



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Evolución y Proyección de la Diabetes en Poblaciones Envejecientes: Un Análisis Integral a lo largo de los años

Diego Isaac Jimenez Baroja



Antecedentes

La evolución y proyección de la diabetes en poblaciones envejecientes en México se enmarca en un contexto demográfico de envejecimiento acelerado y un creciente impacto de enfermedades crónicas no transmisibles, como la diabetes. En 2021, la diabetes fue responsable del 13% de las defunciones en México, con 140,729 muertes registradas, siendo la mayoría de estas (74.9%) personas no insulino dependientes. La tasa de mortalidad por diabetes mellitus fue de 11.0 por cada 10,000 habitantes, afectando de manera similar a hombres y mujeres, y concentrándose principalmente en el grupo de adultos mayores².

La Encuesta Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México (ENASEM) 2021, da seguimiento a la salud y condiciones de vida de las personas de 53 años y más. En 2021, las principales enfermedades que afectaron a esta población fueron la hipertensión arterial (43.3%) y la diabetes (25.6%). Además, la encuesta reveló que un significativo porcentaje de esta población percibía su salud como regular o mala, y enfrentaba limitaciones para realizar actividades diarias básicas y complejas¹.

La tendencia demográfica en México muestra un crecimiento significativo en la proporción de personas mayores de 60 años, lo cual está detallado en el sitio oficial del INEGI, que proporciona un panorama amplio sobre la demografía en México y subraya el envejecimiento poblacional. Este envejecimiento poblacional plantea desafíos adicionales para la gestión de enfermedades crónicas como la diabetes.

La combinación de datos de mortalidad por diabetes y las condiciones de salud de la población envejeciente ofrece una visión integral sobre el impacto actual y futuro de la diabetes en México. El envejecimiento de la población, junto con la alta prevalencia de diabetes, subraya la necesidad de políticas públicas enfocadas en la prevención y manejo de enfermedades crónicas, así como en la mejora de los servicios de salud para los adultos mayores. Estos antecedentes proporcionan un marco comprensivo para analizar la evolución y proyección de la diabetes en poblaciones envejecientes, destacando la importancia de un enfoque integral que considere tanto los factores demográficos como los de salud pública.

Justificación

El envejecimiento de la población es un fenómeno global que tiene implicaciones significativas en la salud pública, especialmente en la prevalencia de enfermedades crónicas como la diabetes. Este proyecto es fundamental para entender cómo ha evolucionado la diabetes en las últimas décadas y cómo se proyecta su impacto en el futuro, específicamente en las poblaciones envejecientes.

La diabetes es una de las enfermedades crónicas más prevalentes en adultos mayores. Según la Encuesta Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México (ENASEM) 2021, el 25.6% de la población de 53 años y más reportó tener diabetes, con una prevalencia mayor en mujeres (28.1%) que en hombres (22.5%)¹. Este dato evidencia el impacto significativo de la diabetes en la población envejecida y la necesidad de un seguimiento detallado de su evolución a lo largo del tiempo.

El incremento en la esperanza de vida y la reducción de las tasas de natalidad han llevado a un aumento en la proporción de adultos mayores en la población total. En 2021, la ENASEM estimó que había 25.9 millones de personas de 53 años y más en México, lo que representa un aumento significativo desde el inicio del estudio en 2001¹. Este cambio demográfico está asociado con un incremento en la prevalencia de enfermedades crónicas, incluida la diabetes, lo que justifica la necesidad de correlacionar estos cambios con la incidencia y mortalidad por diabetes.

La proyección de la prevalencia de diabetes es crucial para la planificación de políticas de salud pública y la asignación de recursos. El análisis estadístico de los datos históricos permitirá prever tendencias futuras y preparar estrategias adecuadas para enfrentar el aumento esperado de la diabetes en adultos mayores. Los datos del INEGI en 2021 muestran que el 13% de las defunciones en México fueron causadas por diabetes², subrayando la gravedad del problema y la urgencia de proyectar su evolución futura.

