	0.992151	0.989613	0.991250	0.992909	0.993396
50	5	0.988204	0.989028	0.984685	0.987297	0.989624	0.990278
55	5	0.981839	0.983338	0.975323	0.979864	0.983382	0.984313
60	5	0.970804	0.973607	0.958398	0.966584	0.972044	0.973375
65	5	0.950253	0.955717	0.925831	0.941119	0.949763	0.951609
70	5	0.906525	0.917839	0.856985	0.886177	0.899935	0.902217
75	5	0.807103	0.830423	0.714840	0.764468	0.783262	0.784620
80	w	0.372688	0.386640	0.323233	0.347480	0.353553	0.352608

Año	Pb
2010	0.198897
2015	0.198756
2020	0.199149
2025	0.199124
2030	0.199336
2035	0.199419



Pido una disculpa Irene, pero esto no lo supe interpretar. :c

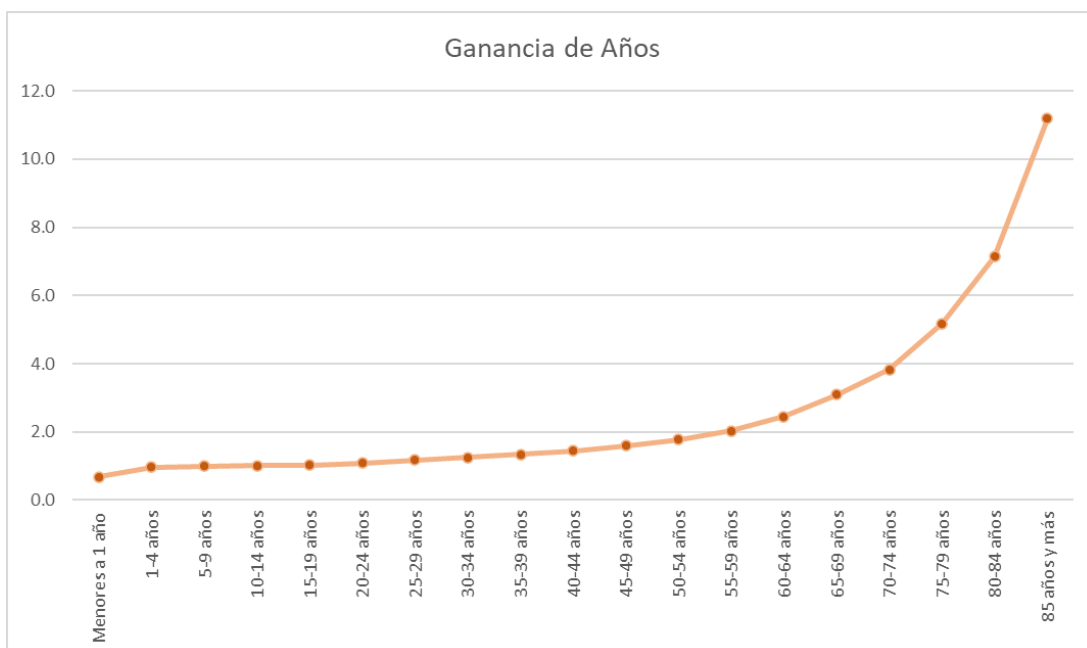


## 5. TABLA DE DECREMENTOS MÚLTIPLES

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos de estudiar la causa de muerte que ha tenido mayores defunciones en Zacatecas, que en este caso son las Enfermedades del sistema circulatorio:

Defunciones Mujeres ZACATECAS, 2020			
	Todas las causas	Enfermedades del sistema circulatorio (I00-I99)	Resto de las causas
Menores a 1 año	109	1	108
1-4 años	15	0	15
5-9 años	9	0	9
10-14 años	15	0	15
15-19 años	45	3	42
20-24 años	69	2	67
25-29 años	70	6	64
30-34 años	99	7	92
35-39 años	91	6	85
40-44 años	178	14	164
45-49 años	222	21	201
50-54 años	326	31	295
55-59 años	459	42	417
60-64 años	638	88	550
65-69 años	593	105	488
70-74 años	716	129	587
75-79 años	692	171	521
80-84 años	806	258	548
85 años y más	1561	605	956
Total	6713	1489	5224

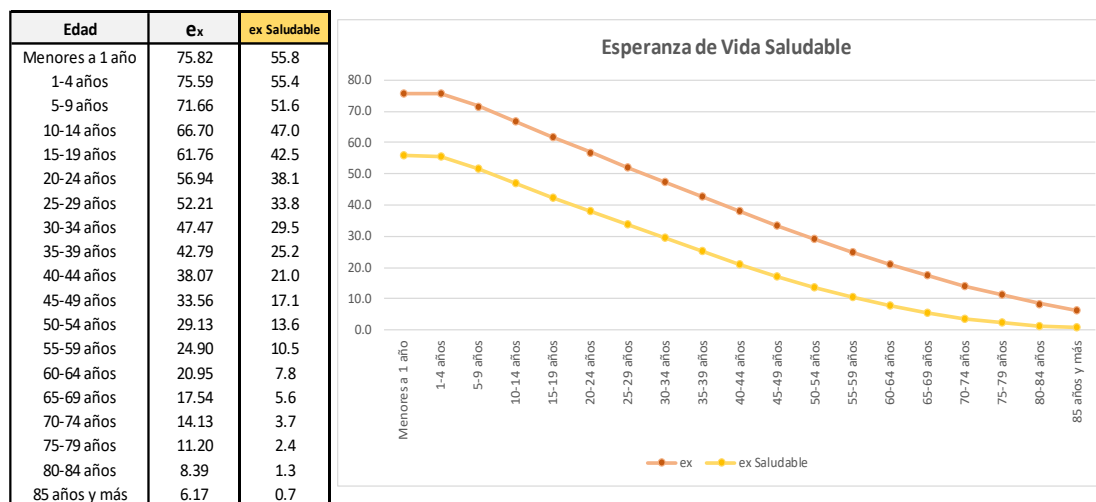
Edad	Ganancia de Años
Menores a 1 año	0.7
1-4 años	0.96
5-9 años	0.99
10-14 años	1.00
15-19 años	1.03
20-24 años	1.08
25-29 años	1.18
30-34 años	1.25
35-39 años	1.35
40-44 años	1.44
45-49 años	1.59
50-54 años	1.77
55-59 años	2.04
60-64 años	2.46
65-69 años	3.10
70-74 años	3.82
75-79 años	5.18
80-84 años	7.14
85 años y más	11.19



Considerando seriamente que las enfermedades del sistema circulatorio son de las comunes en México, ya sean por cuestiones hereditarias y demás, si esta enfermedad no existiera podemos notar que la esperanza de vida en la población más viejita (a partir de los 55 años) podrían tener de una esperanza de vida aún mayor.

## 6. ESPERANZA DE VIDA SALUDABLE.

A continuación, presentamos los resultados de la comparación entre la esperanza de vida y la esperanza de vida saludable:



Notamos un cambio considerable respecto a la esperanza de vida general, podríamos pensar que sucede esto porque muchas personas experimentan enfermedades y discapacidades a medida que envejecen. Al mismo tiempo podemos pensar que la esperanza de vida saludable puede verse afectada por factores sociales, económicos y ambientales, contribuyendo al desarrollo de enfermedades crónicas y discapacidades.