La combinación de los datos históricos proporcionados por la ENASEM y las estadísticas recientes del INEGI subraya la necesidad de un análisis integral de la evolución y proyección de la diabetes en poblaciones envejecientes. Este estudio no solo aportará una comprensión detallada de las tendencias actuales, sino que también proporcionará las herramientas necesarias para anticipar y mitigar el impacto de la diabetes en el futuro. La justificación del proyecto se basa en datos sólidos y en la necesidad imperiosa de abordar un problema de salud pública que afecta significativamente a una población cada vez mayor.

Objetivos

- Analizar la evolución de la prevalencia y mortalidad por diabetes en adultos mayores desde 2010.
- Correlacionar los cambios demográficos, como el aumento en la proporción de adultos mayores, con la incidencia y mortalidad por diabetes.
- Utilizar técnicas estadísticas para predecir la mortalidad futura por diabetes.

Base de datos

Las bases de datos e información para este proyecto los obtuve por parte de INEGI. Siendo presentados de la siguiente forma

Grupo quinquenal de edad	2000		2005		2010		2020	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Total	47,592,253	49,891,159	50,249,955	53,013,433	54,855,231	57,481,307	61,473,390	64,540,634
0 a 4 años	5,401,306	5,233,851	5,175,913	5,010,330	5,346,943	5,181,379	5,077,482	4,969,883
5 a 9 años	5,677,711	5,537,612	5,339,127	5,172,611	5,604,175	5,443,362	5,453,091	5,311,288
10 a 14 años	5,435,737	5,300,756	5,545,910	5,406,213	5,547,613	5,392,324	5,554,260	5,389,280
15 a 19 años	4,909,648	5,082,487	4,995,906	5,113,115	5,520,121	5,505,991	5,462,150	5,344,540
20 a 24 años	4,303,600	4,767,534	4,253,440	4,711,189	4,813,204	5,079,067	5,165,884	5,256,211
25 a 29 años	3,861,482	4,296,261	3,805,724	4,297,634	4,205,975	4,582,202	4,861,404	5,131,597
30 a 34 años	3,383,356	3,753,167	3,745,974	4,187,977	4,026,031	4,444,767	4,527,726	4,893,101
35 a 39 años	3,023,328	3,329,210	3,371,372	3,741,154	3,964,738	4,328,249	4,331,530	4,688,746
40 a 44 años	2,494,771	2,700,062	2,871,549	3,145,719	3,350,322	3,658,904	4,062,304	4,441,282
45 a 49 años	1,957,177	2,114,914	2,388,149	2,627,106	2,824,364	3,104,366	3,812,344	4,130,069
50 a 54 años	1,624,033	1,733,920	1,959,720	2,130,930	2,402,451	2,661,840	3,332,163	3,705,369
55 a 59 años	1,234,072	1,325,159	1,497,981	1,619,090	1,869,537	2,025,828	2,692,976	3,002,982
60 a 64 años	1,045,404	1,152,742	1,243,788	1,378,688	1,476,667	1,639,799	2,257,862	2,563,200
65 a 69 años	779,666	881,119	922,592	1,035,477	1,095,273	1,221,992	1,706,850	1,938,227
70 a 74 años	589,106	656,568	703,277	793,414	873,893	1,000,041	1,233,492	1,413,848
75 a 79 años	411,197	454,073	490,840	557,475	579,689	665,794	847,898	966,684
80 a 84 años	217,330	266,546	296,351	360,660	355,277	443,659	523,812	651,552
85 a 89 años	125,041	165,010	150,617	194,537	197,461	256,703	283,351	375,894
90 a 94 años	50,843	71,163	54,391	77,934	68,130	96,794	107,358	159,448
95 a 99 años	25,741	37,151	24,439	36,706	25,920	39,812	36,615	58,590
100 años y más	8,029	11,728	6,696	10,953	7,228	11,247	6,644	11,651
No especificado	1,033,675	1,020,126	1,406,199	1,404,521	700,219	697,187	136,194	137,192

Al final de todas las edades quinquenales hay una columna que dice “No especificado” estos datos que se encuentran en esa fila, son valores que deben estar en alguna edad quinquenal por lo que parte de mi limpieza de datos será un método llamado por los demógrafos “Prorrrear”. Consiste en tomar un factor el cual se calcula como

$$Factor = 1 + \frac{\text{No especificado}}{\text{Total Poblacion} - \text{No especificado}}$$

Grupo quinquenal de edad	2000		Factor Hombres y Mujeres	
	Hombres	Mujeres	1.022201602	1.020873837
0 a 4 años	5,401,306	5,233,851	5,521,224	5,343,102
5 a 9 años	5,677,711	5,537,612	5,803,765	5,653,203
10 a 14 años	5,435,737	5,300,756	5,556,419	5,411,403
15 a 19 años	4,909,648	5,082,487	5,018,650	5,188,578
20 a 24 años	4,303,600	4,767,534	4,399,147	4,867,051
25 a 29 años	3,861,482	4,296,261	3,947,213	4,385,940
30 a 34 años	3,383,356	3,753,167	3,458,472	3,831,510
35 a 39 años	3,023,328	3,329,210	3,090,451	3,398,703
40 a 44 años	2,494,771	2,700,062	2,550,159	2,756,423
45 a 49 años	1,957,177	2,114,914	2,000,629	2,159,060
50 a 54 años	1,624,033	1,733,920	1,660,089	1,770,114
55 a 59 años	1,234,072	1,325,159	1,261,470	1,352,820
60 a 64 años	1,045,404	1,152,742	1,068,614	1,176,804
65 a 69 años	779,666	881,119	796,976	899,511
70 a 74 años	589,106	656,568	602,185	670,273
75 a 79 años	411,197	454,073	420,326	463,551
80 a 84 años	217,330	266,546	222,155	272,110
85 a 89 años	125,041	165,010	127,817	168,454
90 a 94 años	50,843	71,163	51,972	72,648
95 a 99 años	25,741	37,151	26,312	37,926
100 años y más	8,029	11,728	8,207	11,973
No especificado	1,033,675	1,020,126	--	--
Total	47,592,253	49,891,159	47,592,253	50,932,579

Este factor se multiplicará por cada edad, y entonces la cantidad de "No especificado" estará dispersa en cada edad quinquenal.

Grupo quinquenal de edad	2000		2005		2010		2020	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
0 a 4 años	5,521,224	5,343,102	5,324,926	5,146,685	5,416,078	5,244,995	5,088,756.115	4,980,469.828
5 a 9 años	5,803,765	5,653,203	5,492,839	5,313,382	5,676,636	5,510,195	5,465,199.122	5,322,602.088
10 a 14 años	5,556,419	5,411,403	5,705,575	5,553,341	5,619,343	5,458,530	5,566,592.759	5,400,760.227
15 a 19 años	5,018,650	5,188,578	5,139,737	5,252,267	5,591,496	5,573,593	5,474,278.237	5,355,924.922
20 a 24 años	4,399,147	4,867,051	4,375,895	4,839,403	4,875,438	5,141,427	5,177,354.404	5,267,407.763
25 a 29 años	3,947,213	4,385,940	3,915,290	4,414,593	4,260,358	4,638,462	4,872,198.332	5,142,528.311
30 a 34 años	3,458,472	3,831,510	3,853,820	4,301,952	4,078,087	4,499,339	4,537,779.429	4,903,524.268
35 a 39 años	3,090,451	3,398,703	3,468,433	3,842,968	4,016,002	4,381,391	4,341,147.792	4,698,733.951
40 a 44 años	2,550,159	2,756,423	2,954,220	3,231,329	3,393,641	3,703,827	4,071,323.999	4,450,742.804
45 a 49 años	2,000,629	2,159,060	2,456,903	2,698,602	2,860,883	3,142,481	3,820,808.984	4,138,866.859
50 a 54 años	1,660,089	1,770,114	2,016,140	2,188,923	2,433,514	2,694,522	3,339,561.783	3,713,262.165
55 a 59 años	1,261,470	1,352,820	1,541,107	1,663,153	1,893,710	2,050,701	2,698,955.523	3,009,378.942
60 a 64 años	1,068,614	1,176,804	1,279,596	1,416,209	1,495,760	1,659,932	2,262,875.39	2,568,660.12
65 a 69 años	796,976	899,511	949,153	1,063,657	1,109,435	1,236,995	1,710,639.915	1,942,355.805
70 a 74 años	602,185	670,273	723,524	815,007	885,192	1,012,319	1,236,230.864	1,416,859.774
75 a 79 años	420,326	463,551	504,971	572,647	587,184	673,969	849,780.685	968,743.2271
80 a 84 años	222,155	272,110	304,883	370,475	359,871	449,106	524,975.0798	652,939.9339
85 a 89 años	127,817	168,454	154,953	199,831	200,014	259,855	283,980.1567	376,694.7282
90 a 94 años	51,972	72,648	55,957	80,055	69,011	97,982	107,596.3793	159,787.6556
95 a 99 años	26,312	37,926	25,143	37,705	26,255	40,301	36,696.30048	58,714.80823
100 años y más	8,207	11,973	6,889	11,251	7,321	11,385	6,658.752434	11,675.81892
Total	47,592,253	49,891,159	50,249,955	53,013,433	54,855,231	57,481,307	61,473,390	64,540,634

Notemos que al final, el total sigue siendo el mismo y no tenemos el valor del dato "No especifico". Los datos después de haber sido prorrateados se verían de la siguiente forma.

Modelos y variables

Objetivo 1: Analizar la evolución de la prevalencia y mortalidad por diabetes en adultos mayores desde 2010

Modelo Utilizado: Serie Temporal Simple
Variables Utilizadas

- Serie Temporal:

$$M_t$$

- t : Año (2010, 2011, ..., 2022)
- M_t : Número de muertes por diabetes en adultos mayores en el año t

La serie temporal simple es adecuada para visualizar y analizar la tendencia de los datos a lo largo del tiempo. Este enfoque permite identificar patrones y cambios en la mortalidad por diabetes en adultos mayores desde 2010.

Objetivo 2: Correlacionar los cambios demográficos, como el aumento en la proporción de adultos mayores, con la incidencia y mortalidad por diabetes

Modelo Utilizado: Regresión Lineal Múltiple
Variables Utilizadas

- La regresión lineal múltiple se puede representar como:

$$M_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 P_t + \epsilon$$

- t Año: Como una de las variables independientes.
- P_t : Proporción de adultos mayores en el año t
- M_t : Número de muertes por diabetes en adultos mayores en el año t

La regresión lineal múltiple permite evaluar la relación entre múltiples variables independientes y una variable dependiente. En este caso, se utiliza para analizar cómo tanto el año como la proporción de adultos mayores influyen en la mortalidad por diabetes, proporcionando una comprensión cuantitativa de estas relaciones.

Objetivo 3: Utilizar técnicas estadísticas para prever la prevalencia de diabetes en los próximos años, con especial énfasis en los adultos mayores

Modelo Utilizado: ARIMA (Auton Regressive Integrated Moving Average)

Variables utilizadas

M_t : Número de muertes por diabetes en adultos mayores en el año t .

El modelo ARIMA se define por tres parámetros: p (orden autorregresivo), d (orden de diferenciación), y q (orden de la media móvil). En este caso, utilizamos ARIMA(1, 1, 1).

$$\text{ARIMA}(1, 1, 1) : (1 - \phi_1 B)(1 - B)M_t = (1 + \theta_1 B)\epsilon_t$$

Donde

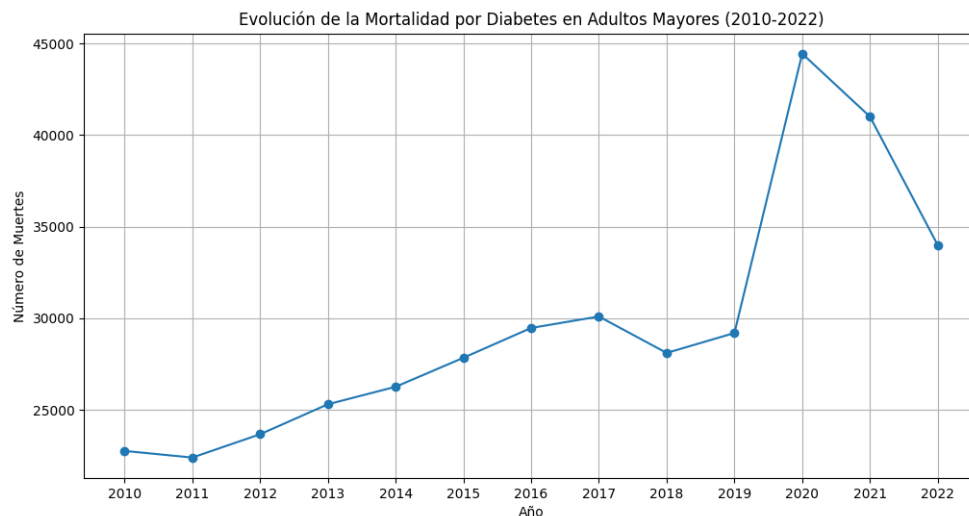
- M_t es el número de muertes por diabetes en adultos mayores en el año t .
- B es el operador de retroceso (lag operator).
- ϕ_1 es el coeficiente autorregresivo.
- θ_1 es el coeficiente de la media móvil.
- ϵ_t es el término de error en el tiempo t .

ARIMA es un modelo robusto para el análisis y pronóstico de series temporales. Permite capturar diferentes aspectos de los datos (tendencias, estacionalidad y ruido) y realizar predicciones a futuro basadas en el comportamiento histórico de la serie temporal. Este modelo es especialmente útil para datos que muestran tendencias y cambios con el tiempo, como la mortalidad por diabetes.

Utilizamos el número de muertes por diabetes en adultos mayores por año como nuestra variable M_t en el modelo ARIMA(1, 1, 1). Este enfoque nos permite hacer predicciones basadas en los datos históricos de mortalidad y prever tendencias futuras, proporcionando información valiosa para la planificación y las políticas de salud pública.

Resultados

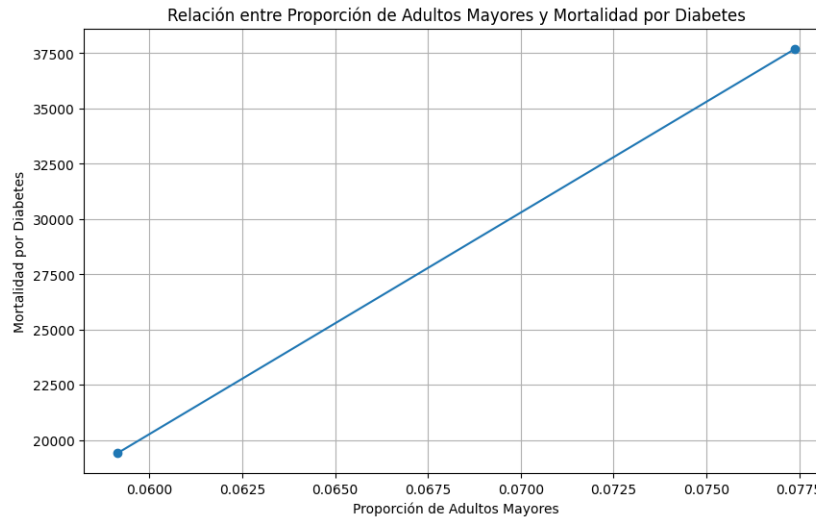
Objetivo 1



- La tendencia ngeeral de la mortalidad por diabetes en adultos mayores es ascen-dente desde 2010 hasta 2020.
- Hay un aumento significativo y marcado entre 2019 y 2020, seguido de una dis-minución en 2021 y 2022.
- Entre 2010 y 2019, la mortalidad por diabetes en adultos mayores muestra un incremento gradual con algunas fluctuaciones menores.
- En 2020, hay un pico notable en el número de muertes, alcanzando su valor más alto en la serie temporal.
- Después del pico en 2020, se observa un descenso significativo en 2021 y 2022.
- Esta disminución podría reflejar una combinación de factores, como la mejora en el manejo de la diabetes, la vacunación contra COVID-19, y cambios en la atención médica durante y después de la pandemia.

En resumen, la gráfica muestra un aumento inicial en la mortalidad por diabetes en adultos mayores, seguido de un pico significativo en 2020 y una disminución pos-terior en 2021 y 2022. Esta tendencia podría estar influenciada por diversos factores, incluidos los impactos de la pandemia de COVID-19 y las mejoras en la atención médica.

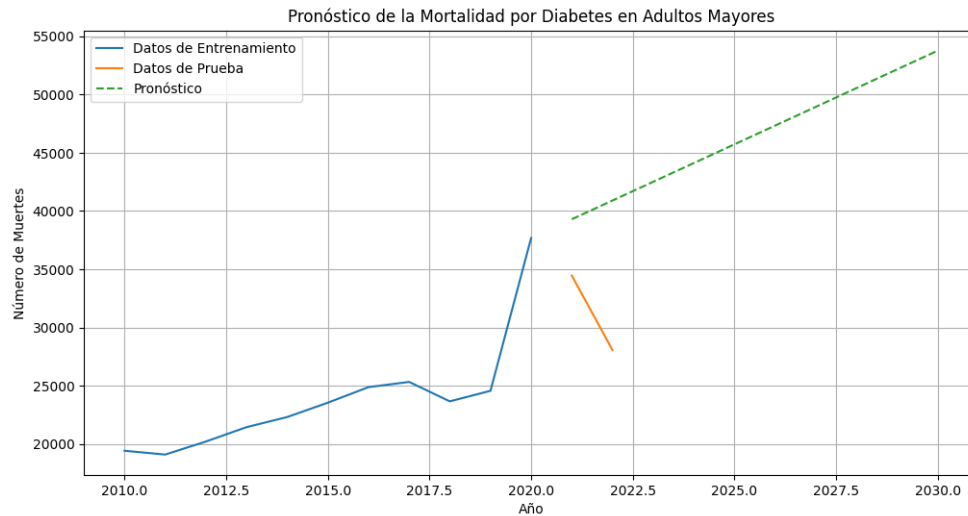
Objetivo 2



- La gráfica muestra una relación lineal positiva entre la proporción de adultos mayores y la mortalidad por diabetes.
- A medida que la proporción de adultos mayores en la población aumenta, también aumenta la mortalidad por diabetes.
- La gráfica sugiere que un incremento en la proporción de adultos mayores en la población está asociado con un incremento en la mortalidad por diabetes.
- Esto podría deberse a que, a medida que la población envejece, la prevalencia de diabetes y sus complicaciones tienden a aumentar, resultando en una mayor mortalidad.
- La tendencia positiva observada en la gráfica confirma que la mortalidad por diabetes está directamente relacionada con el envejecimiento de la población.

En resumen, la gráfica muestra una fuerte relación positiva entre la proporción de adultos mayores y la mortalidad por diabetes.

Objetivo 3



La gráfica muestra el pronóstico de la mortalidad por diabetes en adultos mayores para los próximos años (2021-2030) basado en el modelo ARIMA. Aquí está la interpretación de la gráfica:

- El modelo ARIMA predice un aumento continuo en la mortalidad por diabetes en adultos mayores. Esta tendencia puede reflejar el impacto del envejecimiento de la población y el aumento de la prevalencia de la diabetes entre los adultos mayores.

Datos de Entrenamiento (2010-2020)

- La línea azul muestra los datos de entrenamiento, que representan la mortalidad por diabetes en adultos mayores desde 2010 hasta 2020.
- Se observa una tendencia general al alza, con un aumento significativo en 2020.

Datos de Prueba (2021-2022)

- La línea naranja representa los datos de prueba, que son los datos reales de mortalidad por diabetes en adultos mayores para los años 2021 y 2022.
- Estos datos muestran una disminución significativa en comparación con el pico de 2020.

Pronóstico (2023-2030)

- La línea verde punteada muestra el pronóstico de la mortalidad por diabetes en adultos mayores para los años 2023 a 2030 basado en el modelo ARIMA.
- El pronóstico indica una tendencia ascendente continua, proyectando un aumento en la mortalidad por diabetes en adultos mayores en los próximos años.

El modelo ARIMA proyecta un aumento continuo en la mortalidad por diabetes en adultos mayores hasta 2030. Esta proyección subraya la necesidad de estrategias efectivas de salud pública para abordar el manejo y la prevención de la diabetes, especialmente en un contexto de envejecimiento poblacional.

Conclusion

Objetivo 1: Evolución de la Mortalidad por Diabetes en Adultos Mayores

Desde 2010, la mortalidad por diabetes en adultos mayores ha mostrado una tendencia general al alza, con un pico notable en 2020, probablemente influenciado por la pandemia de COVID-19. Esta tendencia ascendente podría estar relacionada con el envejecimiento de la población. Sin embargo, en 2021 y 2022, se observó una disminución en la mortalidad, posiblemente gracias a las mejoras en el manejo de la diabetes y al impacto positivo de la vacunación contra COVID-19.

Objetivo 2: Correlación entre la Proporción de Adultos Mayores y la Mortalidad por Diabetes

El análisis de regresión lineal múltiple muestra una fuerte correlación positiva entre la proporción de adultos mayores y la mortalidad por diabetes. A medida que la población envejece, la mortalidad por diabetes aumenta, subrayando la necesidad de enfocarse en la prevención y manejo de la diabetes en poblaciones envejecientes. Las políticas de salud pública deben considerar el impacto del envejecimiento de la población en la mortalidad por diabetes para desarrollar estrategias efectivas de intervención.

Objetivo 3: Proyección de la Mortalidad por Diabetes en Adultos Mayores

El modelo ARIMA utilizado para prever la mortalidad por diabetes en adultos mayores hasta 2030 sugiere una tendencia ascendente continua. Esto indica que, a menos que se implementen intervenciones significativas, la mortalidad por diabetes seguirá aumentando. Este aumento proyectado resalta la necesidad urgente de programas de salud pública enfocados en la prevención y el control de la diabetes, especialmente entre los adultos mayores, dado el envejecimiento continuo de la población..

Conclusion general

Los análisis realizados muestran una visión integral de la mortalidad por diabetes en adultos mayores, destacando una tendencia ascendente y una fuerte correlación con el envejecimiento de la población. Las proyecciones futuras indican que, sin intervenciones significativas, el problema empeorará. Es crucial tener conciencia de la situación y crear acciones para la prevención. Mejorar la calidad de vida de los adultos mayores y reducir la carga sobre los sistemas de salud.

Bibliografía

1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). “ENCUESTA NACIONAL SOBRE SALUD Y ENVEJECIMIENTO EN MÉXICO (ENASEM) Y ENCUESTA DE EVALUACIÓN COGNITIVA”. INEGI. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/contenidos/> Consultado en abril, 2024
2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). “Estadísticas a propósito del Día Mundial de la Diabetes (14 de noviembre)” INEGI. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx> Consultado en abril 2024.
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI). /poblacion/habitantes.aspx. Recuperado de <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema>